

Estudio preliminar del uso de Biofloc como alimento para el incremento de talla y peso de *Chirostoma jordani* (Wollman, 1894) en un sistema de recirculación en laboratorio.

Castro-Mejía G*, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento El Hombre y su Ambiente. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo. Calzada del Hueso No. 1100. Colonia Villa Quietud. México, 04960, D.F. Del. Coyoacán.

*Email responsable: gecastro@correo.xoc.uam.mx

RESUMEN

Las poblaciones del pez *C. jordani*, conocido como “charal” en México, en la actualidad, están disminuyendo debido a la modificación del hábitat, humano e industrial, contaminación, la sobrepesca, y, en especial, las interacciones con especies introducidas, no nativas. Como consecuencia, el charal requiere atención inmediata para mantener y preservar sus poblaciones naturales a través de cultivos controlados. El cultivo de este organismo se llevó al cabo en cinco tinajas circulares, en cada una se colocaron 60 peces con una talla y peso promedio de 0.82 ± 0.22 g y 4.18 ± 0.17 cm respectivamente. Se les proporcionó diariamente un alimento comercial para tilapia microtek extruido 1mm con 45% de proteína. El sistema biofloc se controló con el aporte de carbono (melaza y polvillo de arroz) y nitrógeno (alimento comercial) para garantizar la relación C/N= 15:1 adecuado para el crecimiento bacteriano. Al finalizar los 189 días de cultivo, *C. jordani* alcanzó una ganancia 746.42% en peso y 473.40% en longitud total. El pez *C. jordani* tuvo un incremento por día de 0.0332 g alcanzando un incremento por día en porcentaje de 1.345; el incremento por día de la longitud total (TCA) alcanzó los valores de 0.0471 cm, que significa el 0.492 del TIC. La utilización del biofloc como fuente de proteínas que se añaden a la dieta de *C. jordani* es importante, ya que mejora el crecimiento en talla y peso, y provee el alimento vivo que necesitan estos peces en su dieta.

Palabras clave: *Chirostoma*, biofloc, peso, talla, tasas de crecimiento.

ABSTRACT

Populations of *C. jordani* fish known as “charal” in Mexico nowadays are decreasing due to modification in habitat, by human and industries, contamination, overfishing, and especially interactions with nonnative introduced species. As consequence, “charal” require immediate attention to maintain and preserve its natural populations through controlled cultures. Culture of this organism was made in five ponds, in each one 60 fishes were placed with an average size and weight of 0.82 ± 0.22 g and 4.18 ± 0.17 cm respectively. They fed daily with a commercial food for tilapia microtek extruded 1mm with 45% of protein. Biofloc system was controlled with carbon input (molasses and rice powder) and nitrogen (commercial food) to guarantee C/N=15:1 relation, adequate for bacterial growth. At the end of the 189 days of culture, *C. jordani* reached a gain of 746.42% in weight and 473.40% in total length. *C. jordani* fish had a daily increase of 0.0332 g achieving an increase per day of 1.345%; the increase per day of total length (AGR) reached values of 0.0471 cm, which is the 0.492 of IGR. Utilization of biofloc as protein source added to *C. jordani* diet is important, because it improves the growth in size and weight, and provides live food that this fishes need in their diet.

Key words: *Chirostoma*, biofloc, weight, size, growth rates.

INTRODUCCIÓN

El pez *C. jordani*, conocido como “charal” en México, tiene una amplia distribución en la

Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

meseta central. Históricamente, se ha considerado como un recurso de alto rendimiento económico, importancia social, cultural y ecológica (Álvarez del Villar, 1970; Miller et al. 2005). Muchos grupos indígenas que se asentaron y se distribuyen a lo largo del sistema fluvial Lerma Chapala-Santiago dependen casi exclusivamente de su extracción, lo que representa un importante recurso alimentario y económico para éstas poblaciones humanas (Martínez-Palacios et al. 2002; Arredondo-Figueroa et al. 2012).

En la actualidad, las poblaciones de este organismo están disminuyendo debido a la modificación del hábitat, humano e industrial, contaminación, la sobrepesca, y, en especial, las interacciones con especies introducidas, no nativas (Miller et al. 2005). Como consecuencia, el charal requiere atención inmediata para mantener y preservar sus poblaciones naturales. Las personas dedicadas a la acuicultura, sobre todo en los países en desarrollo, están buscando nuevas tecnologías que abatan los costos de producción y que no alteren el ecosistema donde se desarrolla dicha actividad.

La mayoría de los cultivos acuícolas vierten desechos nocivos al agua o a la tierra, sobre todo los sistemas de producción sostenibles e intensivos, los cuales son costosos de operar. Una tecnología que está siendo popular en los países asiáticos, en los últimos años es la “tecnología bioflóc” (BFT en inglés) (Avnimelech 2009, 2012), que consiste en propiciar la formación de flóculos, los cuales están constituidos por una mezcla heterogénea de microorganismos (hongos, algas, bacterias, protozoarios y rotíferos) y de 30 a 40% de materia inorgánica como coloides, polímeros orgánicos, cationes y células muertas; éstos pueden alcanzar un tamaño de hasta 1000 μm , son de forma irregular, altamente porosos y permeables a los fluidos (Chu y Lee 2004a,b).

Los flóculos constituyen una rica fuente de aminoácidos. El BFT se ha aplicado con éxito en países como Corea del Sur, Indonesia, Malasia, Tailandia, China, Australia, Hawaii, Brasil, Ecuador; Perú, Colombia, EUA, México, Guatemala y Belice (Emerenciano et al. 2012b).

El objetivo del trabajo que se presenta fue establecer, en condiciones de laboratorio, el sistema “Biofloc” y analizar la morfología y grado de bienestar de los peces de la especie *Chirostoma jordani* sometidos a este sistema de producción. Si bien los resultados son incipientes, son alentadores para continuar afinando la tecnología y llevar a más prolongado periodo de crecimiento de los peces.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

El sistema biofloc consta de dos secciones: un contenedor de 1000L con aireación vertical desde el fondo del recipiente; cinco tinajas circulares de 250L cada una. Ambas unidades se encuentran conectadas con un sistema de recirculación por medio de dos bombas eléctricas de 1.0HP (Fig. 1).

Conformación del biofloc

Para el experimento se utilizaron 75 tilapias con longitud aproximada de 5.0cm y peso promedio de 4.2g, se colocaron en el cilindro de 1000L y se les proporcionó diariamente un alimento comercial para tilapia microtek extruido 1mm de la compañía Alimentos de Alta Calidad el Pedregal, S.A. de C.V., con 45% de proteína tomando en cuenta el 10% de su masa corporal y ajustando la cantidad cada 15 días. El sistema biofloc se controló con el aporte de carbono (melaza y polvillo de arroz) y nitrógeno (alimento comercial) para garantizar la relación

Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

C/N= 15:1 adecuado para el crecimiento bacteriano.

Cultivo de *Chirostoma jordani* (charal)

El cultivo se llevó al cabo en las cinco tinas circulares, en cada una se colocaron 60 peces con una talla y peso promedio de 0.82 ± 0.22 g y 4.18 ± 0.17 cm respectivamente. A éstos organismos se les proporcionó, diariamente, 2.0g de alimento balanceado para trucha microtek extruido 1 mm de la compañía Alimentos de Alta Calidad el Pedregal, S.A. de C.V.

Para pesar y medir a los organismos, se colocaron en un recipiente de vidrio con 250 mL de agua y 0.75 mL de una solución coloidal (@Pentabiocare) durante 5 minutos para sedarlos y reducir el estrés por la manipulación. La talla de los organismo se registró cada 21 días mediante un calibrador electrónico digital (@Truper 0/150 mm; 0.01 mm); el peso se determinó con una balanza electrónica digital marca (@Ohaus 400 g; 0.01g). El experimento duró 189 días.

Los valores del peso, longitud total, longitud patrón, altura y anchura, por muestreo, fueron incorporados a una base de datos en Excel 2010, para determinar su promedio y desviación estándar. Para determinar la tasa absoluta de crecimiento se utilizó la siguiente fórmula:

Tasa de crecimiento absoluto

$$(TCA) = \frac{\text{Peso o longitud}_2 - \text{Peso o longitud}_1}{\text{Tiempo}_{\text{final}} - \text{Tiempo}_{\text{inicial}}}$$

Para obtener la tasa instantánea de crecimiento se utilizó la fórmula:

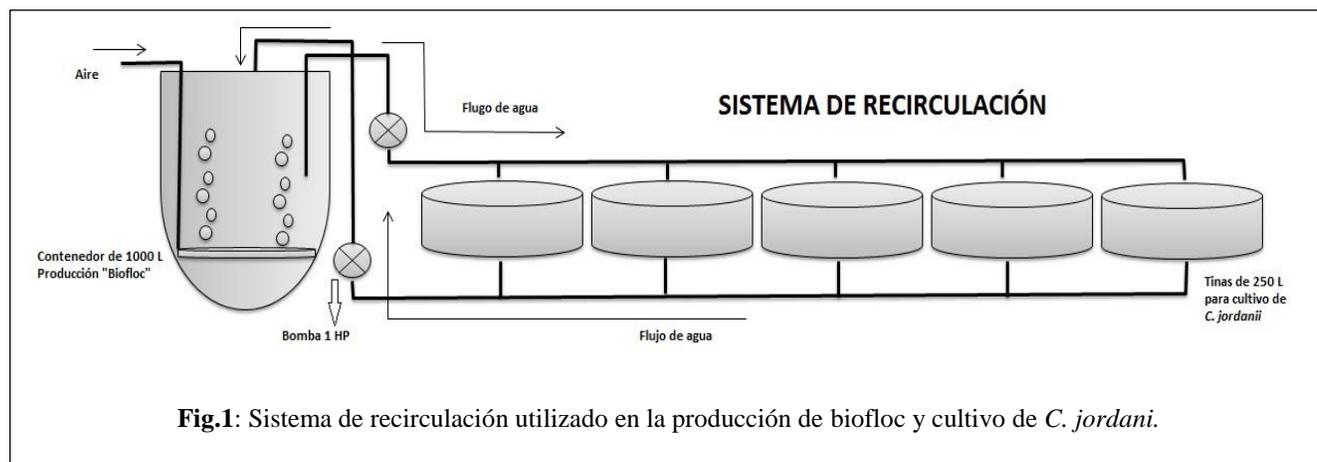
$$TIC = \frac{\text{LN Peso o longitud}_2 - \text{LN Peso o Longitud}_1}{\text{Peso o longitud}_1 \times (\text{Tiempo}_{\text{final}} - \text{Tiempo}_{\text{inicial}})} \times 100$$

RESULTADOS

En la Tabla 1 se observan los valores promedio obtenidos de talla y peso con su desviación estándar de *C. jordani* durante los 189 días de cultivo, y en la Tabla 2 la ganancia en peso y talla de *C. jordani* cultivados en el sistema biofloc durante el mismo tiempo de cultivo.

Con respecto a la TCA y TIC en la Fig.2 muestra que el pez *C. jordani* tuvo un incremento por día de 0.0332 g durante los 189 días que duró el cultivo, alcanzando un incremento por día en porcentaje de 1.345; el incremento por día de la longitud total (TCA) alcanzó los valores de 0.0471 cm, que significa el 0.492 del TIC.

En la Fig.3 se observan las curvas de tendencia de aumento en peso y el crecimiento en talla de *C. jordani* durante los 189 días de cultivo.



Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

Tabla 1: Valor promedio (\pm D.S.) del peso y tallas de *C. jordani* cultivados en el sistema biofloc durante 189 días de experimentación.

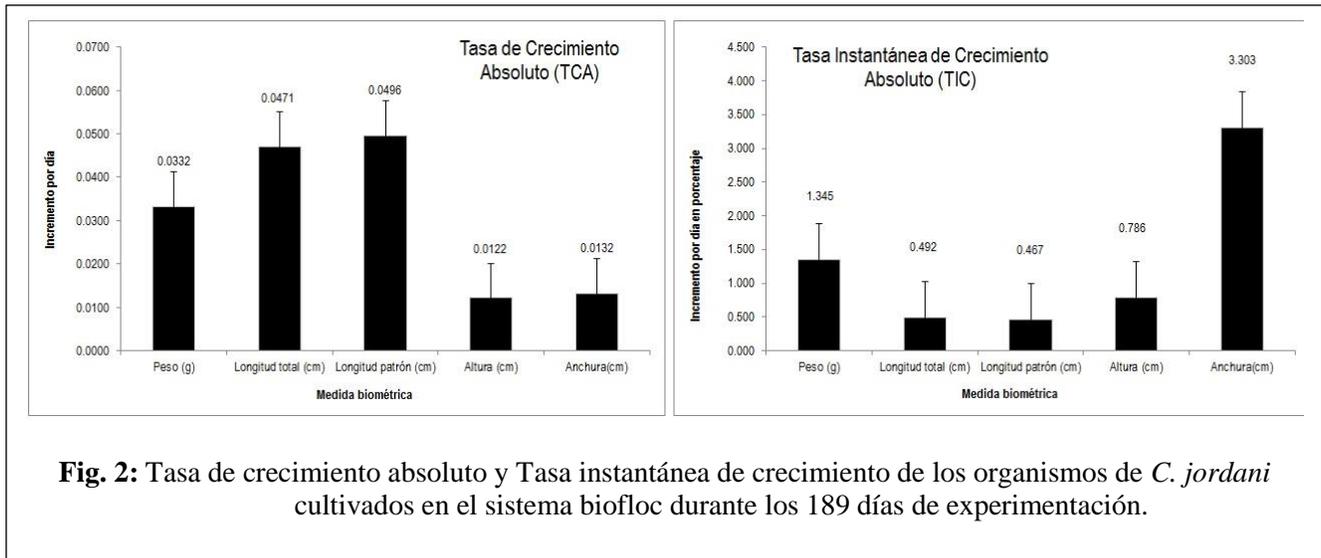
Muestreo (días)	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud patrón (cm)	Altura (cm)	Anchura (cm)
0	0.84 ± 0.22	1.88 ± 0.22	1.98 ± 0.17	0.87 ± 0.06	0.34 ± 0.09
21	2.71 ± 0.140	2.38 ± 0.25	2.71 ± 0.28	0.92 ± 0.06	0.87 ± 0.14
42	3.91 ± 0.18	3.50 ± 0.14	3.84 ± 0.14	1.14 ± 0.08	1.18 ± 0.11
63	4.17 ± 0.17	4.58 ± 0.13	5.41 ± 0.23	1.78 ± 0.05	1.46 ± 0.14
84	5.31 ± 0.23	5.63 ± 0.14	5.97 ± 0.16	2.05 ± 0.07	1.76 ± 0.14
105	5.71 ± 0.18	6.67 ± 0.27	7.01 ± 0.18	2.32 ± 0.05	1.84 ± 0.14
126	6.11 ± 0.02	7.71 ± 0.18	8.05 ± 0.24	2.65 ± 0.07	1.98 ± 0.09
147	6.51 ± 0.02	8.73 ± 0.17	9.08 ± 0.23	2.89 ± 0.08	2.07 ± 0.09
168	6.81 ± 0.02	9.76 ± 0.27	10.15 ± 0.23	3.08 ± 0.05	2.52 ± 0.12
189	7.11 ± 0.27	10.78 ± 0.2	11.35 ± 0.16	3.17 ± 0.07	2.84 ± 0.13

Tabla 2. Ganancia en peso y talla de *C. jordani* cultivados en el sistema Biofloc durante los 189 días de experimentación.

	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud patrón (cm)	Altura (cm)	Anchura (cm)
Inicial	0.84 ± 0.22	1.88 ± 0.22	1.98 ± 0.17	0.87 ± 0.06	0.34 ± 0.09
Final	7.11 ± 0.27	10.78 ± 0.20	11.35 ± 0.16	3.17 ± 0.07	2.84 ± 0.13
Ganancia	6.27	8.90	9.37	2.36	2.50
Ganancia (%)	746.42	473.40	473.23	264.36	735.29

Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.



DISCUSIÓN

El cultivo de los peces de la familia de los Atherinidae se basa en su totalidad en el alimento vivo (Martínez-Palacios et al. 2004), y las dietas balanceadas que se utilizan en cultivos controlados de este organismo tienen que tener un alto valor proteico (Martínez-Palacios et al. 2007). La cantidad y calidad de la proteína suministrada en el cultivo de peces es muy importante, ya que se ve reflejada en el crecimiento del tejido, mantenimiento, reproducción y funciones metabólicas de los peces (Tacon 1989).

Martínez-Palacios et al. (2007), cultivando *C. estor* obtuvieron con una dieta balanceada rica en proteína (400 g kg^{-1}), una ganancia en peso (%) de 354.60, en el experimento con biofloc, se obtuvo una mejor ganancia en peso (%), ya que durante los 189 días de cultivo se obtuvo un valor de 746.42. Incrementar los niveles de proteína ($450\text{-}550 \text{ g kg}^{-1}$) no representa un incremento para esta especie de pez, ya que los resultados de Martínez-Palacios et al. (2007) sugiere que el exceso de proteínas en la dieta incrementa los costes de energía adicionales para la

desaminación y la consiguiente reducción de la energía para el crecimiento, como se ha observado en muchas otras especies de peces (Cho et al, 1985; Tacon y Cowey 1985; Shiao y Huang 1989). Autores como Azim y Little 2008; Crab et al. (2009, 2012); y Monroy-Dosta et al. (2013), mencionan que el biofloc mejora los niveles de proteína en la dieta debido a que los flóculos que se generan muestran un contenido adecuado de proteína, lípidos, carbohidratos y cenizas para su uso como alimento en la acuicultura, por lo que se puede observar en las ganancias (%) de las medidas biométricas de *C. jordani* cultivados en este experimento.

La TIC es un indicador del estado nutricional, como un buen indicador de la calidad de las proteínas, y bajo condiciones controladas la Ganancia (%) es proporcional a los aminoácidos esenciales que se proveen en la dieta balanceada (Tacon, 1989). Esto se refleja en la TIC (1.29-2.69) de *M. estor* alcanzada con los contenidos más altos de proteínas en la dieta en el trabajo de Martínez-Palacios et al. (2007). Niveles muy similares alcanzados con *C. jordani* alimentados con biofloc, ya que alcanzaron una TIC de 1.345.

Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

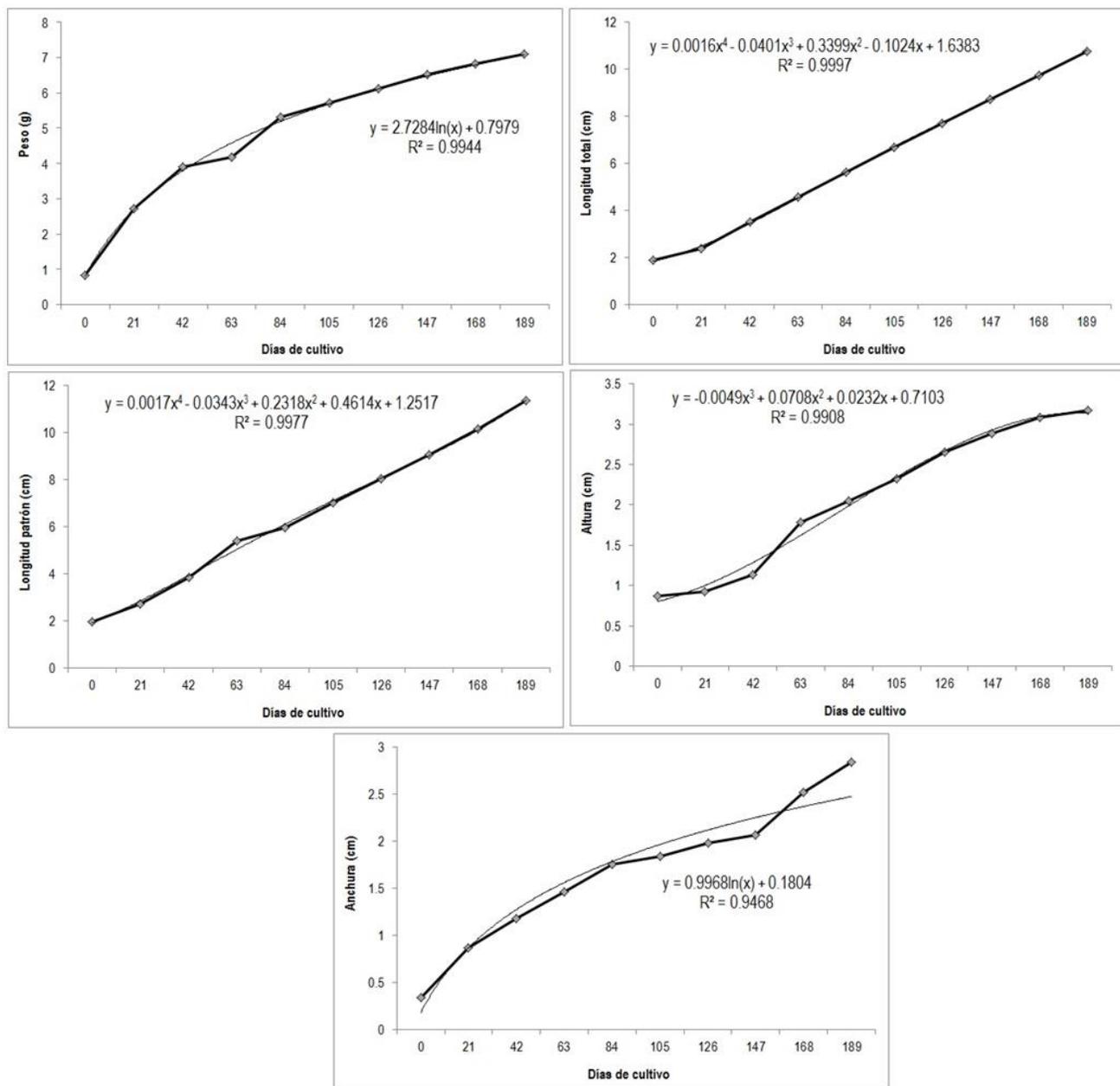


Fig. 3: Curvas de tendencia del crecimiento del peso, de la longitud total, longitud patrón, alto y ancho de *C. jordani* cultivados con Biofloc.

Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

De acuerdo con Emerenciano et al. (2012a,b) la calidad nutricional del biofloc puede variar substancialmente de 12 a 49 y 13 a 46% de proteína cruda y lípidos, respectivamente. La misma tendencia puede ocurrir con los niveles de PUFA y HUFA (Azim y Little 2008, Ekasari et al. 2010), estas variaciones pueden ser resultado de una diferente relación C:N, intensidades de luz, salinidad y sobretodo, de la conformación de la microbiota. La proliferación de las colonias bacterianas y microorganismos, genera un aumento en la biomasa de flóculos, este incremento debe tener una densidad entre 10 y 15 mL L⁻¹, para mantener el buen funcionamiento de los sistemas. El excedente puede ser aprovechado como fuente de proteínas para los organismos, a veces de manera directa y otras en forma de harina o piensos (De Schriver et al. 2008 y 2012; Emerenciano et al. 2011; Castro-Nieto et al. 2012). El valor nutricional que tengan los bioflóculos para los animales de cultivo dependerá de la preferencia de alimentos de los mismos, así como de su capacidad para ingerir y digerir partículas en suspensión (Azim y Little, 2008).

Por todo esto, la utilización del biofloc como fuente de proteínas que se añaden a la dieta de *C. jordani* es importante, ya que mejora el crecimiento en talla y peso, mejora la sobrevivencia y provee el alimento vivo que necesitan estos peces para evitar la alta mortalidad y baja sobrevivencia que se da en cultivos controlados.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez del Villar J (1970). *Peces mexicanos (claves)*. Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras, Secretaría de Industria y Comercio, México, D.F.
- Arredondo-Figueroa JL, Nuñez-García LG, Heredia-Guzmán PA y Ponce-Palafox JT. 2012. Reproductive performance of the Mesa silverside (*Chirostoma jordani* Woolman, 1894) under natural and controlled photoperiods. *Biocell*, 36 (3): 105-111.
- Avnimelech Y. 2009. Biofloc technology: a practical guide book, 181 pp. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.
- Avnimelech Y. 2012. Biofloc technology -a practical guide book, 272 pp. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.
- Azim ME and Little DC. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283(1-4): 29-35.
- Castro-Nieto LM, Castro-Barrera T, De Lara-Andrade R, Castro-Mejía J, Castro-Mejía G. 2012. Sistemas biofloc: un avance tecnológico en acuicultura. *Revista digital E-BIOS*. 1(1):1-6.
- Cho C, Cowey CB and Watanabe, T. 1985. *Finfish Nutrition in Asia. Methodological Approaches to Research and Development*. IDRC, Ottawa, ON, Canada, 154 p.
- Chu, C.P., Lee, D.J., 2004a. Advective flow in a sludge floc. *J. Colloid Interface Sci.* 277 (2), 387-395.
- Chu, C.P., Lee, D.J., 2004b. Multiscale structures of biological flocs. *Chem. Eng. Sci.* 59 (8-9), 1875-1883.
- Crab R, M Kochva, W Verstraete and Y Avnimelech. 2009. Bio-flocs technology application in overwintering of tilapia. *Aquaculture Engineering*, 40: 105-112.
- Crab R, T Defoirdt, B Peter and W Verstraete. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357: 351-356.
- De Schryver P, R Crab, T Defoirdt, N Boon and W Verstraete. 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125-137.
- De Schryver P, N Boon, W Verstraete and P Bossier. 2012. The biology and biotechnology behind bioflocs. In: Avnimelech Y (ed). *Biofloc technology-a practical guide book*, pp. 199-215. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.
- Ekasari J, R Crab and W Verstraete. 2010. Primary nutritional content of bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *Hayati Journal of Bioscience* 17: 125-130.
- Emerenciano M, ELC Ballester, RO Cavalli and W Wasielesky. 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance,

Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

- floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International* 19: 891-901.
- Emerenciano M, ELC Ballester, RO Cavalli and W Wasielesky. 2012a. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research* 43: 447-457.
- Emerenciano M, G Gaxiola and G Cuzon. 2012b. Biofloc technology applied to shrimp broodstock. In: Avnimelech Y (ed). Biofloc technology -a practical guide book, pp. 217-230. The World Aquaculture Society, Baton Rouge
- Miller RR, Minckley WL, Norris MS. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Martínez-Palacios, CA, Comes-Morte J, Tello-Ballinas, JA, Toledo-Cuevas, M. y Ross, LG. 2004. The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor* Jordan 1879. (Pisces: Atherinidae). *Aquaculture*, 238: 509–522.
- Martínez-Palacios AC, Chávez-Sosa JC, Santoyo-Guzmán OV, Campos-Mendoza A, Martínez-Chávez CC, Ross GL. 2007. The effect of photoperiod on the reproduction of *Chirostoma estor estor* Jordan 1879 from Lago de Pátzcuaro, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 23: 621-623.
- Martínez-Palacios AC, Ríos-Durán MG, Ambriz-Cervantes L, Jauncey KJ, Ross LG. 2007. Dietary protein requirement of juvenile Mexican Silverside (*Menidia estor* Jordan 1879), a stomachless zooplanktophagous fish. *Aquaculture nutrition* 13: 304-310.
- Monroy-Dosta MC, De Lara-Andrade R, Castro-Mejía, J, Castro-Mejía G, Coelho-Emerenciano MG. 2013. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 48(3): 511-520.
- Shiau SY and Huang SL. 1989. Optimal dietary protein level for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* O. aureus) reared in seawater. *Aquaculture*, 81, 119–127.
- Tacon, AG. 1989. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO, Documento de campo 4, Brazil, pp. 572.
- Tacon, AG and Cowey CB. 1985. Protein and aminoacids requirements. In: Fish Energetics, New Perspectives (Tytler, P. and Calow, P. eds), pp. 155–183. Croom Helm, London and Sydney.

Biofloc como alimento de *Chirostoma jordani*.

Castro-Mejía G, De Lara-Andrade R, Monroy-Dosta MC, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.