

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Composición microbiana en un sistema de producción de *Puntius conchinius* (Hamilton, 1822), utilizando la técnica Biofloc.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Claudia Larissa Alonso Ferrel

MATRÍCULA: 2133077579

Asesor

Dra. María del Carmen Monroy Dosta  
UAM-X. Núm. eco. 28906

Ciudad de México.

Noviembre del 2019

---

## RESUMEN

---

En la actualidad la comunidad mundial se enfrenta a retos relacionados con atender las necesidades apremiantes de alimentación y nutrición de una población creciente con recursos naturales finitos, los sistemas convencionales de producción piscícola en México empiezan a descender principalmente por la necesidad de grandes cantidades de agua cada vez más escasa, 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. Por lo anterior, la búsqueda de nuevas posibilidades de producción piscícola que sean amigables con el ambiente, incluyentes socialmente y rentables son cada vez más apremiantes.

Una de las alternativas que empiezan a cautivar el interés de los piscicultores es el sistema de producción súper-intensiva con tecnología biofloc, la cual se sustenta en aprovechar la acumulación de residuos de los alimentos, materia orgánica y compuestos inorgánicos tóxicos a través de microorganismos presentes en los medios acuáticos, dando condiciones de dominancia a comunidades autótrofas y heterótrofas, resolviendo sustancialmente los problemas de saturación de nutrientes a partir de su reciclaje, en este sentido el objetivo es presentar los beneficios de la tecnología biofloc, como una alternativa de producción piscícola.

**Palabras clave:** nutrientes, microorganismos, biofloc y piscicultura.

---

---

# ÍNDICE

---

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <b>1. Introducción .....</b>  | <b>1</b>    |
| <b>2. Revisión de Literatura .....</b>                                  | <b>2</b>    |
| <b>3. Objetivos .....</b>   | <b>5</b>    |
| <b>4. Metodología .....</b>   | <b>6</b>    |
| <b>4.1 Valoración de la calidad de agua y de sólidos sedimentables.</b> |             |
| <b>4.2 Análisis de las comunidades bacterianas.</b>                     |             |
| <b>4.2 Análisis de datos.</b>   |             |
| <b>5. Resultados .....</b>  | <b>9</b>    |
| <b>5.1 Abundancia y diversidad de la composición microbiana.</b>        |             |
| <b>5.2 Datos biométricos.</b>   |             |
| <b>5.3 Datos fisicoquímicos del sistema.</b>                            |             |
| <b>6. Discusión .....</b>   | <b>15</b>   |
| <b>7. Conclusiones .....</b>  | <b>17</b>   |
| <b>8. Referencias .....</b>   | <b>18</b>   |
| <b>9. Anexos .....</b>  | <b>21</b>   |

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Dentro del sector acuícola, se han diseñado una serie de sistemas de producción para el cultivo de diversos organismos acuáticos, orientados a disminuir la utilización del agua y del espacio, aumentando considerablemente la densidad de cultivo, así mismo han tomado relevancia aquellos sistemas que limiten los brotes infecciosos y que minimicen los gastos de operación (Timmons *et al.*, 2002; Hargraeves, 2006). Un ejemplo interesante de este tipo de sistemas, es el denominado Biofloc, el cual consiste en el desarrollo de agregados microbianos formados a partir de una alta relación carbono: nitrógeno (C:N) en el agua, con poco o nulo recambio y alta oxigenación, dietas con bajo contenido de proteína cruda y fuentes de carbono externo tales como melaza (caña de azúcar) salvado de arroz, salvado de trigo, entre otros. Lo que permite el crecimiento de una comunidad microbiana, sobretodo de bacterias heterótrofas, que metabolizan los carbohidratos y toman nitrógeno inorgánico (principalmente  $\text{NH}_4$ ), reduciendo sus niveles y mejorando la calidad del agua (Azim y Litle, 2008; Crab *et al.*, 2009; Avnimelech 2012; Emerenciano *et al.*, 2012).

Por otra parte, asociados a estos agregados se han observado microalgas, zooplancton, coloides, polímeros orgánicos, cationes y células muertas que son consumidas por las especies cultivadas como alimento natural *in situ* por lo que los costos de alimentación se reducen por encima del 25% (Emerenciano *et al.* 2013). De acuerdo con Emerenciano *et al.*, (2012), la calidad nutricional de los agregados puede variar de 12 a 49 y 13 a 46% de proteína cruda y lípidos, respectivamente. Estas variaciones se deben a la fuente de carbono externa utilizada en el sistema, así como a las variaciones de luz, salinidad y del microbiota que se genera (Avnimelech, 2006; Azim y Litle, 2008; De Schryver *et al.*, 2008; Ekasari *et al.*, 2010).

Finalmente, otra ventaja que presentan los sistemas de cultivo Biofloc, es que puede ser una nueva estrategia para el manejo de enfermedades en contraste con enfoques convencionales tales como antibióticos y antifúngicos. El efecto probiótico en los sistemas Biofloc podría actuar internamente o externamente contra *Aeromonas*, *Vibrios* y ectoparásitos que son habitantes comunes de ambientes acuáticos y que proliferan sobre todo si hay sobrecarga de materia orgánica (Austin *et al.*, 1995; Fuentes y Pérez, 1998). Debido a lo anterior ha surgido un gran interés sobre la aplicación de estos sistemas en el

---

cultivo de diversos organismos acuáticos; sin embargo, se desconoce la diversidad y abundancia de microorganismos asociados a estos sistemas y su influencia en el bienestar de los organismos en cultivo. Debido a ello, es necesario realizar estudios que permitan conocer la composición macro y microbiana a lo largo de un sistema de cultivo y determinar la diversidad de alimento vivo disponible para los organismos en cultivo.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

---

**Avnimelech (2006)** evaluó la alimentación de un cultivo de tilapia de Mozambique a través de flóculos microbianos mediante un sistema Biofloc. El experimento consto de lo siguiente: utilizó tres tanques de fibra de vidrio, con veinte peces cada uno, con un peso promedio de 107 g, estos tanques los lleno con agua proveniente de una granja del pacifico. El experimento duró dos semanas, su alimentación fue con una dieta comercial y como fuente de carbono utilizó almidón de trigo, evaluó diariamente el oxígeno ( $8.2 \text{ mg l}^{-1}$ ) y la temperatura ( $26.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) del agua. Utilizo una relación C:N (15-1), durante los primeros días comenzó la aparición de flóculos, para probar su funcionamiento como alimento, dejo de alimentar a los peces durante 6 días. El volumen de los flóculos los midió todos los días, mediante el uso de un cono (IMHOFF), lo dejó reposar de 10-15 minutos, evaluó la densidad aparente y la determinación colorimétrica. Durante el experimento los peces no presentaron ninguna alteración (ni en crecimiento ni mortalidad), el autor concluye que los flóculos microbianos desarrollados en un sistema Biofloc, demuestran ser un potencial efectivo como fuente de alimento para tilapia, y posiblemente en otros peces. Así mismo hace mención que la relación C:N es esencial para el desarrollo de los flóculos, y que la que el utilizo es efectiva para esta especie.

**Merchán (2014)** evaluó la dinámica temporal del Biofloc, a partir de análisis físicos químicos y biológicos en un cultivo intensivo de post-larva de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un sistema de canales, para la determinación de parámetros productivos. Su sistema se desarrolló en dos ciclos de producción en 4 canales de cemento, utilizo como fuente de carbono melaza. El oxígeno fue suministrado por 2 sopladores. Al momento que ingreso a las post-larvas, midió los siguientes parámetros: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y amonio. También realizó observaciones microscópicas (de varias muestras de

---

250 ml) para determinar su estado. Posteriormente sembró una densidad de 26 pL/L para el primer ciclo y para el segundo 20 pL /L, la evaluación del primer ciclo duró 13 días y el segundo 15 días. Además de los resultados obtenidos sobre los parámetros de producción, realizó un análisis de cuantificación de zooplancton durante los dos ciclos, en ambos el grupo dominante fueron los ciliados, el orden más dominante fue *Peritricha*, siguiéndole el orden *Spirotricha* y el grupo menos representativo fue *Actinipoda*.

**Monroy et al. (2013)** identificaron las comunidades microbianas en un sistema Biofloc en un cultivo de tilapia y evaluaron los cambios que presentaron en su composición a lo largo de su ciclo de cultivo. Su sistema de cultivo fue desarrollado a partir de un sistema de tipo macrocosmo-microcosmo, en donde colocaron 75 tilapias, estas fueron alimentadas diariamente con una dieta comercial, en donde se mantuvo una relación C:N= 15:1, mediante el aporte controlado de carbono (melaza y pulido de arroz) y nitrógeno (del alimento comercial), esto se llevó a cabo durante 14 semanas. Los resultados obtenidos fueron: microalgas, ciliados, rotíferos, nematodos, bacterias y la levadura *Rhodotorula sp.* En el caso de los rotíferos, el grupo dominante a lo largo del experimento fue el género *Philodina*, con conteos iniciales menores de 20 org. mL<sup>-1</sup>, en la sexta semana tuvo un incremento alcanzando una población de casi 200 org. mL<sup>-1</sup>, después se estabilizó con conteos superiores a 115 org. También se localizaron los géneros *Lecane* y *Keratella*, cada uno presentándose de manera distinta durante las semanas del experimento.

**Cedano et al. (2014)** evaluaron el crecimiento en peso y longitud, y los índices de producción de *Oreochromis niloticus* "tilapia" en un sistema Biofloc. Se cultivó una densidad de 16 peces/m<sup>3</sup>, estos fueron alimentados tres veces al día con alimento balanceado de 24 % de proteína, durante 6 meses y medio, como fuente de carbono se utilizó melaza. Además de los resultados obtenidos sobre la ganancia en peso y alimentación, para la evaluación de su crecimiento. Se realizó un análisis cualitativo del fitoplancton y del zooplancton. Se tomó una muestra de sedimentación del Biofloc en un cono (IMHOFF de 1000 ml), se dejó reposar durante 30 minutos, posteriormente se procedió a la identificación de los microorganismos, mediante el uso de un microscopio. Se identificaron seis grupos de zooplancton: protozoarios, cladóceros, rotíferos, copépodos, gastrotricos y anélidos.

**Lara et al. (2011)** determinaron el efecto de dos fertilizantes: nitrato de sodio (inorgánico) y melaza (orgánico), sobre el comportamiento del microbiota, calidad del agua y variables productivas en dos cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei*

---

(a pequeña escala = laboratorio y a nivel comercial = granja), sin recambio de agua. Se tomaron muestras semanalmente, para determinar la concentración de fitoplancton y zooplancton se tomaron 10 L (para fitoplancton) y 20 L (para zooplancton) que se filtraron con mallas de 1  $\mu$  y 50  $\mu$ , respectivamente. En el caso del zooplancton, los grupos más representativos fueron los copépodos, rotíferos, larvas de poliquetos y otros.

**Martínez *et al.* (2010)** realizaron una revisión actualizada sobre la importancia, manejo y aprovechamiento del alimento natural en acuicultura, se incluyen tanto experiencias propias de los autores, como trabajos de otros investigadores a nivel mundial. La revisión incluye un panorama general sobre el alimento natural y su importancia para diferentes especies acuícolas y profundiza sobre los grupos más utilizados en este contexto, incluyendo organismos del zooplancton, microorganismos autótrofos y heterótrofos, macroalgas y organismos bentónicos, así mismo se menciona que la mayoría de las especies que se generan en este tipo de sistemas son zooplanctónicas, que sirven de alimento para algunos peces y crustáceos.

**Castro *et al.* (2012)** realizaron una investigación sobre el sistema Biofloc refiriéndose a él como un avance tecnológico en acuicultura. Durante la investigación se hace mención de la proliferación de las colonias bacterianas y microorganismos, que generan un aumento en la biomasa de los flóculos. Mencionan que la biodiversidad de especies depende del microbiota que se encuentra en el cuerpo de agua, las especies pueden variar con el tiempo en que esté funcionando el sistema. Para lograr el establecimiento de las bacterias heterótrofas en los bioflóculos es necesario ajustar la relación carbono/nitrógeno (C:N) en el cuerpo de agua, ya que se requiere cerca de 20 unidades de carbono para asimilar una unidad de nitrógeno, esto se logra adicionando alimento de baja proteína y un carbohidrato.

---

## 3. OBJETIVOS

---

### 3.1. Objetivo General

- Determinar la diversidad, abundancia y composición microbiana en un sistema Biofloc adicionado con melaza, a lo largo de un ciclo de cultivo del pez *Puntius conchinius*.

### 3.2 Objetivos Particulares

- Definir la composición microbiana que se desarrolla en un sistema Biofloc adicionado con melaza.
- Valorar la calidad del agua durante el cultivo *Puntius conchonus* administrando melaza como fuente de carbono en un sistema Biofloc.



---

## 4. METODOLOGÍA

---

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Químico de Alimento Vivo de la Universidad Autónoma Metropolitana UAM-X.

Para llevar a cabo el experimento se diseñó un sistema del tipo macrocosmo-microcosmo, que consiste en dos secciones: Para la primera sección utilizo un contenedor circular de 1000 L de capacidad (macrocosmo), con un difusor de aire al centro para garantizar el flujo continuo y re suspensión de partículas, donde se generaran los agregados; la segunda sección estuvo conformado por seis tinajas circulares de 250 L cada una (microcosmos), donde se cultivaron los peces que fueron alimentados con el Biofloc. Todas las unidades fueron conectadas con un sistema de recirculación por medio de dos bombas eléctricas de 1.0 HP. Los niveles de agua se estabilizaron inicialmente a través de intercambio entre los tanques y la adición de agua por pérdidas debido a la evaporación (Monroy *et al.*, 2013).

Para el inicio del experimento y la formación de agregados microbianos, en el contenedor macrocosmos se introdujeron 60 barbos rosados de una longitud aproximada de 5 cm y con un peso promedio de 4.2 g a 4.35 g. Se dividieron en tres tratamientos Biofloc y tres tratamientos control. 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.

Se realizó una biometría cada 15 días para conocer su longitud y peso, utilizando una balanza digital y un Vernier, para establecer la cantidad de alimento suministrada a los peces considerando el 10% de su biomasa.

Para garantizar la formación de agregados y el desarrollo de las comunidades microbianas en el sistema de cultivo, se mantuvo una relación C/N=20:1 (Avnimelech, 2012), mediante el aporte controlado de una fuente externa de carbono (melaza) y el nitrógeno proveniente del alimento comercial. Se realizaron los cálculos de exigencia en el sistema, de acuerdo a los cálculos descrito por Emerenciano (2011):

---

1° Paso: calcular la relación C:N presente en el alimento

$$C (g) = \text{Kg alimento} \times \% \text{ MS alimento} \times \% \text{ excreción} \div \% \text{ CMS}$$

$$N (g) = \text{Kg alimento} \times \% \text{ MS alimento} \times \% \text{ excreción} \times \% \text{ PB} \div \text{FC (6.25)}$$

2 ° Paso: Ajuste C:N

Calcular de cantidad de carbono en sustrato por cada kg.

$$C (g) = \% \text{ MS} \times \% \text{ C}$$

Calcular la cantidad de sustrato necesario para obtener la relación C:N deseada

$$C \text{ para C:N} = N (g) \text{ alimento} \times \text{unidades de C deseadas}$$

$$C (g) = C (g) \text{ alimento} \times C \text{ para C:N}$$

Donde:

C: carbono

N: nitrógeno

CMS: carbono en materia seca en el alimento

FC: Factor de conversión de proteína usada para convertir valores de nitrógeno a proteína cruda.

#### **4.1 Valoración de la calidad de agua y de sólidos sedimentables**

La evaluación de los parámetros de calidad de agua se realizó dos veces por semana. Se tomaron muestras de agua del macrocosmo y microcosmos. La temperatura del agua (°C) y el pH se determinó mediante un medidor de pH y temperatura marca HANNA (HI 98127), mientras que para el oxígeno disuelto (OD, ppm) se utilizó un medidor de oxígeno disuelto portátil e impermeable con microprocesador (HI9146). Se analizaron también los niveles de nitrógeno amoniacal total (TAN, mgL<sup>-1</sup>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, mgL<sup>-1</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mgL<sup>-1</sup>) y fosfatos

---

( $\text{PO}_{4^{++}}$ ,  $\text{mgL}^{-1}$ ) que serán analizados por espectrofotometría con un autoanalizador HANNA Aquaculture Photometer (HI83203) de acuerdo con métodos estándar HANNA (HANNA Company, 2003).

Para conocer la presencia de agregados y el consumo de estos por parte de *Puntius conchoni* se analizaron los sólidos sedimentables, para lo cual se lleno un cono Imhoff con agua de la sección macroscomo, evitando verter la muestra por las paredes del cono, hasta la marca de 1 L para su posterior sedimentación por un tiempo de quince a veinte minutos. Finalmente se anoto el volumen de sólidos sedimentables como  $\text{mL L}^{-1}$ . Este procedimiento se llevo a cabo cada tercer día durante los primeros 25 días, posteriormente se realizo semanalmente hasta el final del experimento (Avnimelech, 2006).

## **4.2 Análisis de las comunidades bacterianas**

Para el conteo y caracterización de las comunidades microbianas se utilizo el método propuesto por APHA (1992). Semanalmente se tomaron muestras de 2 g de los agregados formados en el sistema macrocosmo, las cuales se inocularán en 90 mL de solución salina estéril, para posteriormente efectuar diluciones 1:10 y sembrar 0.1 mL en placas de agar MSR (ManRogosa Sharpe), BHI (Infusión Cerebro-Corazón), TCBS (Tiosulfato-Citrato-Sales Biliares) y TSA (Tripticasa-soja), realizando tres replicas para cada agar. Después de que las placas se incubaron a  $27^{\circ}\text{C}$  durante 24 h, se efectuará el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC  $\text{mL}^{-1}$ ) y se caracterizo la morfología colonial; posteriormente a través de resiembras se purificaron las cepas. La tinción de Gram permitió observar la morfología celular con ayuda de un microscopio óptico (ZSX50 Olympus®).

Después de que se aislaron las cepas bacterianas, se les efectuarán pruebas microbiológicas para su identificación (catalasa, oxidasa, óxido fermentación, movilidad e indol) (Bergey y Holt 1994). Para confirmar la identificación de las cepas se empleo el sistema API20E, API20NE, APICHL, API CHL 50 y el Programa Apiweb TMBiomerieux. Finalmente, se reportaron las especies de las cepas identificadas que componen la comunidad microbiana, mediante la revisión de

---

bibliografía especializada. Este procedimiento se llevó a cabo durante 12 semanas.

### **4.3 Análisis de datos**

Se creó una base de datos en el Software Excel para su procesamiento y se realizó un análisis descriptivo para la representación, comparación de la diversidad y abundancia de la composición bacteriana de los sistemas.

## **5. RESULTADOS**

---

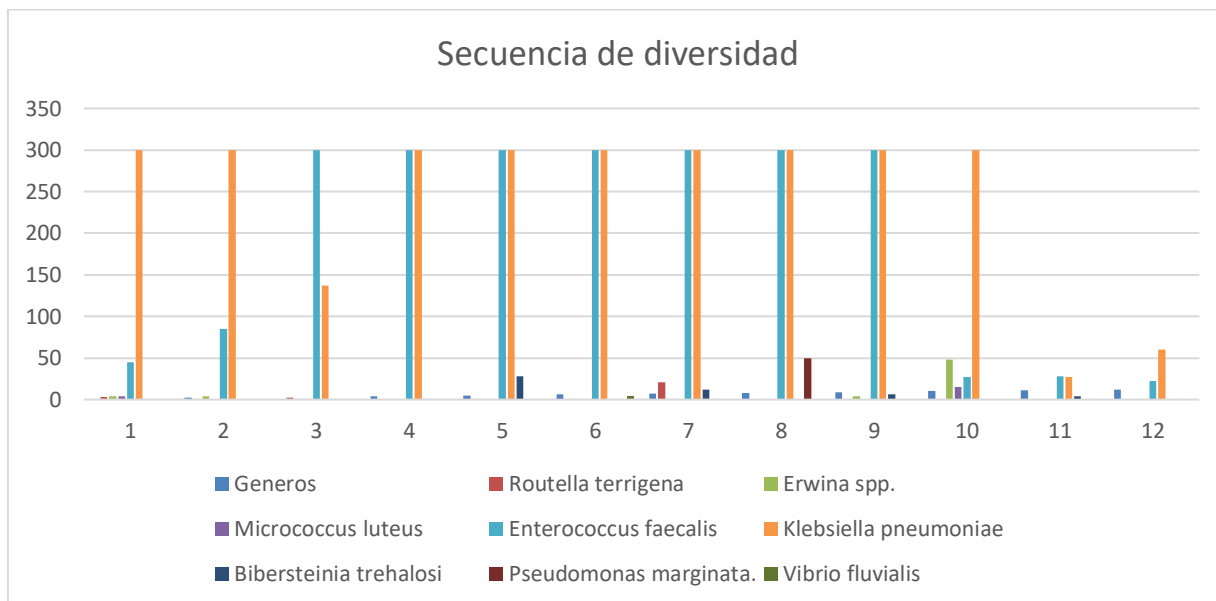
### **5.1 Abundancia y diversidad de la composición microbiana**

Los resultados obtenidos indican variaciones entre los diversos géneros de especies microbianas que se encuentran asociados al Biofloc.

**En la tabla 1** se muestran las especies microbianas identificadas del sistema. A partir de la primera semana (**figura 1**), se identificaron habitantes comunes del ambiente acuático del género *Entereobacteria* y *Proteobacteria*, después de la decima semana fueron detectados conformando una población mas baja. Sin embargo, también se presentaron las composiciones microbianas heterótrofas con alta capacidad de degradar materia orgánica, de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* incrementando su incidencia hasta la decima semana. Entre los grupos bacterianos que dominaron el sistema después de la séptima semana se encontró la bacteria encargada de la transformación del nitrógeno en el ambiente acuático como *Routella terrigena*.

**Tabla 1. Bacterias identificadas en los flóculos durante las 12 semanas.**

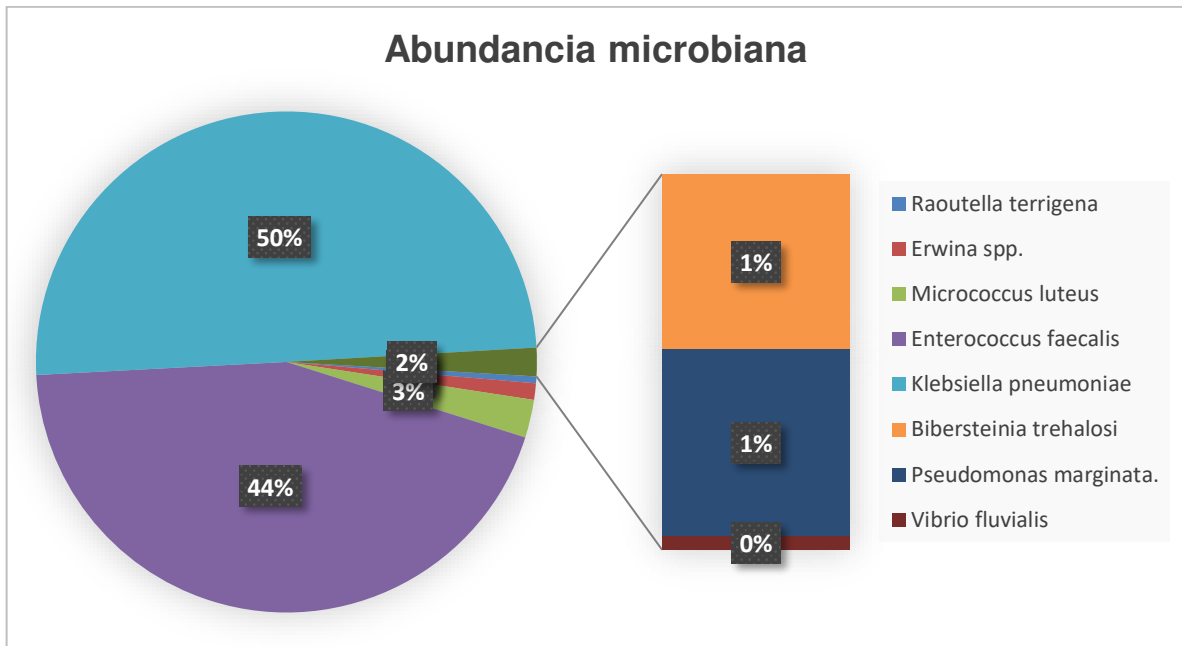
| Microorganismos               | Conteos (x10 <sup>4</sup> cel mL <sup>-1</sup> ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|-------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
|                               | Semana de experimentación                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|                               | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11 | 12 |
| <i>Routella terrigena</i>     | 3  | -   | 2   | -   | -   | -   | 21  | -   | -   | -   | -  | -  |
| <i>Erwina spp.</i>            | 4  | 4   | -   | -   | 1   | -   | 1   | 1   | 4   | 48  | -  | -  |
| <i>Micrococcus luteus</i>     | 4  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 15  | -  | -  |
| <i>Enterococcus faecalis</i>  | 45   | 85  | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 27  | 28 | 22 |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i>  | 300  | 300 | 137 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 27 | 60 |
| <i>Bibersteinia trehalosi</i> | -  | -   | 1   | -   | 28  | -   | -   | 12  | 6   | -   | 4  | -  |
| <i>Pseudomonas marginata.</i> | -  | -   | -   | 1   | -   | -   | 50  | -   | -   | -   | 1  | 1  |
| <i>Vibrio fluvialis</i>       | -  | -   | -   | 0   | -   | 4   | -   | -   | -   | -   | -  | -  |



**Figura 1. Secuencia de la comunidad dentro de las 12 semanas del proyecto.**

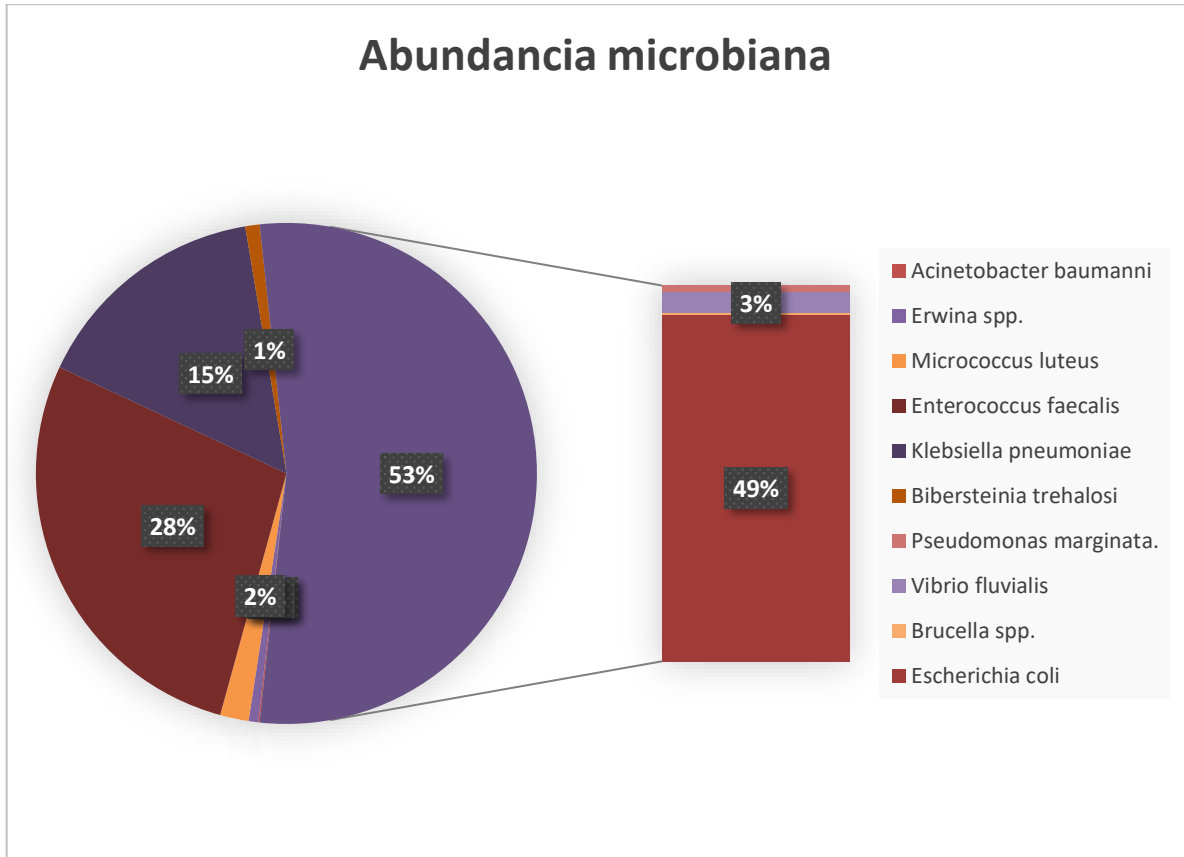
## 5.2 Datos biométricos

En cuanto a los datos biométricos del sistema con melaza se evaluó el peso (gr), largo (cm) alto (cm) y ancho (cm) se realizaron 5 tomas de medición de 5 peces chicos, medianos y grandes. Se obtuvo el promedio de cada uno de estos valores por talla y peso. En el caso del peso de los peces pequeños se obtuvo un promedio de 1.86 cm y de longitud total 4.1 cm (**Figura 2**).

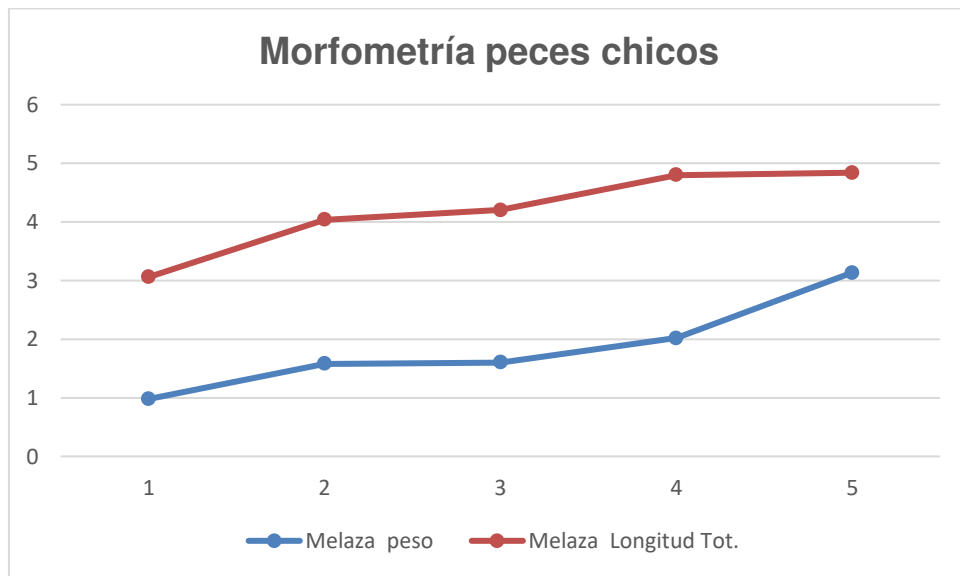


**Figura 2. Abundancia microbiana en el sistema Biofloc con melaza.**

Referente los peces medianos se obtuvo un promedio de 1.5 gr y 4.7 cm de longitud total (**Figura 3**) y para los peces grandes un promedio de 1.7 gr y 5.34 cm (**Figura 4**).



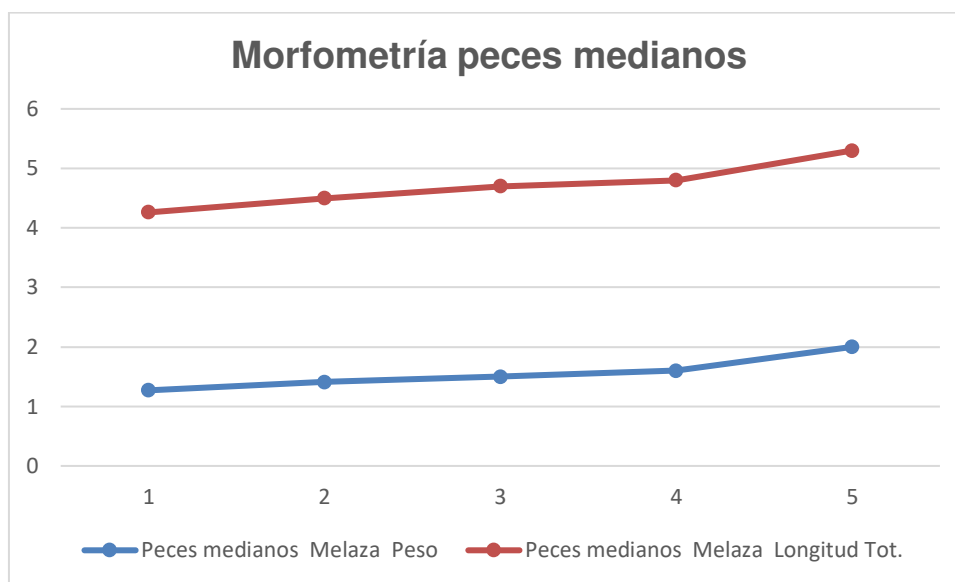
**Figura 3. Abundancia microbiana en el sistema Biofloc control.**



**Figura 4. Morfometría de los peces chicos en el sistema de Biofloc con melaza.**

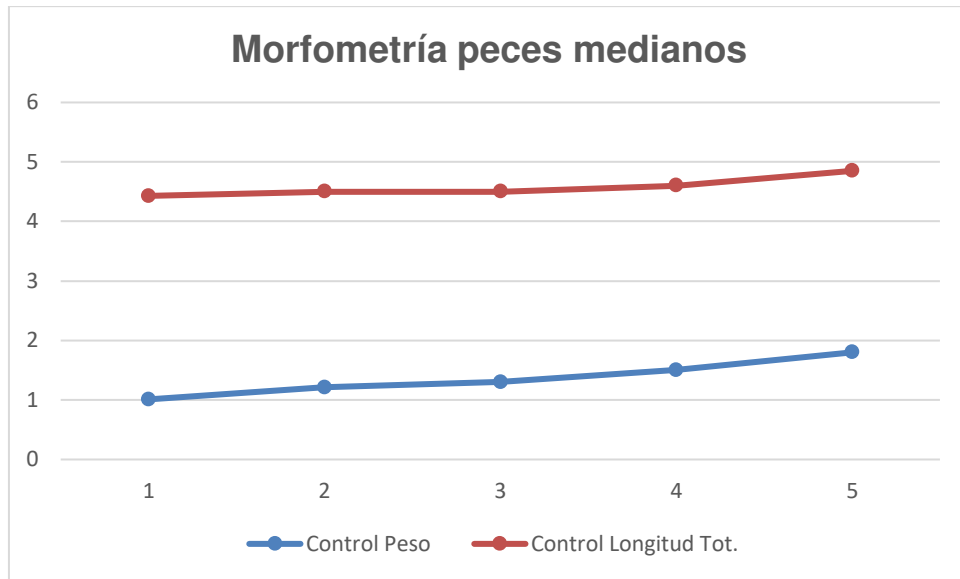
### 5.3 Datos fisicoquímicos del sistema

En el caso de los fisicoquímicos se evaluó la cantidad de nitritos (mg/L), nitratos (mg/L), amonio (mg/L), pH, oxígeno (mg/L) y temperatura (°C). En cuanto la cantidad de nitritos presento durante las 12 semanas presento parámetros variables, manteniéndose en la doceava semana con un valor de < 0.3 (Figura 5), por otra parte, los nitratos presentaron variaciones de 20 y de 10 mg/L y posteriormente se mantuvieron estables en la doceava semana con un valor de 5 mg/L (**Figura 6**). Respecto al amonio se registro un valor inicial de 2.5 y posteriormente se mantuvo en 0 (**Figura 7**). En el caso del pH se obtuvo un valor estable de 7.8 (**Figura 8**).

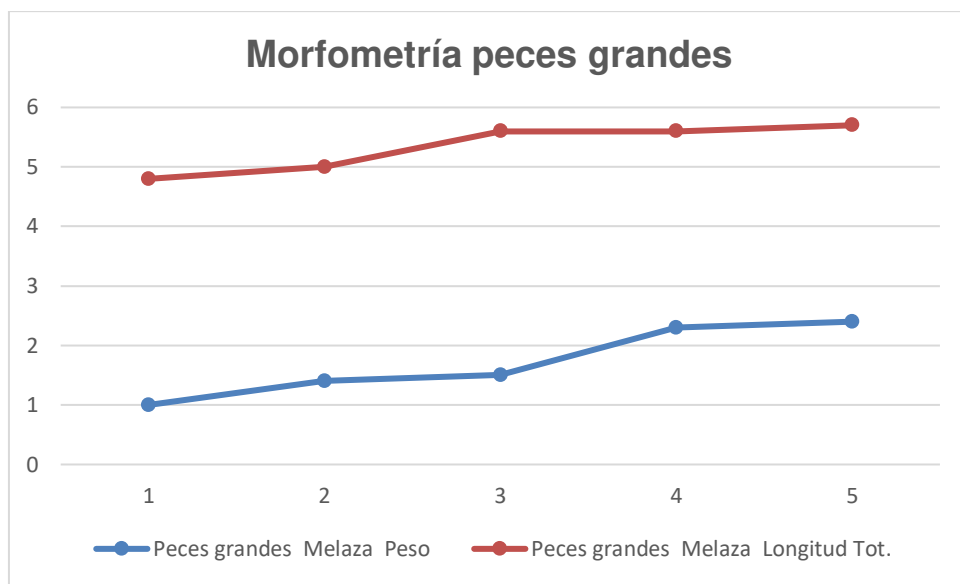


**Figura 6. Morfometría de los peces medianos en el sistema de Biofloc con melaza.**





**Figura 7. Morfometría de los peces medianos en el sistema de Biofloc control.**



**Figura 8. Morfometría de los peces grandes en el sistema de Biofloc con melaza.**

---

## 6. DISCUSIÓN

---

Los resultados obtenidos en este estudio indican variaciones entre las diversas comunidades de organismos que se encuentran asociadas al Biofloc. En relación a la composición bacteriana adherida a los flóculos, el primer genero identificado fue *Klebsiella pneumoniae* considerada una bacteria diazotrófica habitante que prolifera durante todo el proyecto apoyando a la transformación del nitrógeno en conjunto con *Routella terrigena*, las bacterias heterotróficas presentan una benéfica acción metabólica que incluye la descomposición del amonio para transformarlo en biomasa bacteriana, las bacterias se alimentan con sustrato orgánico que contiene principalmente carbono y nulo o poco nitrógeno con el fin de producir la proteína necesaria para el crecimiento y la multiplicación celular (Avnimelech, 2012, Avnimelech,1999). La especie que se vio con una escasa proliferación fue *Vibrio fluvialis* se logro el control de esta bacteria oportunista luminosa del genero *Vibrio* con el suministro de melaza, se ha podido lograr la reducción mediante la revisión de sus características bioquímicas de las bacterias ambientes acuáticas que proliferan sobre todo si hay sobrecarga altos niveles de nutrientes para su proliferación y competir a la vez por nutrientes necesarios para su crecimiento. (Austin *et al.* 1995, Fuentes & Pérez 1998).

La comunidad microbiana mas abundante en el sistema con melaza fue el *Klebsiella pneumoniae* y *enterococcus faecalis*. Se considera que la abundancia y la diversidad de especies va a depender de la fuente de carbono (Mejía, 2014), de manera que cada una posee propiedades nutricionales distintas. En caso de la adición de melaza sus principales propiedades son el aporte calórico, grasas, en las que destacan los ácidos grasos poliinsaturados, así como el aporte en minerales como potasio, magnesio y Vitamina B6 (Bello, 2002), sus valores se verán reflejados en la porción suministrada en el sistema. A comparación con otro tipo de fuente de carbono como es el café sus principales propiedades nutricionales son carbohidratos, lípidos, proteínas, antioxidantes, alcaloides, como la cafeína y la

---

trigonelina, así como ácidos carboxílicos y fenólicos, de acuerdo con las variedades de café van a contener mayor cantidad de elementos.

Una vez revisados estos contenidos se puede relacionar la fuente de carbono con la alimentación del pez, lo cual determino la abundancia dicha comunidad. De acuerdo con la investigación de Gil (2012) los peces poseen determinadas enzimas para su digestión, menciona que las mas comunes son tripsinas, amilasas y lipasas.

Además, la FAO (2009) menciona que la alimentación de los peces se verá influenciada por su tamaño, ya que entre mas pequeño sea, su alimentación va a consistir en plancton mas pequeño. Así que se puede deducir que la abundancia de los grupos en ambos sistemas se vio influenciada por el tamaño de los peces, en el caso del sistema con melaza eran mas grandes (con un promedio de peso 1.71 gr y de longitud total 4.7 cm) (**figura 4-9**) y los de control eran mas pequeños (con un promedio 1.53 gr y de longitud total 4.4 cm). Por lo tanto, los peces con melaza al ser de mayor tamaño asimilaron la mayoría de las propiedades alimenticias, a comparación que los de control ya que no tenían las enzimas apropiadas para ingerir las propiedades del alimento comercial, por lo que el desarrollo y crecimiento tanto de los peces y de la comunidad microbiana se vio beneficiado por las propiedades de la adición de carbono acorde con la investigación de Avnimelech (2006) independientemente de la fuente de carbono empleada, lo esencial es la relación C:N del sistema que es la ideal para el desarrollo de los flóculos microbianos, así mismo mencionada que la relación C:N (15-1), que fue la que se utilizo en el sistema, presento un buen desarrollo de flóculos durante las 12 semanas.

Referente a los solidos sedimentables desde las primeras etapas presentaron una correlación directa con el pH (**figura 16 y 17**) se logro una estabilidad significativa durante las 12 semanas si esta no se hubiera sido controlada, el pH hubiera disminuido afectando el nivel de los sólidos sedimentables y por tanto la densidad de los organismos heterotróficos. Los valores de nitritos, nitratos y amonio no se mostraron efectos significativos en la estabilidad del

---

sistema, debido al uso del sistema de aireación y buen manejo de la alcalinidad de cada uno de los sistemas (**figuras 10 - 16**). Los niveles de nitrógeno inorgánico en la columna de agua fueron reducidos debido al consumo por las bacterias heterotróficas, cuando un organismo heterotrófico toma carbono de una fuente orgánica como la melaza también realiza la toma del nitrógeno en su medio acuoso, con el fin de producir biomasa proteica esto se relaciona con la estabilidad rápida del sistema (Avnimelech y Kochva, 2009).

## 7. CONCLUSIONES

---

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que los objetivos se cumplieron.

- La adición de melaza como fuente de carbono beneficiaron el desarrollo de los peces y de la comunidad microbiana, difiriendo en abundancia.
- La comunidad microbiana que se desarrollo se identificaron *Proteobacterias*, *Lactobacillales*, *Actinomycetales*.
- Los valores de los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron estables (pH, nitratos, nitritos y Amonio), en el caso de los compuestos nitrogenados, el desarrollo de la comunidad microbiana estabilizo el funcionamiento del sistema.

---

## 8. REFERENCIAS

---

- APHA AWWA WPCF. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18 ed. Washington D.C., 9-73.
- Austin B, LF Stuckey, PAW Robertson, I Effendi & DRW Griffith. 1995. A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*. *Journal of Fish Diseases* 18(1): 93-96.
- Avnimelech Y. 2006. Biofilters: The need for a new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering* 34(3): 172-178.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio flocs technology pond. *ScienceDirect.Aquaculture*. 264:140-147.
- Avnimelech, Y. Kovcha, M. 2009. Evaluation of Nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using <sup>15</sup>N tracing. *Aquaculture*. 287:163-168.
- Avnimelech Y. 2012. Biofloc technology a practical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge. pp. 272.
- Azim ME & DC Little. 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
- Bello, L. 2002. Propiedades químicas, físicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. Vol. 36, no 3: 320.
- Castro, L., Castro, T., Lara, R., Castro, J. y Castro, G. (2012). Sistemas Biofloc: un avance tecnológico en acuicultura. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, Vol.1: 1-6.
- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W. and Avnimelech, Y. 2009. Bio-flocs Technology application in over-wintering of tilapia. *ScienceDirect. Aquacultural engineering*. 40: 105-112.
- Cedano, M., Lujan, A., y Hamilton, M. (2014). Crianza de *Oreochromis niloticus* Var chitralada en sistema biofloc en la Empresa PRODUMAR SA, Guayaquil (Ecuador). *Revista REBIOLEST*, Vol.1, N°2,79-91.

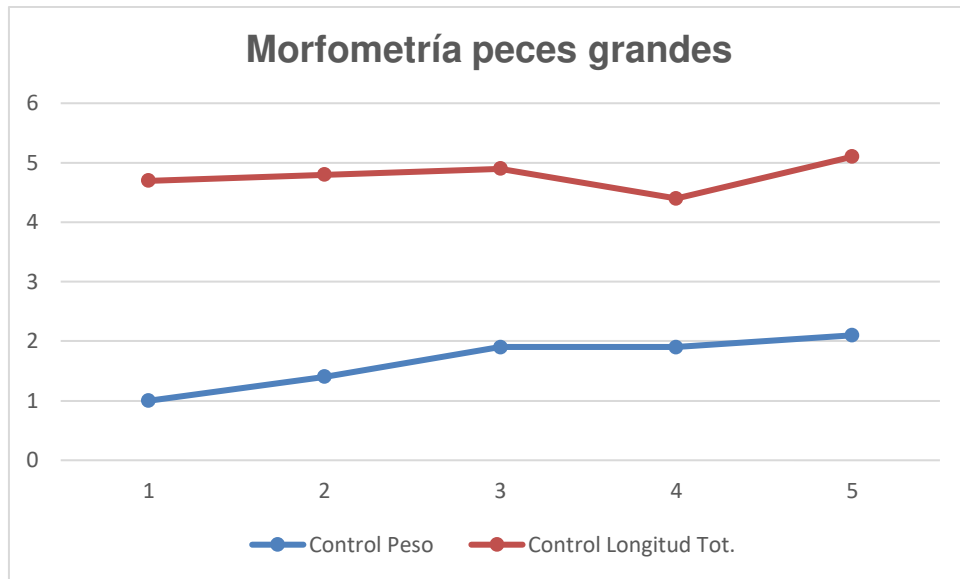
- 
- Diana, J.S., Egna, H.S., Chopin, T., Peterson, M.S., Cao, L., Pomeroy, R., Verdegem, M., Slack, W.T., Bondad-Reantaso, M.G. and Cabello, F. 2013. Responsible Aquaculture in 2050: Valuing local conditions and human innovations will be key to success. *BioScience*. 63: 255-262.
- De Schryver P, R Crab, T Defoirdt, N Boon & W Verstraete. 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277: 125-137
- Ekasari, J., Crab, R. and Verstraete W. 2010. Primary Nutritional of Bio-Flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *HAYATI journal of Biosciences*. 17 (3):125-130.
- Emerenciano M, ELC Ballester, RO Cavalli & 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, ELC Ballester, RO Cavalli & W Wasielesky. 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.
- Fuentes RJM & HJA Pérez. 1998. Isolation of *Aeromonas hydrophila* in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Veterinaria Mexico* 29: 117-119.
- FAO 2009. Nutrición y alimentación de los peces. (Consultado el 30 de octubre del 2019), [http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s10.htm](http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.htm)
- Gil, F. 2012. Estómago, Hígado, Intestino, Bazo y páncreas de los peces. Facultad de veterinaria. Universidad de Murcia.
- Hargreaves JA. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquaculture Engineering* 34: 344-363.
- Jimenez-Montealegre, RB. 2001. Nitrogen transformations and fluxes in fish ponds: a modeling approach. III thesis Wageningen University. 192.
- Lara, G. 2011. Manejo de microbiota para mantener la calidad de agua en cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* sin recambio de agua. Tesis doctoral. Instituto politécnico Nacional.

- 
- Martínez, L. 2010. Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, 668-699.
- Merchán, A. 2014. Dinámica del biofloc en cultivo intensivo de post-larva del ca-marón blanco *Litopenaeus vannamei* en un sistema de Receways, Taura 2013, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del mar, Escuela de Biología Marina: 61-62.
- Monroy-Dosta, María del C, De Lara-Andrade, Ramón, Castro-Mejía, Jorge, Castro-Mejía, Germán, & Coelho-Emerenciano, Mauricio G. 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
- Timmons MB, JM Ebeling, FW Wheaton, ST Sommerfelt & BJ Vinci. 2002. Microbial biofloc and protein levels in green tiger shrimp. *Recirculating aquaculture systems*: 748. Caruga Aqua Ventures, New York.

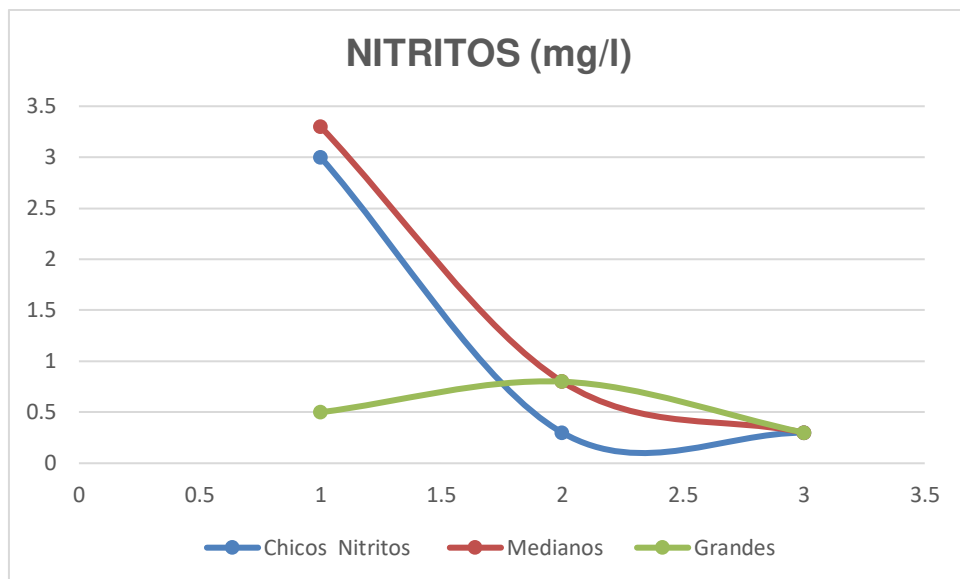
---

## 9. ANEXOS

---

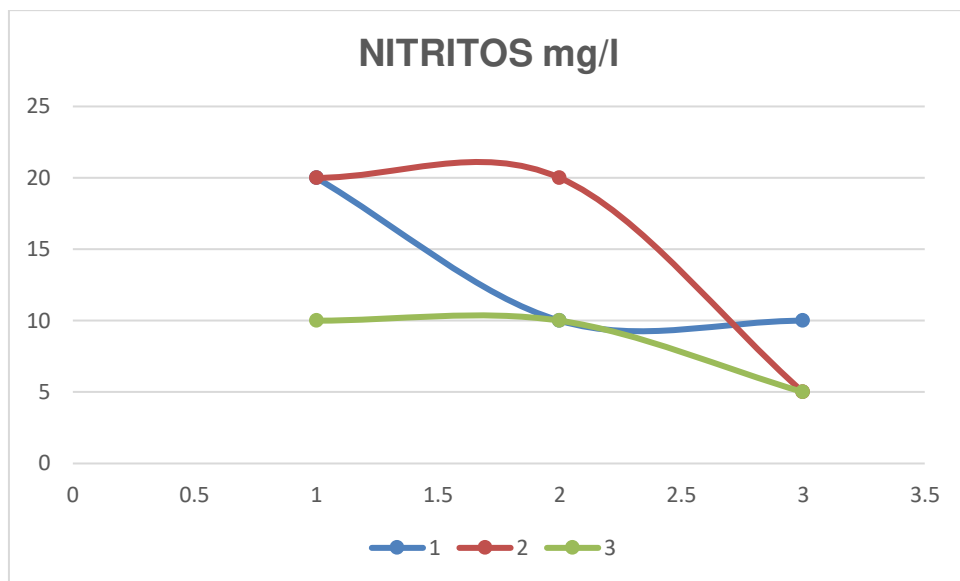


**Figura 9. Morfometría de los peces grandes en el sistema de biofloc control.**

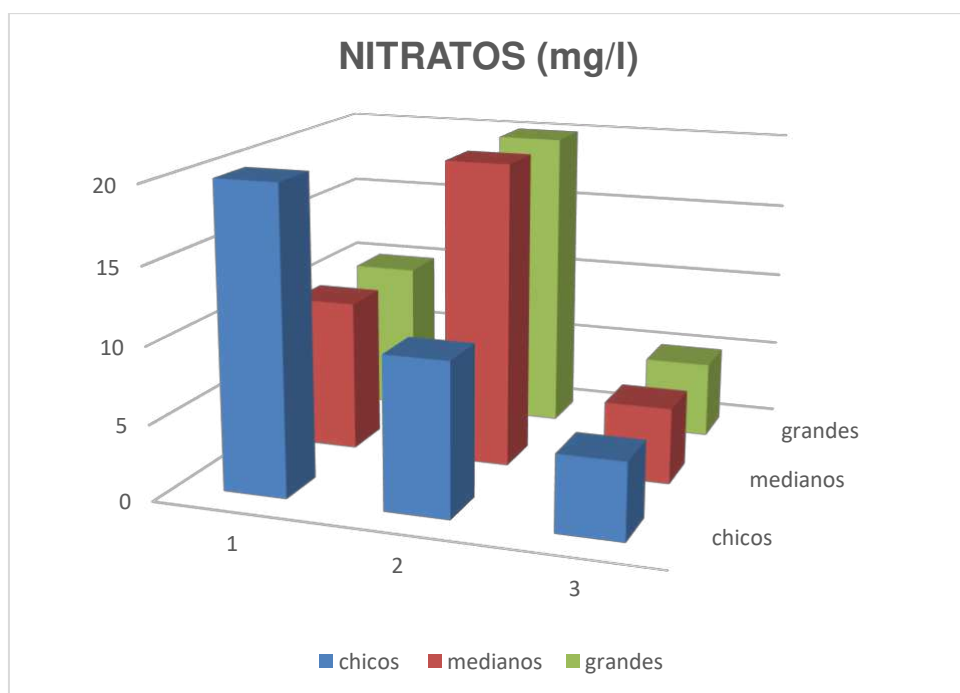


**Figura 10. Cantidad de nitritos en el sistema de Biofloc con melaza.**

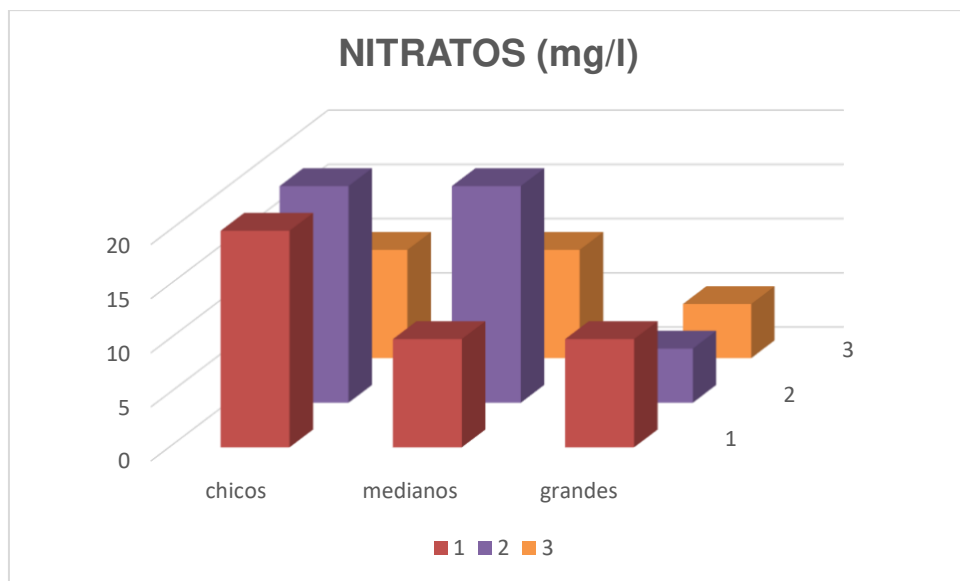




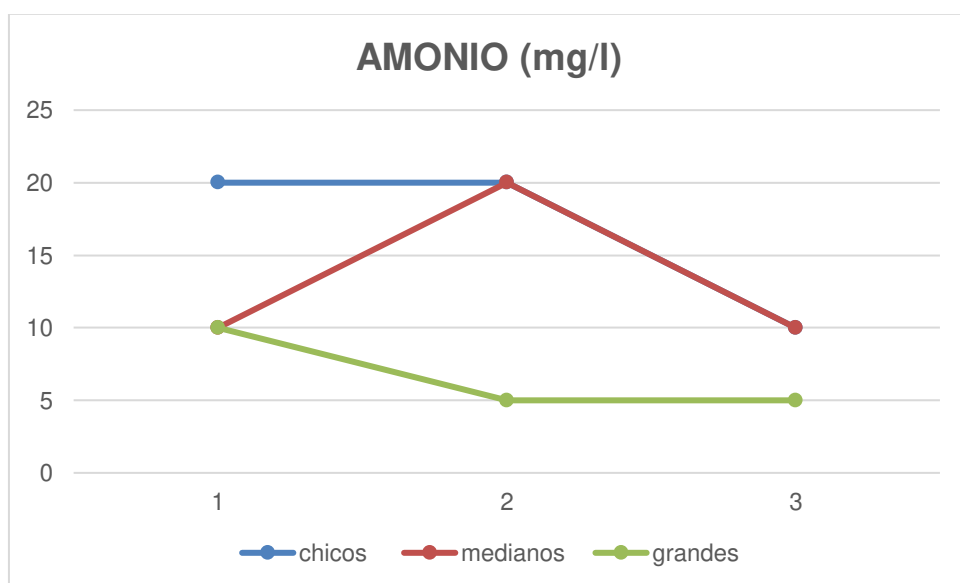
**Figura 11. Cantidad de nitritos en el sistema de Biofloc control.**



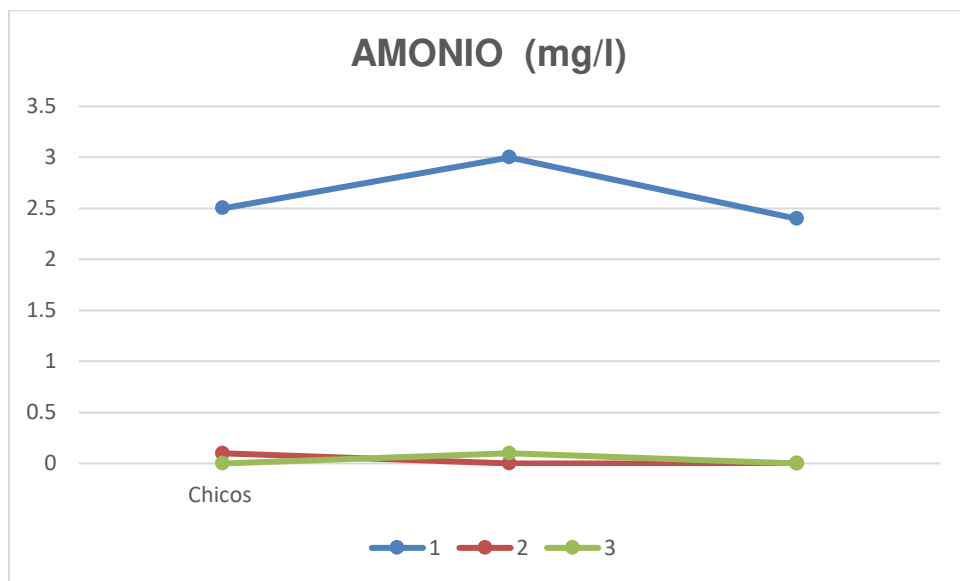
**Figura 12. Cantidad de nitratos en el sistema de biofloc con melaza**



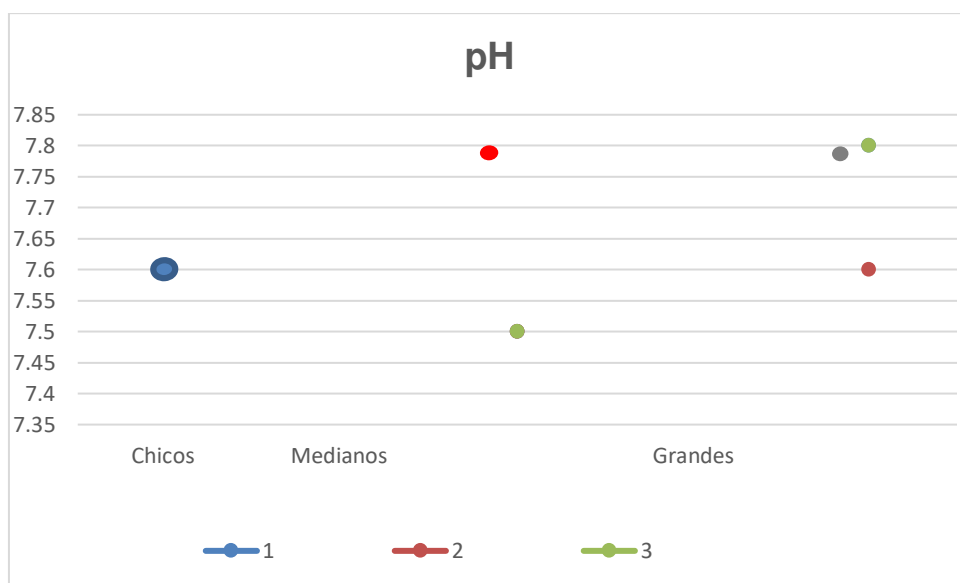
**Figura 13. Cantidad de nitratos en el sistema de biofloc control**



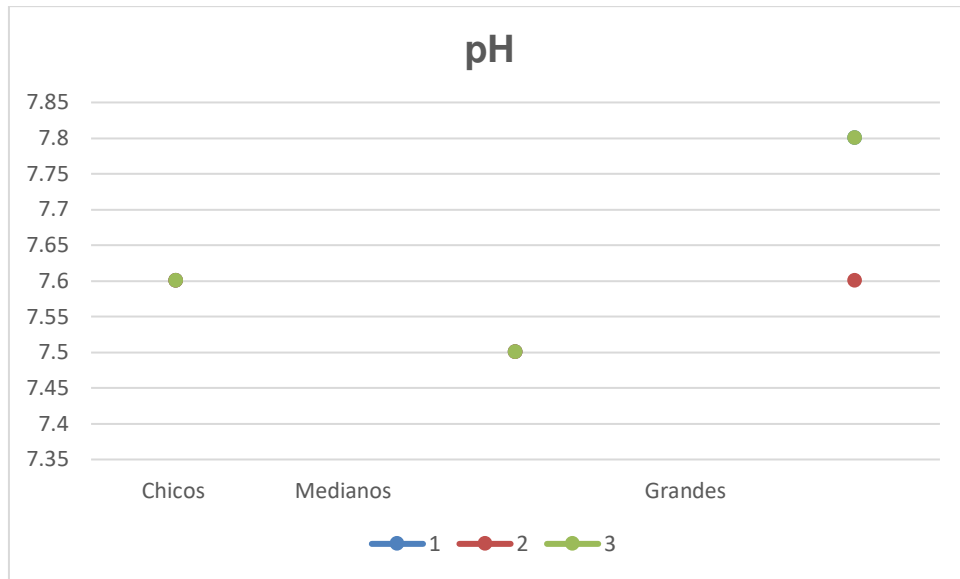
**Figura 14. Cantidad de amonio en el sistema de biofloc con melaza**



**Figura 15. Cantidad de amonio en el sistema de biofloc control**



**Figura 16. Cantidad de pH en el sistema de biofloc con melaza**



**Figura 17. Cantidad de pH en el sistema de biofloc control**