

## Presencia y abundancia de fitoplancton y zooplancton en un sistema de producción de Biofloc utilizando dos aportes de carbono: 1) Melaza y 2) Melaza + pulido de arroz cultivando al pez *Oreochromis niloticus*.

Castro-Mejía G\*, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.

Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Xochimilco. Depto. El Hombre y su Ambiente. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo. Calz. del Hueso No. 1100. Col. Villa Quietud. CP. 04960. Ciudad de México. Del. Tlalpan. Tel. 54837151.

Email: responsable: \*g\_castromejia@correo.xoc.uam.mx

### RESUMEN

La tecnología Biofloc consiste en propiciar la formación de flóculos en un cultivo de *Oreochromis niloticus*, teniendo como fuente de carbono melaza y polvo de arroz. Se utilizó un recipiente cónico de 450 L, se introdujeron 30 tilapias de una longitud  $5.0 \pm 0.95$  cm y un peso promedio de  $4.2 \pm 1.08$  g. Para garantizar la formación de flóculos y el desarrollo de las comunidades de fitoplancton y zooplancton, se buscó mantener una relación C/N=20:1. Con la melaza se obtuvo siete géneros de fitoplancton, correspondiendo al 35% del total; los ciliados con 12 géneros correspondiendo al 60% y tan solo un género de rotífero (5%). Con melaza+pulido de arroz se obtuvo tres géneros de fitoplancton, correspondiendo al 27.27% del total; los ciliados con cinco géneros correspondiendo al 45.45% y para el grupo de rotíferos el 27.27%. Los resultados de esta investigación aportan conocimiento sobre los cambios en las comunidades de microalgas, ciliados y rotíferos a lo largo del periodo de experimentación y la fuente de carbono empleada, lo que permite conocer la contribución del Biofloc como fuente de alimento natural *in situ*, que es tan importante en la dieta de peces como de crustáceos de importancia comercial sobretodo en estadios larvarios y de peces ornamentales.

**Palabras clave:** Fitoplancton, zooplancton, Biofloc, tilapia.

Biofloc technology consists in propitiate formation of flocs in a culture of *Oreochormis niloticus*, having as carbon source molasses and rice powder. It was used a conical container of 450 L, where 30 tilapias were introduced with an average length of  $5.0 \pm 0.95$  cm and weight of  $4.2 \pm 1.08$  g. To guarantee formation of flocs and development of phytoplankton and zooplankton communities, it was maintained a relation C/N=20:1. With molasses it was obtained six genders of phytoplankton, being 35% of total; ciliates with 12 genders corresponding to 60% and only one genus of rotifers (5%). With molasses mixed with rice powder, it was obtained three genders of phytoplankton, being the 27.27% of total; five genders of ciliates corresponding to 45.45% and three genders of rotifers (27.27%). The results of this research provide insight into changes in communities of microalgae, ciliates and rotifers during the experimentation period and the used carbon source, which allows to know the contribution of Biofloc as source of *in situ* natural food, this is very important in fish and crustaceans diet of commercial importance, mainly in larval stages of ornamental fish.

**Key words:** Phytoplankton, zooplankton, Biofloc, tilapia.

### INTRODUCCIÓN

La tecnología Biofloc consiste en propiciar la formación de flóculos, los cuales están constituidos de materia orgánica por una mezcla heterogénea de microorganismos (hongos, bacterias, microalgas,

### ABSTRACT

#### Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.

protozoarios y rotíferos entre otros) (Avinmelech 2009), además de contener de un 30 a 40% de materiales orgánicos como coloides, polímeros orgánicos y células muertas, los cuales pueden ser consumidos por otros organismos y reintegrados a las cadenas productivas (Avinmelech y Kochba, 2009).

El Biofloc actúa como una trampa de retención de nutrientes en los estanques o contenedores de cultivo de peces o crustáceos. Al poner en suspensión los sedimentos del estanque permite que compuestos como el fósforo, carbono y nitrógeno principalmente, favorezcan el desarrollo de los microorganismos presentes en el agua y su biodiversidad, la cual se alojará en los agregados de materia orgánica o flóculos y dependerá de la microbiota que se encuentra en el agua (Ray et al. 2010).

Los flóculos pueden proveer nutrientes importantes tales como proteínas (Azim y Little 2008; Emerenciano et al. 2011), lípidos (Wasielisky et al. 2006; Emerenciano et al. 2012), aminoácidos (Ju et al. 2008) y ácidos grasos (Azim y Little 2008; Ekasari et al. 2010). Por estas características, esta tecnología ha sido el foco de atención de investigaciones en el campo de la nutrición acuícola por ser una alternativa como fuente de alimento (Moriarty 1997; Emerenciano et al. 2013, 2017).

En cuanto a la composición del plancton producto del Biofloc, Monroy et al. (2013), identificaron comunidades de bacterias heterótrofas de los géneros *Sphingomonas*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Nitrospira*, *Nitrobacter* y la levadura *Rhodotorula sp* que favorecen la calidad del agua y el bienestar fisiológico de los organismos en cultivo. Así también describen diversas especies e microalgas y diferentes especies de protozoarios ciliados y flagelados, rotíferos y crustáceos y una especie de nematodo, utilizando como fuente de carbono la melaza. Cabe mencionar, que la composición de fito y zooplancton de los flóculos varía con el tiempo de madurez del Biofloc, de tal manera que un biofloc reciente estará constituido principalmente por

bacterias heterótrofas, en comparación de uno viejo por hongos.

El propósito de este trabajo es el describir las especies que integran el plancton desarrollado en el Biofloc teniendo como fuente de carbono melaza y polvo de arroz cultivando al pez *Oreochromis niloticus*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño experimental y condiciones de cultivo

Para el experimento se utilizó un recipiente cónico de 450 L con un difusor de aire en el centro para garantizar el movimiento continuo y suspensión homogénea de partículas (Fig.1). En las tinajas se introdujeron 30 tilapias de una longitud  $5,0 \pm 0,95$  cm y un peso promedio de  $4,2 \pm 1,08$  g. Se les suministro alimento comercial diariamente (Alimentos del Pedregal®, Toluca, Estado de México, México) con un contenido de proteína de 45% y un tamaño de partícula de 0,6-0,8 mm. La dieta se proporcionó al 10% de su masa corporal y ajustó la cantidad de alimento cada 15 días.

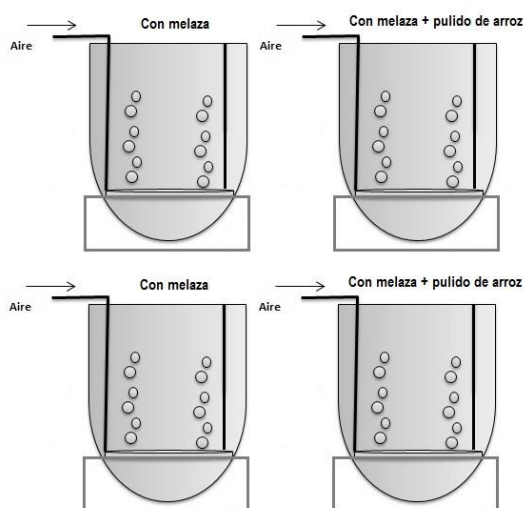


Fig. 1. Sistema de cultivo de biofloc con *Oreochromis niloticus*.

## Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.

Para garantizar la formación de flóculos y el desarrollo de las comunidades microbianas en el sistema de cultivo, se buscó mantener una relación C/N=20:1 (Emerenciano et al. 2012), mediante el aporte controlado de una fuente externa de carbono. El tratamiento 1 fue con melaza y el tratamiento 2 con una mezcla de melaza + polvillo de arroz. El nitrógeno proveniente del alimento comercial. Con estas dos variables se realizaron los cálculos de exigencia (Emerenciano 2011).

#### *Identificación de fitoplancton y microfauna asociada al Biofloc*

Para la observación y cuantificación de los organismos asociados a los flóculos microbianos formados en la sección macrocosmo, se tomaron muestras de agua (10 mL) semanalmente por un periodo de 12 semanas. En el caso de las microalgas se transfirió 1 mL de muestra a una cámara Sedgewick-Rafter (Azim y Little 2008), y por medio de microscopía óptica (microscopio ZSX50 Olympus®), se observaron las microalgas con un objetivo de 100X y con ayuda de un programa de imágenes, se procedió a contabilizar cuatro campos escogidos al azar de la cámara de recuento.

En el caso de la microfauna (ciliados, rotíferos, nemátodos) se tomaron tres muestras de 10 mL de agua provenientes de las tinas de cultivo. Se fijaron con formalina al 5% para poder ser observados y contabilizados de manera directa. El microscopio estuvo conectado a un programa de imágenes (Image® Pro Plus 7.0). Finalmente, la identificación taxonómica de los grupos observados se efectuó a nivel de género con ayuda de literatura especializada (Aladro-Lubel 2009).

#### *Procesamiento de la información*

Los valores y grupos fitoplanctónicos, de micro y macro fauna fueron introducidos a una base

de datos en Excel 2010, para determinar su estadística descriptiva (media  $\pm$ D.S.).

#### *Análisis estadístico*

A los valores promedio por semana, por grupo fitoplanctónico, micro y macro fauna se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar por semana diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los grupos y tratamientos por semana. Al encontrar diferencias significativas, se procedió a realizar una prueba de medias múltiples por la técnica de Tukey. Además, se realizó una prueba de significancia de dos vías, con las variables grupo de organismos encontrados, semanas de cultivo y tratamiento, para determinar el peso de la significancia (%).

## RESULTADOS

#### *Biofloc con melaza*

En la Tabla 1 se presenta la información acerca de la abundancia (org mL<sup>-1</sup>) del fitoplancton con siete géneros, correspondiendo al 35% del total. Los ciliados con 12 géneros correspondiendo al 60% y tan solo un género de rotífero (5%).

En lo que respecta al grupo de microalgas, el género que obtuvo una mayor densidad fue *Chlorella* sp. con 320 org mL<sup>-1</sup> en la Semana 12 del cultivo y en la que se alcanzó un total de 660 org mL<sup>-1</sup>. Para los organismos ciliados, *Peranema* sp y *Chroococcus* sp. se obtuvo la densidad mayor con 110 organismos mL<sup>-1</sup> en la Semana 6 y Semana 12 respectivamente. En cuanto al único género encontrado de rotíferos fue *Lecane* sp. con 100 organismos mL<sup>-1</sup> como densidad máxima en la Semana 9.

Tanto el grupo de las microalgas como el de los ciliados aparecieron a partir de la Semana 3 de cultivo hasta el final del mismo, aunque las microalgas con un incremento de su densidad y los ciliados un decremento. Para el rotífero, este hizo su

## Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.

Tabla 1. Abundancia de organismos (organismos mL<sup>-1</sup>) de fitoplancton, ciliados y rotíferos en el Biofloc con melaza en un cultivo de 12 semanas con *Puntius conchonius*.

Plancton	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
<b>FITOPLANCTON</b>												
<i>Chlorella</i>	-	-	100	140	110	240	190	210	180	200	230	320
<i>Chlamydomona</i>	-	-	50	30	60	20	70	20	10	-	-	-
<i>Coleastrum</i>	-	-	-	-	40	40	20	20	50	70	30	40
<i>Cyclotella</i>	-	-	-	-	-	-	20	60	40	60	30	60
<i>Navicula</i>	-	-	-	-	-	-	80	150	60	120	170	100
<i>Oocystis</i>	-	-	-	-	-	40	80	80	20	50	30	80
<i>Scenedesmus</i>	-	-	-	-	-	10	40	80	60	30	70	60
<b>Total</b>			<b>150</b>	<b>170</b>	<b>210</b>	<b>350</b>	<b>500</b>	<b>620</b>	<b>420</b>	<b>530</b>	<b>490</b>	<b>660</b>
<b>PROTOZOARIOS</b>												
<i>Acanthocystis</i>	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	30	40
<i>Ameba desnuda</i>	-	-	-	20	20	10	10	10	20	-	-	-
<i>Anisonema</i>	-	-	20	30	70	50	40	70	30	50	10	-
<i>Arcella</i>	-	-	-	-	-	20	10	30	30	20	10	10
<i>Chroococcus</i>	-	-	20	80	90	40	40	30	20	40	70	110
<i>Entosiphon</i>	-	-	-	-	30	30	30	80	50	20	30	20
<i>Euglypha</i>	-	-	10	40	50	40	30	50	20	10	30	10
<i>Paramecium</i>	-	-	10	30	10	20	50	30	60	10	20	10
<i>Peranema</i>	-	-	30	70	90	110	50	30	20	10	10	20
<i>Podophrya</i>	-	-	-	-	-	-	20	10	10	-	-	-
<i>Prorodon</i>	-	-	-	-	-	-	-	20	10	20	-	-
<i>Vorticela</i>	-	-	-	-	-	20	10	30	20	10	-	-
<b>Total</b>			<b>80</b>	<b>270</b>	<b>360</b>	<b>320</b>	<b>290</b>	<b>400</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>210</b>	<b>230</b>
<b>ROTIFEROS</b>												
<i>Lecane</i>	-	-	-	-	20	10	70	20	100	80	-	30

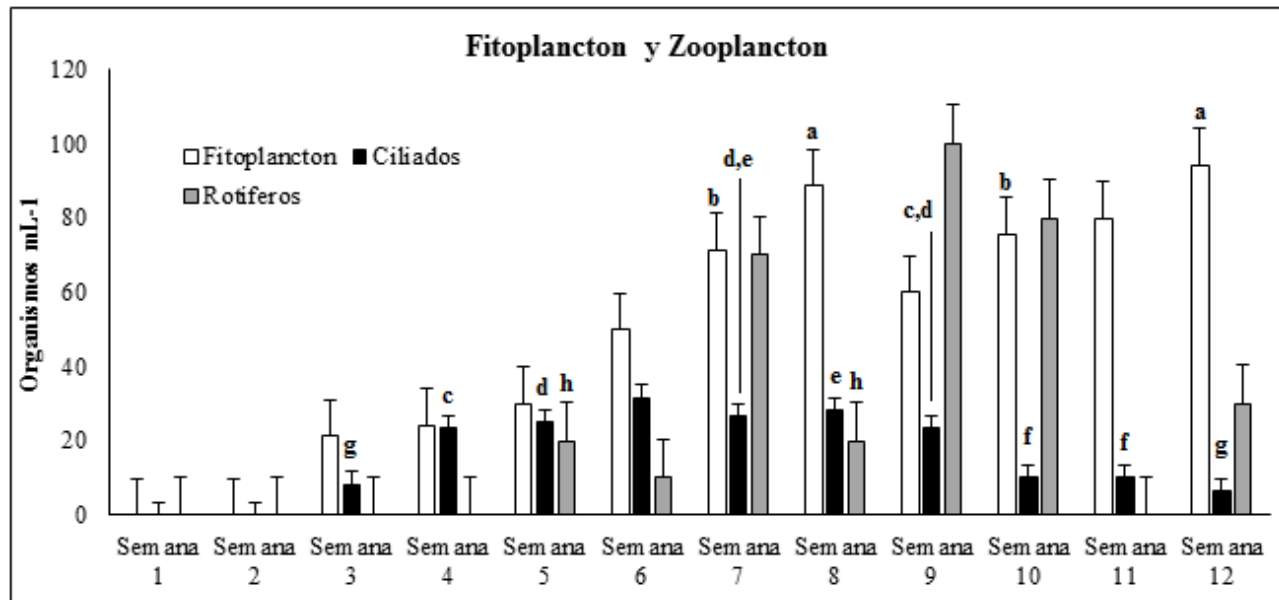


Fig. 2. ANDEVA de la abundancia de fitoplancton, ciliados y rotíferos del Biofloc con melaza en un cultivo de 12 semanas con *Oreochromis niloticus*

Letras iguales indican no diferencia significativa ( $P>0.05$ ). Columnas sin letras por grupo planctónico indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

aparición a partir de la Semana 5 hasta el final, exceptuando la Semana 11.

En la Tabla 2 se observa el valor promedio ( $\pm$ D.S.) de la abundancia por grupo (fitoplancton, ciliados y rotíferos), así como del análisis de varianza (ANDEVA) obtenido considerado durante las 12 semanas de cultivo (Fig.2). El peso de la significancia ( $P<0.05$ ) observada en este tratamiento señala que la variable Semana tiene un peso del 44.17%; la variable grupo planctónico del 18.94% y de la interacción de ambas variables de 36.15%.

#### Biofloc con melaza + pulido de arroz

En la Tabla 3 se presenta la información acerca de la abundancia (org mL<sup>-1</sup>) del fitoplancton con tres géneros, correspondiendo al 27.27% del total. Los ciliados con cinco géneros correspondiendo al 45.45% y para el grupo de rotíferos el 27.27%.

En lo que respecta al grupo de microalgas, el que obtuvo una mayor densidad fueron las diatomeas con 900 org mL<sup>-1</sup> en la Semana 10 y 12 del cultivo y para el total de microalgas correspondió a 1580 y 1550 org mL<sup>-1</sup> respectivamente. Para los organismos ciliados, *Paramecium* con 102 org mL<sup>-1</sup> en la Semana 5 y para el total de ciliados fue de 177 org mL<sup>-1</sup>; y para el grupo de rotíferos, el género *Philodina* sp. con 196 org mL<sup>-1</sup> como densidad máxima en la Semana 7 y el total de rotíferos para esa semana de 287 org mL<sup>-1</sup>.

Todos los grupos (microalgas, ciliados y rotíferos), aparecieron a partir de la Semana 3 de cultivo hasta el final del mismo.

En la Tabla 4 se presenta el valor promedio ( $\pm$ D.S.) por grupo (fitoplancton, ciliados y rotíferos), así como el análisis de varianza (ANDEVA) considerado durante las 12 semanas de cultivo (Fig.3). El peso de la significancia ( $P<0.05$ ) observada en este tratamiento señala que la variable

#### Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.



Tabla 2. Abundancia de organismos del fitoplancton, ciliados y rotíferos del Biofloc con melaza en un cultivo de 12 semanas con *OPuntius conchoni*us.

Plancton	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
<b>Fitoplancton</b>	-	-	21 ±4	24 ±5	30 ±4	50 ±8	71 ±6	89 ±7	60 ±6	76 ±7	80 ±9	94 ±10
<b>Ciliados</b>	-	-	8 ±1	23 ±3	25 ±4	32 ±4	27 2	28 ±1	23 ±2	10 ±1	10 ±1	7 ±1
<b>Rotíferos</b>	-	-	-	-	20 ±2	10 ±1	70 ±7	20 ±2	100 ±10	80 ±8	-	30 ±3

Tabla 3. Abundancia de organismos (organismos/mL) del fitoplancton, ciliados y rotíferos en el Biofloc con melaza y pulido de arroz en un cultivo de 12 semanas con *Puntius conchoni*us.

Plancton	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
<b>FITOPLANCTON</b>												
Clorofitas	--	--	130	145	200	450	650	680	740	680	600	650
Diatomeas	--	--	--	200	280	400	640	780	890	900	850	900
Cianobacterias	--	--	--	--	--	--	50	80	85	--	--	--
<b>Total</b>			<b>130</b>	<b>345</b>	<b>480</b>	<b>850</b>	<b>1,340</b>	<b>1,540</b>	<b>1,715</b>	<b>1,580</b>	<b>1,450</b>	<b>1,550</b>
<b>CILIADOS</b>												
<i>Paramecium</i>	--	--	50	80	102	89	75	62	45	32	25	17
<i>Stylonychia</i>	--	--	20	32	23	10	4	--	--	--	--	--
<i>Colpidium</i>	--	--	10	23	18	45	40	34	23	43	56	34
<i>Vorticellas</i>	--	--	--	--	34	45	56	23	12	--	--	--
<i>Halteria</i>	--	--	--	--	--	--	--	20	38	56	45	63
<b>Total</b>			<b>80</b>	<b>135</b>	<b>177</b>	<b>189</b>	<b>175</b>	<b>139</b>	<b>118</b>	<b>131</b>	<b>126</b>	<b>114</b>
<b>ROTIFEROS</b>												
<i>Philodina</i>	--	--	5	11	45	67	196	189	120	115	106	122
<i>Keratella</i>	--	--	--	--	--	45	67	85	70	23	--	--
<i>Lecane</i>	--	--	80	95	105	50	24	--	--	--	--	--
<b>Total</b>			<b>85</b>	<b>116</b>	<b>150</b>	<b>162</b>	<b>287</b>	<b>274</b>	<b>190</b>	<b>138</b>	<b>106</b>	<b>122</b>

### Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.

Recibido: 24 de marzo de 2017

Aceptado: 08 de mayo de 2017

Publicado: 30 de junio de 2017

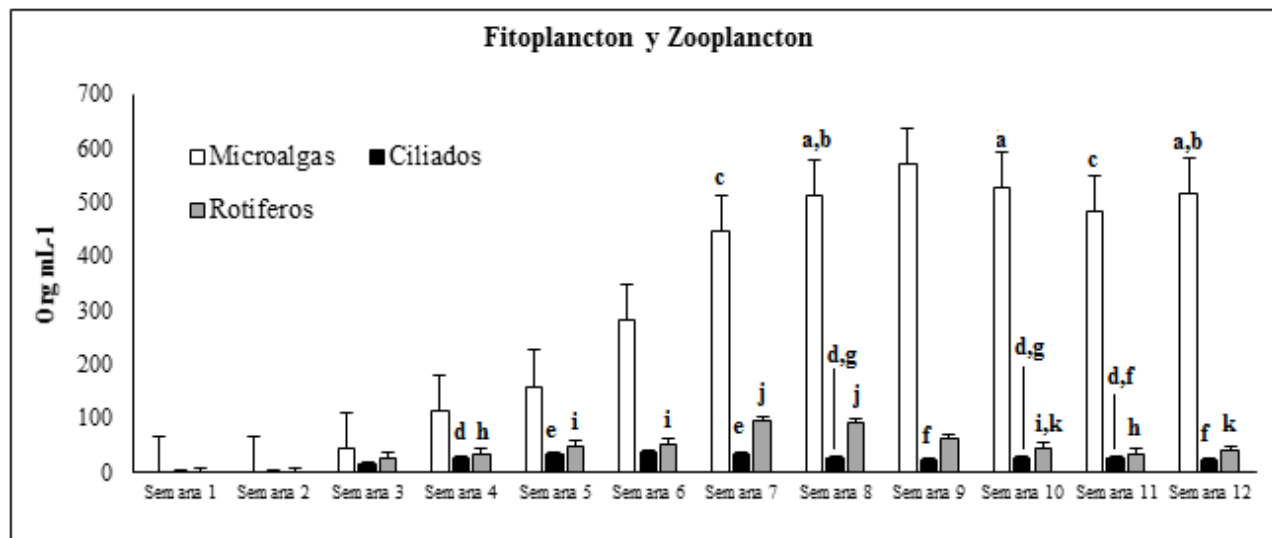


Fig. 3. ANDEVA de la abundancia de fitoplancton, ciliados y rotíferos del Biofloc con melaza más pulido de arroz en un cultivo de 12 semanas con *Oreochromis niloticus*.

Letras iguales indican no diferencia significativa ( $P>0.05$ ). Columnas sin letras por grupo planctónico indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

grupo planctónico tiene un peso en la significancia del 50.13%; la variable Semanas con el 20.66% y la interacción de ambas variables el 28,88%.

Se hace notar que en la medida que crecen las poblaciones de fitoplancton, a su vez se incrementa las poblaciones de protozoarios y rotíferos.

#### Análisis estadístico

Se observaron diferencias significativas en el ANDEVA entre los tratamientos por cada una de las semanas ( $P<0.001$ ). Mientras que el análisis de dos vías señala que el grupo planctónico presenta el mayor porcentaje de esa significancia con 55.0%, seguido de la variable semanas con 13.76%. Al considerar ambas variables por tratamiento, el peso de la significancia fue de 30.93%. En la Tabla 5 se muestran aquellos tratamientos que no presentaron diferencias significativas.

## DISCUSIÓN

En un sistema Biofloc, los microorganismos que crecen están estrechamente relacionados con la materia orgánica particulada que es mantenida en suspensión por la aireación continua. El fitoplancton y las bacterias, que forman parte de este complejo de organismos vivos que se encuentran en el Biofloc, metabolizan los desechos nitrogenados del cultivo intensivo de peces y crustáceos (Green et al. 2014).

Aunque el fitoplancton está presente en sistemas de producción de Biofloc en estanques que se encuentran en el exterior, con la luz directa del sol, solamente se tienen registrado tres trabajos que hablan sobre la composición del fitoplancton. Schrader et al. (2011) menciona que la composición fitoplanctónica en un estanque de agua dulce al exterior del bagre de canal estaba dominada de algas verdes (clorofitas), diatomeas (bacilariofitas) y cianobacterias (cianofitas), o por clorofitas y cianofitas en estanques de agua salobre (Ray et al.

Tabla 4. Abundancia de organismos del fitoplancton, ciliados y rotíferos en el Biofloc con melaza más pulido de arroz en un cultivo de 12 semanas con *Puntius conchonius*.

Plancton	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
<b>Fitoplancton</b>	-	-	43 ±7	115 ±10	160 ±14	283 ±25	447 ±34	513 ±38	572 ±43	527 ±47	483 ±44	517 ±46
<b>Ciliados</b>	-	-	16 ±2	27 ±3	35 ±4	38 ±3	35 ±3	28 ±2	24 ±2	26 ±2	25 ±3	23 ±3
<b>Rotíferos</b>	-	-	28 ±4	35 ±5	50 ±5	54 ±1	96 ±9	91 ±9	63 ±6	46 ±6	35 ±6	41 ±7

### Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.

Recibido: 24 de marzo de 2017

Aceptado: 08 de mayo de 2017

Publicado: 30 de junio de 2017



2010) o marina en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Vinatea et al. 2010). Becerra-Dórame et al. (2011) informa de una concentración de  $2.1 \times 10^4$  células  $\text{mL}^{-1}$  en un cultivo heterotrófico de Biofloc, en comparación con un cultivo autotrófico con  $3.3 \times 10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$ .

En este experimento, se obtuvieron 662 células  $\text{mL}^{-1}$ , dominando *Chlorella* con 320 células  $\text{mL}^{-1}$  en la semana doce con el tratamiento con melaza. Con el pulido de arroz, el valor de fitoplancton se eleva hasta 1,550 células  $\text{mL}^{-1}$  en la semana 12.

Los nutrientes no son una limitante para el fitoplancton en un sistema Biofloc, pero el fitoplancton está expuesto a intensidades de luz que varían constantemente como resultado de la mezcla continua del medio por aireación, que favorece el rápido crecimiento de las diatomeas y las clorofitas sobre el crecimiento de las cianobacterias, las cuales se generan por la pérdida de la ventaja competitiva proporcionada por la regulación de la flotabilidad de células, un mecanismo fisiológico único en el crecimiento de las cianobacterias (Reynolds 1984; Green et al. 2014). Algas planctónicas que dominan al principio en los sistemas de Biofloc van decreciendo y desaparecen de acuerdo con el desarrollo del Biofloc hasta que las diatomeas son el principal grupo presente y que está relacionada con la materia orgánica que hay en el Biofloc (Monroy et al. 2013). Lo cual se observó en este experimento, donde el grupo de las diatomeas son las que permanecieron al final y las cianobacterias desaparecieron.

Con respecto a los ciliados, Ballester et al. (2010) en un cultivo de postlarvas de *Farfantepenaeus paulensis* en un sistema de Biofloc obtuvo concentraciones de 39 a 169 individuos  $\text{mL}^{-1}$ . Maicá et al. (2012) reporta concentraciones promedio de estos protozoarios de 164, 64 y 29 ciliados  $\text{mL}^{-1}$ , en salinidades de 2, 4 y 25 % respectivamente. En este trabajo, los protozoarios alcanzaron valores desde 80 individuos  $\text{mL}^{-1}$  en la tercera semana y hasta de 400

individuos  $\text{mL}^{-1}$  en la octava semana con el tratamiento con melaza.

De la información publicada con respecto a los rotíferos presentes en cultivos con Biofloc, se señalan concentraciones de 4.6 a 151 organismos  $\text{mL}^{-1}$  en agua de mar (Ballester et al. 2010). Por su parte, Monroy et al. (2013) reporta concentraciones entre 28 y 96 organismos  $\text{mL}^{-1}$  en cultivos de Biofloc en agua dulce. En este trabajo, en el Biofloc de melaza+pulido de arroz, las concentraciones de rotíferos fueron mayores que las anteriores, que van desde 85 organismos  $\text{mL}^{-1}$  en la semana 3 hasta 287 organismos  $\text{mL}^{-1}$  en la semana 7. Es posible que el aporte adicional de carbono por el pulido de arroz de condiciones más favorables para que la comunidad de fitoplancton sea más abundante y además se incrementen las especies de rotíferos, así como el número de individuos.

Los resultados de esta investigación aportan conocimiento sobre los cambios en las comunidades de microalgas, ciliados y rotíferos a lo largo del periodo de experimentación y la fuente de carbono empleada, lo que permite conocer la contribución del Biofloc como fuente de alimento natural *in situ*, que es tan importante en la dieta de peces como de crustáceos de importancia comercial, sobre todo en estadios larvarios y de peces ornamentales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avnimelech, Y., 2009. Biofloc technology a practical guide book, 181 pp. The World Aquaculture Society, Baton Rouge. 181p.
- Avnimelech Y and Kochba, M. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using N-15 tracing. Aquaculture, v. 287, n. 1-2, p. 163-168, 2009.
- Azim, M.E. and 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.

## Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.

- Ballester ELC, Abreu PC, Cavalli RO, Emerenciano M, Abreu L, Wasielesky W. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*.16:163-172.
- Becerra-Dorámé Mj, Martínez-CórdovaLR, Martínez-Porchas M, Lopez-Elías JA. 2011. Evaluation of autotrophic and heterotrophic microcosm-based systems on the production response of *Litopenaeus vannamei* intensively nursed without *Artemia* and with zero water exchange. *Israel Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 63:1-7.
- 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, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International* 19: 891-901.
- Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., 2012. 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., Cuzon, G., Arevalo, M., Gaxiola, G., 2013. Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. *Aquaculture Research*. January, <doi: 10.1111/are.12117>
- Emerenciano, M., Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, Miranda-Baeza, A. 2017. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. INTECH open science-open minds. Cap591-108.<http://dx.doi.org/10.5772/66416>
- Green BW, Schrader KK & Perschbacher PP. 2014. Effect of stocking biomass on solids, phytoplankton communities, common off-flavors, and production parameters in a channel catfish biofloc technology production system. *Aquaculture Research* 45: 1442-1458.
- Maicá PF, Borba MR, Wasielesky W. Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero water exchange super-intensive system. *Aquaculture research*. 43:361-370.
- Monroy-Dosta MDC, De Lara-Andrade R., Castro-Mejía J, Castro-Mejía G, Emerenciano M. 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.
- Moriarty DJW. 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture* 151, 333–349.
- Ray, A., Seaborn, G., Leffler, J., Wilde, S., Lawson, A., Browdy, C. 2010. Characterization of the microbial communities in minimal exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*. 310, 130-138.
- Reynolds C.S. 1984. *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Schrader K.K., Green B.W. & Perschbacher P.W. (2011). Development of phytoplankton communities and common off-flavors in a biofloc technology system used for the culture of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquacultural Engineering* 45, 118–126.
- Vinatea L., Galvez A.O., Browdy C.L., Stokes A., Venero J., Haveman J., Lewis B.L., Lawson A., Shuler A. & Leffler J.W. (2010) Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a superintensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering* 42, 17–24.
- Wasielesky W, Atwood HI, Stokes A & Browdy CL. 2006. Effect of natural production in brown water superintensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258: 396-403.

## Fitoplancton y zooplancton en Biofloc

Castro-Mejía G, De Lara Andrade R, Monroy-Dosta MC, Maya-Gutiérrez S, Castro-Mejía J, Jiménez-Pacheco F.