



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y
SU AMBIENTE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA.

PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Título

**“EFECTO DE UNA MEZCLA PROBIÓTICA EN EL CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA
DE *Oreochromis niloticus* EN UN SISTEMA BIOFLOC”**

QUE PRESENTA EL ALUMNO (A)

Nombre

LOYOLA CERVANTES CARLOS ALBERTO

Matrícula

2142035990

ASESORES

Dra. en C. Monroy Dosta Maria del Carmen.

M. en C. A. Becerril Cortés Daniel.

Laboratorio de Análisis Químico de Alimento Vivo

México, CDMX.

Abril, 2018

RESUMEN

En los últimos diez años la acuicultura en México ha tomado un mayor impulso registrando una tasa de crecimiento promedio anual del 15 %, llamando al país a convertirse en una potencia mundial en esta actividad, representando así la mayor parte de la producción piscícola nacional (SAGARPA, 2017). Por su parte la producción de tilapia está destinada al repoblamiento de embalses y al consumo humano, en este último aspecto, esta especie ha resultado ser un componente clave para la economía de algunas regiones de México debido a las cualidades que presentan estos organismos. De igual forma, otra característica que le ha brindado una ventaja al cultivo de tilapia es que puede desarrollarse en aguas poco oxigenadas (Saavedra, 2003), ofreciéndose como una alternativa real para ampliar la oferta de alimentos, contribuyendo a la seguridad alimentaria, generación de divisas y creación de fuentes permanentes de empleo (SAGARPA, 2017). En este sentido existen obstáculos que limitan considerablemente el éxito productivo, tal es el caso de las enfermedades infecciosas, la alta generación de desechos contaminantes y el uso de químicos y antibióticos de forma indiscriminada (Martínez et al., 2010), hoy en día existe interés por la obtención de cepas bacterianas probióticas, las cuales pueden ayudar a minimizar los procesos infecciosos mediante la exclusión de patógenos (Ponce et al., 2009), mejorando los ambientes de cultivo. Con base en lo anterior, la comunidad científica asegura que la manipulación controlada de las comunidades bacterianas puede en muchos casos ser benéfica en sistemas productivos (Emerenciano et al., 2014). Siendo este el caso para los sistemas Biofloc. En el presente estudio se compararon dos sistemas biofloc con diferentes condiciones de alimentación, dejando al descubierto que la adición de probióticos a los sistemas Biofloc mejora las condiciones del medio manteniendo los parámetros fisicoquímicos estables, a su vez aumenta la abundancia y diversidad bacteriana manteniendo porcentajes elevados en la sobrevivencia de la especie por encima del 90% con relación a un sistema de producción tradicional.

palabras clave: **biofloc, probiótico, tilapia y microorganismos.**

ÍNDICE

1.- Introducción.....

2.- Revisión de literatura.....

- 2.1.- Biofloc
- 2.2.- Relación C/N
- 2.3.- Crecimiento
- 2.4.- Probiótico

3.- Objetivos.....

- 3.1.-General
- 3.2.- Particulares

4.- Metodología.....

- 4.1.- Diseño experimental
- 4.2.- Obtención de peces y alimento
- 4.3.- Grupo control
- 4.4.- Biometría
- 4.5.- Supervivencia
- 4.6.- Calidad del agua
- 4.7.- Riqueza de microorganismos
- 4.8.- Análisis de datos

5.- Resultados.....

- 5.1.- Supervivencia
- 5.2.- Peso/talla
- 5.3.- Parámetros fisicoquímicos
- 5.4.- Análisis microbiológico

6.- Discusión.....

7.- Conclusiones.....

8.- Literatura.....

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en México ha tomado un mayor impulso con un crecimiento durante los últimos diez años a una tasa promedio de 3,44% anual, llamando al país a convertirse en una potencia mundial en esta actividad (SAGARPA, 2012). Requiriendo el continuo desarrollo de nuevas estrategias y alternativas para alcanzar la sustentabilidad.

Dicha actividad participa en la producción pesquera nacional con poco más de 15,83 % de la producción nacional; en el país existen alrededor de 56 mil acuicultores que operan nueve mil 230 granjas en las 32 entidades del país y la mayor cantidad de granjas acuícolas son de tilapia, con cuatro mil 623. La producción de tilapia está destinada al repoblamiento de embalses y al consumo humano, en este último aspecto, esta especie ha resultado ser un importante componente para la economía de algunas regiones de México debido a las cualidades que presentan estos organismos; Su carne es de excelente sabor, tiene un crecimiento acelerado, una gran resistencia física, alta capacidad reproductora y adaptación para vivir en condiciones de cautiverio, así como en estanques con alta densidad de organismos. Además, acepta una amplia gama de tipos de alimento, por lo que resulta altamente rentable. De igual forma, otra característica importante que le ha brindado una ventaja al cultivo de tilapia es que puede desarrollarse en aguas poco oxigenadas (Saavedra, 2003), ofreciéndose como una alternativa real para ampliar la oferta de alimentos, contribuyendo a la seguridad alimentaria, generación de divisas y creación de fuentes permanentes de empleo (SAGARPA, 2017).

En este sentido existen obstáculos que limitan considerablemente el éxito productivo, tal es el caso de las enfermedades infecciosas, la alta generación de desechos contaminantes y el uso de químicos y antibióticos de forma indiscriminada, lo que ha producido resistencia en las principales enfermedades bacterianas de peces y crustáceos en cultivo, por lo que los sistemas basados en microorganismos como control biológico representan una de las estrategias más viables para alcanzar la sustentabilidad en la acuicultura (Martínez *et al.* 2010).

Se ha reconocido que muchas cepas bacterianas tienen la capacidad de mejorar la calidad del agua por su gran capacidad de degradación de compuestos contaminantes, su habilidad de exclusión competitiva y la producción de pigmentos carotenoides, lo que puede mejorar la supervivencia, crecimiento, resistencia a enfermedades y la coloración de las especies cultivadas haciéndolas más atractivas al consumidor sin la necesidad de utilizar compuestos químicos o antibióticos tan dañinos en la producción acuícola. Hoy en día existe un gran interés por la obtención de cepas bacterianas probióticas, las cuales pueden ayudar a minimizar los procesos infecciosos mediante la exclusión de patógenos (Ponce *et al.* 2009), mejorando los ambientes de cultivo.

Por otra parte, en los últimos años se ha venido desarrollando un sistema de cultivo donde las comunidades microbianas que se desarrollan, tienen un papel predominante en el reciclaje de desechos derivados de la producción. Dicho sistema ha sido nombrado Biofloc (Sistema de suspensión activa o biofloc technology-BFT) el cual es un sistema novedoso de producción intensiva, que puede superar las dificultades de la actividad, generando el aumento de la biomasa por volumen de agua y disminuyendo el uso de la misma superando paradigmas de sustentabilidad (Avnimelech, 2009). Esta técnica 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 (Calloso, 2015).

En este sentido, el propósito de esta investigación es identificar los beneficios del sistema biofloc mediante los efectos de la mezcla probiótica, como una alternativa de producción para el cultivo de tilapia, evaluando la sobrevivencia y crecimiento de la especie en tratamiento y las condiciones ambientales del medio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Biofloc

Becerril *et al.* 2017, realizaron una revisión bibliográfica mediante bases de datos para proporcionar una visión general de la importancia nutricional y la función ecológica de los microorganismos dentro de un sistema biofloc. Describiendo las interacciones entre bacterias y fitoplancton resaltando la importancia de estos organismos en el mantenimiento de la calidad del agua al transformar la materia orgánica y mejorar la eliminación de residuos contaminantes como los compuestos nitrogenados, posteriormente mencionan la relevancia del zooplancton que se desarrolla dentro del sistema ya que representa un papel clave en la nutrición de los organismos cultivados, demostrando los beneficios en las tasas de crecimiento, en el factor de conversión y la reducción de los costos asociados a los alimentos comerciales. Mostraron que la fuente de carbono es la entrada principal para la operación del sistema biofloc, por lo que la selección de esta fuente puede causar variación en el valor nutricional y la composición taxonómica de bioflocs. demostrando que la calidad nutricional aportada por microorganismos asociado a Biofloc es comparable y / o superior con respecto a los alimentos comerciales en términos de proteínas y grasas, contribuyendo al contenido de carbohidratos y cenizas para su uso como alimento en la acuicultura.

Monroy *et al.* 2015, analizaron la importancia de las comunidades microbianas en sistemas con cero o ningún intercambio de agua (Biofloc), Mostrando que los microorganismos son la principal base para la transferencia de energía sirviendo como alimento natural *in situ* para las especies cultivadas mejorando la asimilación de nutrientes e inhibiendo la presencia de patógenos, generando un impacto positivo en la calidad del agua debido a la transformación de todos los residuos generados en estos sistemas. En otro estudio Monroy *et al.* 2013, identificó en la sucesión ecológica microbiana tres grupos principales de microorganismos asociados dentro del sistema biofloc, microalgas, protozoarios y rotíferos, organismos que producen actividades tanto autótrofas como heterótrofas, también procesos aerobios y anaerobios dando lugar a interacciones clave dentro del funcionamiento del sistema.

Castro *et al.* 2017, revisaron la presencia-abundancia de fitoplancton y zooplancton en los flóculos generados a partir de un sistema biofloc teniendo como fuente de carbono melaza y polvo de arroz. Para garantizar la formación de flóculos y el desarrollo de las comunidades de fitoplancton y zooplancton, mantuvieron una relación C/N=20:1. obteniendo con la melaza siete géneros de fitoplancton, correspondiendo al 35% del total; ciliados con 12 géneros correspondiendo al 60% y tan solo un género de rotífero 5%. Con melaza+pulido de arroz obtuvieron tres géneros de fitoplancton, correspondiendo al 27.27% del total; ciliados con cinco géneros correspondiendo al 45.45% y un 27.27% de rotíferos. 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, demostrando 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.

2.2 Relación C/N

Azim *et al.* 2008, reportan que la manipulación en la relación C:N añadiendo altos niveles de Carbono al sistema biofloc influye directamente permitiendo el desarrollo de bacterias heterótrofas (cianobacterias) necesarias para regular y controlar los niveles Nitrógeno (N), reduciendo las concentraciones de N inorgánico en la columna de agua y el N total de los sedimentos, promoviendo la calidad del agua.

Avnimelech 1999, reporta que niveles de nitrógeno dentro del sistema biofloc están mediados por los procesos de desnitrificación y descomposición, procesos que no se llevan a cabo de manera tan efectiva sin la participación de microorganismos heterotróficos. La presencia de amebas constituye también uno de los factores más importantes en la sucesión, ya que dichos organismos realizan una degradación de materia orgánica teniendo una influencia directa en el control de abundancia sobre microalgas (clorofitas, diatomeas y cianobacterias) y dando la pauta para la presencia de algunos protozoos. Ebeling *et al* 2006 mencionan que incluso algunos de ellos, transforman este compuesto para producir biomasa microbiana y permiten la generación de diversos protozoos en un corto tiempo en comparación con los sistemas convencionales.

2.3 Crecimiento

Avilés *et al.* 2017, compararon el aumento de peso de *Astronotus ocellatus* y *Danio rerio* cultivados directamente en un sistema biofloc suministrados con diferentes dietas, realizando una revisión biométrica quincenal de los organismos de ambas especies, tomando el peso total de la población para obtener la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y los valores de la tasa de crecimiento instantáneo (TCI). Concluyendo que este tipo de dietas es una mejor opción que los alimentos comerciales, señalando que los alimentos vivos enriquecidos con bacterias producidas en un sistema Biofloc, obtuvieron mejores resultados que los adicionados con una dieta de alimento comercial.

De Lara *et al.* 2017, reportaron el crecimiento y supervivencia de *Puntius conchonius* cultivado en un sistema biofloc. Montando ocho sistemas con 30 organismos cada uno garantizando una relación C/N 15:1, adicionando melaza y polvillo de arroz durante 12 semanas. Se observó que en el tratamiento con biofloc, los peces alcanzaron un crecimiento mayor que en los peces cultivados sin biofloc. El análisis de varianza señaló diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos solo con respecto a la variable longitud. Por todo lo anterior, la utilización del Biofloc como fuente de proteínas que se añaden a la dieta de *P. conchonius* 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 que se da en cultivos controlados.

Castro *et al.* 2016, realizaron una comparación de la longitud y peso en juveniles de *Carassius auratus* cultivados en un sistema biofloc. Utilizaron ciento veinte organismos juveniles, alimentados con dieta comercial (Wardley). Además, fueron suministrados con diferentes fuentes de carbohidratos: melaza, café y moringa seca en relación C/N de 20:1. Cada quincena se realizaron tomaron biometrías para obtener tasas de crecimiento e índice de condición instantáneos y absolutos hasta 120 días. concluyendo que la melaza como fuente de carbono tenía los mejores resultados en relación

peso/longitud con respecto al café y la moringa. La dieta control mostró los valores más bajos en longitud y peso.

2.4 Probiótico

Balcázar *et al.* 2006 y Boutin *et al.* 2013, mencionan que las características que deben tener los microorganismos considerados como probióticos son la capacidad de aumentar la asimilación de nutrientes y mejorar la actividad enzimática digestiva, que se refleja en el aumento de la supervivencia, talla y peso de los organismos cultivados.

Cuadro 2017, demostró que los Probióticos mejoran la calidad de suelo y agua al suministrar dicho probiótico en diferentes dosis durante catorce días, en cultivos de camarón midiendo crecimiento y supervivencia de los organismos. el uso de probióticos crea un entorno más favorable para la salud de peces y camarones, degradando y eliminando la materia orgánica residual de proteínas, carbohidratos y lípidos, disminuyendo y estabilizando amonios, fosfatos, sulfuros, fitoplancton, ayudando a incrementar el oxígeno disuelto. Aplicados directamente al alimento balanceado mejoran la microflora gastrointestinal, reducen trastornos digestivos, inhiben el crecimiento de patógenos, mejoran la digestión y el índice de conversión alimenticia (FCA) Teniendo como resultado final mejores cosechas y efluentes más limpios.

Ponce *et al.* 2016, evaluaron el efecto de la bacteria *Rhodococcus sp.* en el crecimiento, supervivencia y coloración de *Puntius conchonius*. Montaron seis acuarios con 50 organismos, alimentandolos con Artemia enriquecido con el probiótico *Rhodococcus sp.* a una concentración de 1×10^7 células por mililitro. Cada quince días, realizaron biometrías. Mostraron que la supervivencia fue del 100% en ambos tratamientos, pero en los peces alimentados con *Rhodococcus sp.* se observaron mejores resultados de crecimiento en longitud total, ancho y peso, en comparación con el grupo control. Con respecto a la coloración de peces, identificaron diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.035$), teniendo una mejor coloración en tejido de peces alimentados con probióticos, lo que demuestra que este género presenta enormes beneficios ya que no solo mejora los parámetros productivos, sino que también aumenta la coloración de los peces; aspecto fundamental para la comercialización de especies ornamentales.

3. OBJETIVOS

3.1 General

- Evaluar el efecto de una mezcla probiótica en el crecimiento y supervivencia en un cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* var. Stirling) dentro de un sistema biofloc utilizando harina de arroz como fuente de carbono.

3.2 Específicos

- Evaluar la supervivencia y tasa de crecimiento de tilapia en el sistema biofloc.

- Evaluar el efecto de la mezcla probiótica dentro del sistema biofloc.
- Evaluar el desarrollo de microorganismos en el sistema biofloc.

4. METODOLOGÍA

4.1 Diseño experimental

Se montaron tres sistemas biofloc para el cultivo de tilapia en el Laboratorio de Análisis Químico de Alimento Vivo de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco. bajo condiciones ambientales controladas, como contenedor se utilizaron tinacos de 80 litros de capacidad que fueron llenados con agua corriente, se les colocó en el fondo un difusor de aire permanentemente activo para garantizar el movimiento y resuspensión continua de partículas, además de proveer oxígeno a los peces.

4.2 Obtención de peces y alimentación

Los peces utilizados se obtuvieron de un centro productor de tilapia de la Ciudad de México. Se midieron y pesaron para obtener la biomasa inicial y con ello calcular la cantidad diaria de alimento requerido considerando el 10% de su peso (alimento comercial para tilapia, Pedregal®); Además, para promover la formación de flóculos ricos en microorganismos se calculó la dosis diaria de harina de arroz necesaria como fuente de Carbono (C) para alcanzar una relación Carbono:Nitrógeno (C:N) 15:1, utilizando la fórmula de cálculos de exigencia recomendada por (Avnimelech, 2006). Dos veces por semana, se suministraron 1.5 ml de la mezcla probiótica.

4.3 Grupo control

Paralelamente al grupo experimental, se montaron los cultivo control, con las mismas características técnicas y ambientales pero que únicamente se mantuvieron con la adición de alimento comercial para tilapia, Pedregal®, considerando el 10% de su peso corporal y el suministro diario de harina de arroz como fuente de carbono (C) manteniendo la misma relación Carbono:Nitrógeno 15:1.

4.4 Biometría

Cada 15 días se llevó a cabo una biometría a los peces utilizando Vernier y balanza digital; obteniendo las medidas de peso y longitud total de cada uno de los ejemplares; con estos datos se obtuvo el crecimiento absoluto (CA) y crecimiento relativo (CR), así como las tasas de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) (Busacker *et al.* 1990); con base en ellas se realizó un ajuste en las cantidades de alimento y fuente de C aplicables.

4.5 Sobrevivencia

Se realizó un análisis para obtener la tasa de sobrevivencia utilizando la fórmula: (Uribe *et al.* 2003)

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{\text{Número de peces sobrevivientes}}{\text{Número de peces iniciales}} \times 100$$

4.6 Calidad del agua

Cada quincena se tomó una muestra de agua de cada contenedor de producción para analizar los parámetros de calidad del agua: Amonio (NH_4^+ , mg/L), Nitratos (NO_3^- , mg/L) y Nitritos (NO_2^- , mg/L), para lo cual se utilizó un kit de acuario. Se realizó también la medición de pH y temperatura con un dispositivo multiparamétrico.

4.7 Riqueza de microorganismos

En cada evaluación quincenal se llevó un registro de los microorganismos asociados a los flóculos. observados mediante microscopía óptica; dicha identificación se realizó con bibliografía especializada (Aladro, 2009).

4.8 Análisis de datos

Toda la información generada se registrara en una base de datos en Excel (2016) y será analizada para calcular las varianzas en peso y talla de los peces en tratamiento y del grupo control, mediante el uso del programa Systat® 13.1.

5. RESULTADOS

5.1 Sobrevivencia

5.2

Los siguientes valores (figura 1) corresponden al promedio del porcentaje de sobrevivencia obtenido en los tratamientos control y los tratamientos adicionados con la mezcla probiótica, mostrando un aumento significativo en los valores de los tratamientos adicionados con un valor de 0.01764 para P entre la primer medición y la última realizada en la quincena seis, obteniendo también 2.5705 como valor crítico de t.

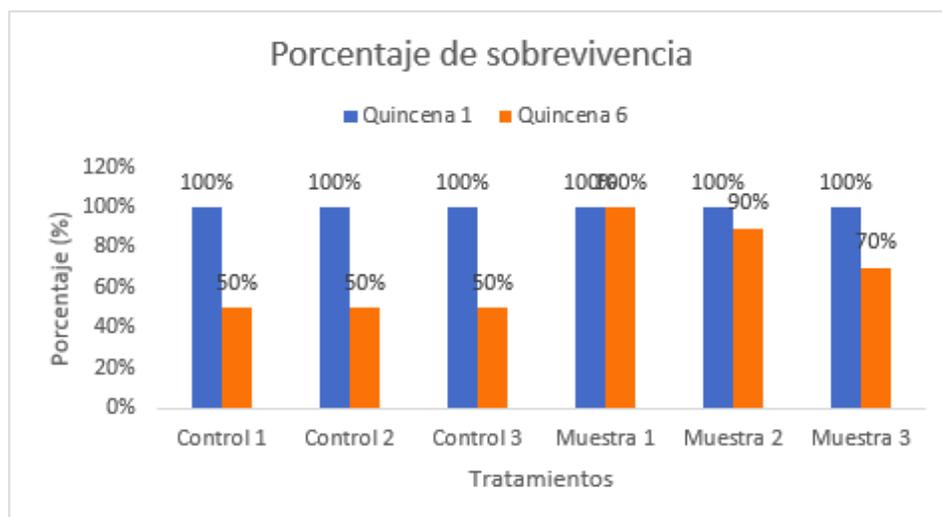


Figura 1. Comparación del porcentaje de sobrevivencia entre control/tratamiento.

5.3 Peso/talla

Las siguiente figura dos nos muestra los valores registrados para el peso inicial y final de los peces, comparando las muestras control contra las muestras adicionada con la mezcla probiótica, evidenciando una diferencia proporcional para la medición quincenal número seis, obteniendo como la diferencia más amplia entre la primer y última medición el valor de 2.396 gr para el tratamiento uno, en comparación con la diferencia obtenida para el control número tres con un valor de 1.016 gr. Realizando el análisis de datos para P y t se obtuvieron los valores de 0.0020 y 2.5705

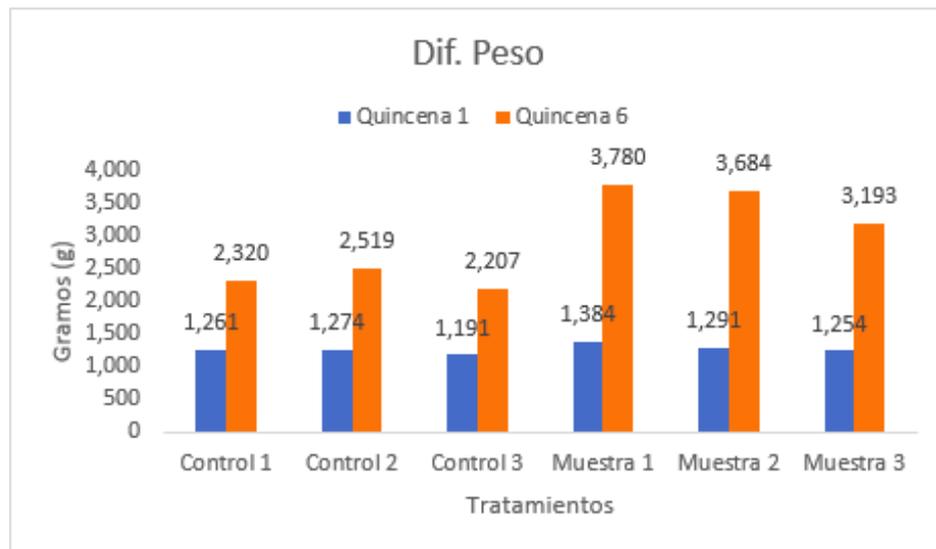


Figura 2. Comparación en peso de los peces control/adicionados.

La figura tres contiene los valores registrados para el parámetro longitud inicial y final de los peces nuevamente comparando los tratamientos control contra los tratamientos adicionados con la mezcla probiótica *Bacillus sp* y *Rhodococcus sp*, mostrando un incremento proporcional en los tratamientos con adición tomando en cuenta los datos anteriores de sobrevivencia con una diferencia promedio de 28.592 mm entre la primer y última medición, en comparación con la diferencia promedio calculada para los tratamientos control con un valor de 13.517 mm. Mostrándose como la diferencia más amplia entre la primer y última medición el valor 29.850 mm para el tratamiento uno, en comparación con 12.832 mm de diferencia para el tratamiento control número dos. Obteniendo también los valores de 0.0029 y 2.4469 para P y t respectivamente.

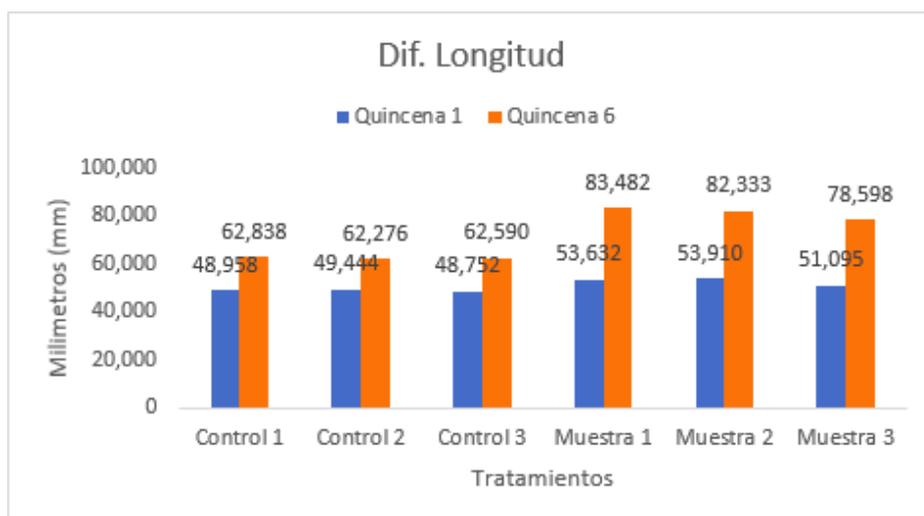


Figura 3. Comparación en longitud de los peces control/adicionados.

Los valores promedio totales de peso/longitud obtenidos para los peces bajo una dieta con harina de arroz como fuente de carbono y la adición de la mezcla probiótica muestran un incremento considerable no así una diferencia significativa al compararse con los mismos valores obtenidos para nuestros tratamientos control a los cual se le suministro solo un alimento comercial en adición con harina de arroz, jamas superando las 20 unidades de medición, con un promedio de diferencias en peso y longitud de 15.076 gr y 1.125 mm entre los controles y los tratamientos adicionados, como se muestra en la siguiente gráfica.

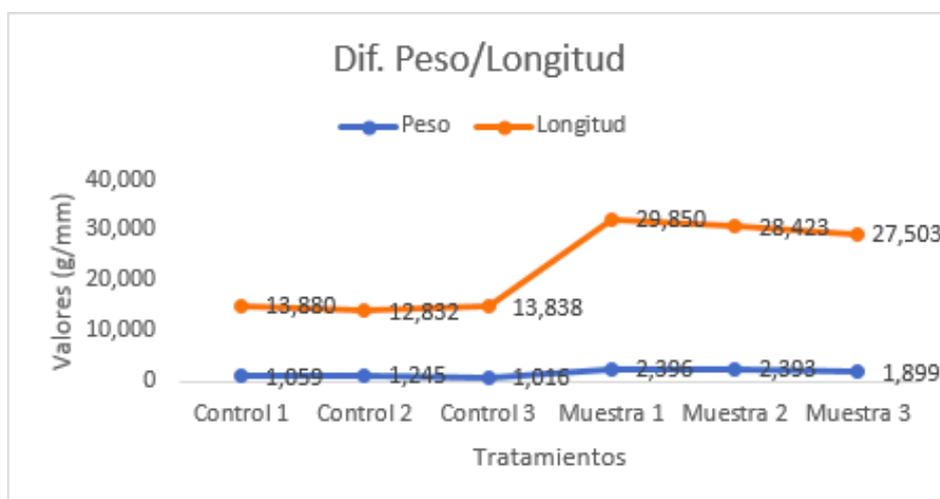


Figura 4. Comparación de las diferencias peso/longitud entre la primera y última medición.

5.4 Parámetros fisicoquímicos

Las siguientes figuras muestran los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos correspondientes a la presencia/concentración de nitrógeno en el agua de la muestra control comparada con la muestra adicionada con harina de arroz y la mezcla probiótica.

Los siguientes valores corresponden a las concentraciones de amonio obtenidas en las muestras control y las adicionadas con la mezcla probiótica, mostrando una variación elevada sólo en los

tratamientos adicionados con una diferencia promedio de 0.06 mg/L, la concentración de amonio se mantuvo estable para los tratamientos control con una diferencia promedio entre la primer y última medición de apenas 0.07 mg/L, como se muestra en la figura cinco.

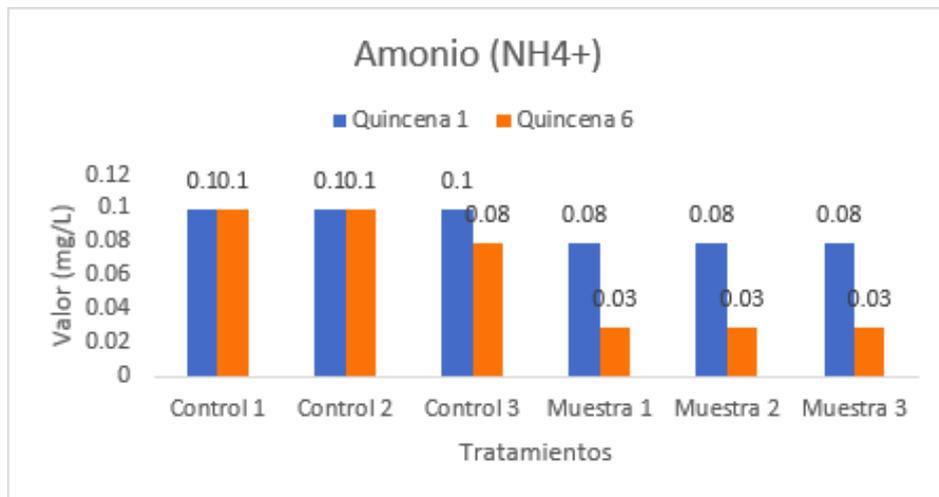


Figura 5. Valores de amonio, tratamientos control/mezcla probiótica.

En la siguiente gráfica (figura 6) se observan los valores obtenidos para la concentración de nitratos en los tratamientos control y los adicionados con harina de arroz en complemento con la mezcla probiótica (*Bacillus sp* y *Rhodococcus sp*), mostrando nuevamente las más amplias variaciones en los tratamientos adicionados con una diferencia promedio de 0.4 mg/L entre los datos registrados para la primer quincena y la sexta. Concentración que se mantuvo estable en los tratamientos control con una diferencia promedio de 0.2 mg/L entre las mismas fechas de medición.

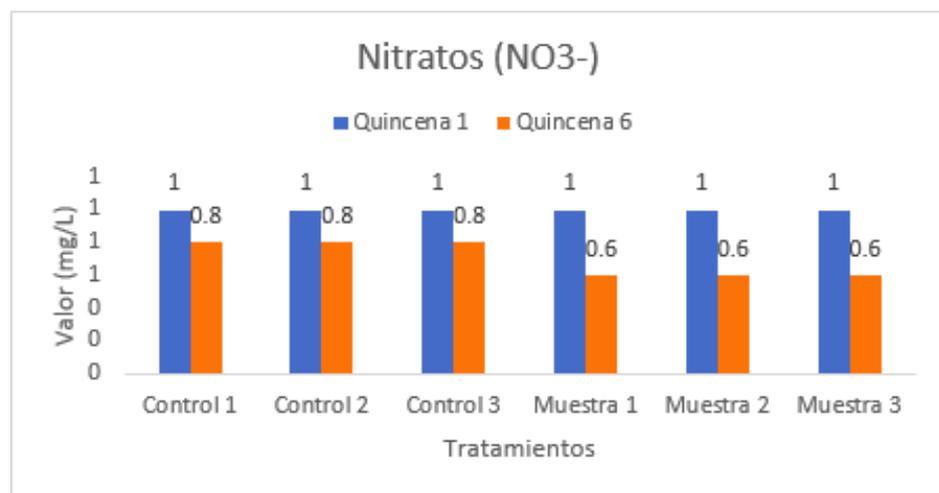


Figura 6. Valores de nitratos, tratamientos control/mezcla probiótica.

La figura siete contiene los valores obtenidos para las concentraciones de nitritos en los tratamientos control y los adicionados con la mezcla probiótica en conjunto con harina de arroz, mostrando valores de variación mayores en los tratamientos adicionados en comparación con los tratamientos control con valores promedio de 0.4 y 0.2 respectivamente.

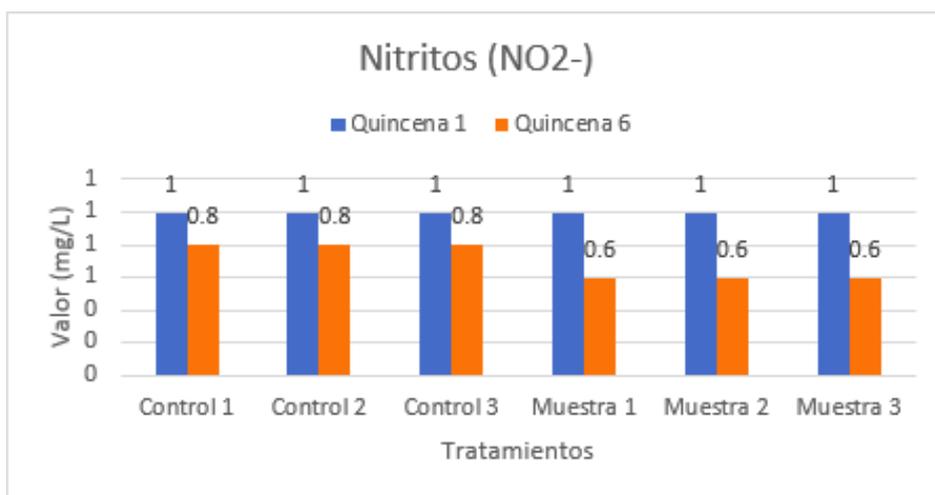


Figura 7. Valores de nitritos, tratamientos control/mezcla probiótica.

La figura ocho muestra los valores obtenidos para pH, siendo constantes para los tratamientos con adición probiótica a lo largo de las seis quincenas de experimentación, existiendo una muy baja variación que no superó una unidad de medición para los tratamientos control. Los tratamientos adicionados mantuvieron siempre una concentración de pH alcalina con valores estándar de 7.3 mientras que los tratamientos control mostraron concentración de alcalina a ácida con valores máximos de 7.3 y 6.6 respectivamente.

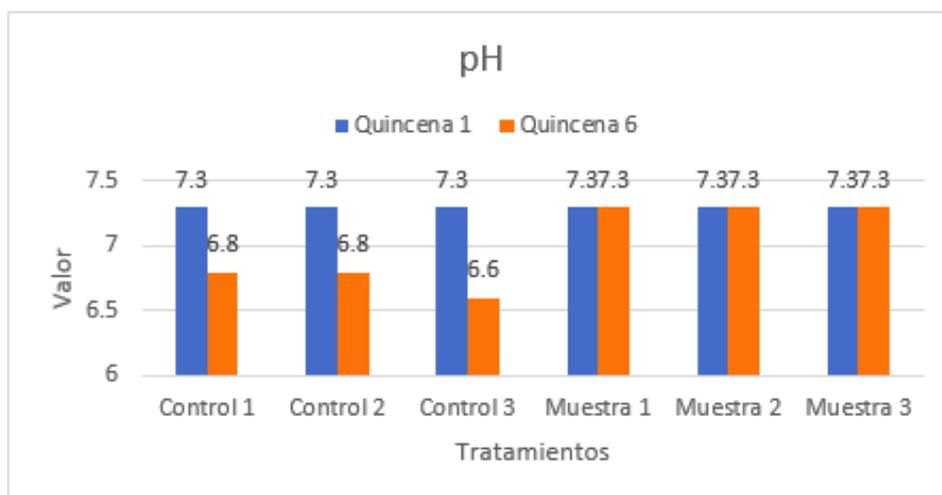


Figura 8. Valores de pH, muestras control/mezcla probiótica.

7.4 Análisis microbiológico.

La siguiente tabla contiene los valores obtenidos para la presencia de microorganismos dentro de un sistema biofloc control adicionado con harina de arroz como fuente de carbono y un sistema tratamiento complementado con una mezcla probiótica, mostrando la presencia de microalgas como clorofitas en ambos sistemas para la primer revisión, para la segunda revisión el sistema tratamiento mostró el desarrollo de cianobacterias y la poca pero positiva presencia de amebas en comparación con los controles que presentaron baja presencia de diatomeas, en la siguiente revisión las muestras tratamiento con adición probiótica mostraron un completo desarrollo con la presencia de organismo rotíferos como clímax dentro del sistema, mientras los controles se mantienen con niveles bajos en

presencia de cianobacterias, alcanzando hasta la revisión cuatro los mismos niveles en presencia de organismos no así en cantidad ni actividad metabólica de los mismos.

Columnal	Control (Q1)	Tratamiento (Q1)	Control (Q2)	Tratamiento (Q2)	Control (Q3)	Tratamiento (Q3)	Control (Q4)	Tratamiento (Q4)	Control (Q5)	Tratamiento (Q5)	Control (Q6)	Tratamiento (Q6)
Clorófitas	-/+	+	+	+	+	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Diatomeas	-	+	-	+	+	+	+	+/-	+	+/-	+/-	+/-
Cianobacterias	-	-	-	+	-/+	+	+	+	+	+	+	+
Amebas	-	-	-	-/+	-	+	+	+	+	+	+	+
Ciliados	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
Rotíferos	-	-	-	-	-	+	-	+	-/+	+/-	+/-	+/-

Tabla 1. Presencia de microorganismos en los flóculos (muestras control y tratamiento por quincena).

Dónde:

(Q) = quincena

(+) = Presencia

(-) = Ausencia

(+/-) = Disminución

(-/+)= Aumento

6. DISCUSIÓN

La adición de la mezcla probiótica *Bacillus sp* y *Rhodococcus sp* a los sistema biofloc tratamiento, mejoran las condiciones del medio aunado a la proliferación y dinámica microbiana, contribuyendo a que los valores de sobrevivencia se mantengan por encima de un 80%, dicha dinámica es mencionada por Avilés *et al.* 2017 y De Lara *et al* 2017, quienes describen que el acelerado desarrollo de microorganismos como alimento vivo en el medio se representará en una tasa de sobrevivencia mayor en comparación con un sistema de producción convencional. Así mismo Azim *et al* 2008 y Avnimelech 1999, resaltan la importancia de dichas dinámicas microbianas al demostrar que el desarrollo temprano de cianobacterias en los medios controla los niveles de nitrógeno, reduciendo las concentraciones de este elemento, alcanzando niveles óptimos en los valores de biomasa, así como manteniendo niveles estables en pH, promoviendo también la calidad del agua.

En comparación con lo reportado por Castro *et al* 2016, quien menciona que los sistemas biofloc (tradicionales) a base de alimento comercial más la adición de una fuente de carbon mejoran la sobrevivencia de los organismos, y coincidiendo con lo mencionado por Balcázar *et al* 2006 y Boutin *et al* 2013, al reportar un incremento significativo de sobrevivencia para las muestras tratamiento biofloc adicionadas con una mezcla probiótica (86%) en comparación con las muestras control bajo un sistema biofloc tradicional (50%).

Por su parte se difiere con lo reportado por Becerril *et al.* 2017, Balcazar *et al.* 2006 y Boutin *et al.* 2013, al no presentaron diferencias significativas en peso y talla de los peces tomando en cuenta la mortalidad ya que el grupo control y el tratamiento presentan proporcionalmente datos similares y nuevamente solo se generaron datos positivos en cuanto a la sobrevivencia ya que el tratamiento uno presentó un 100% de sobrevivencia con respecto al control, lo que coincide con Cuadro 2017, quien menciona que la adición de probiótico al sistema inhibe el crecimiento de patógenos. Así la calidad

del medio si es reflejo de la sobrevivencia y la adición de probióticos crea un entorno más favorable para la salud de los organismos.

Por otra parte, las comunidades microbianas desarrolladas en cada sistema presentaron niveles diferenciados en tiempo debido a las condiciones que la adición probiótica género, ya que los sistemas adicionados con *Bacillus sp* y *Rhodococcus sp* presentaron un efecto positivo en desarrollo de microorganismos asociados a flóculos, siendo este desarrollo dos veces más rápido que el control, coincidiendo con lo reportado por Monroy et al. 2015 y Castro et al 2017, quienes analizaron la importancia de las comunidades microbianas en sistemas con ningún recambio de agua (Biofloc), Mostrando que los microorganismos son la principal base para la transferencia de energía sirviendo como alimento natural *in situ* para las especies cultivadas mejorando la asimilación de nutrientes e inhibiendo la presencia de patógenos, generando un impacto positivo en la calidad del agua debido a la transformación de todos los residuos generados en estos sistemas. Demostrando así la importancia no solo biológica sino económica de mantener estos sistemas de alimento vivo en comparación con los alimentos comerciales.

Del mismo modo la adición de los probiótico *Rhodococcus sp* y *Bacillus sp* mejoran la calidad del agua reduciendo la cantidad de nitrógeno en medio debido a su capacidad para transformar compuestos nitrogenados en compuestos más simples para ser asimilados, acción que se evidencio mediante la medición del desarrollo microbiano, cuyo clímax está asociado a las diferentes condiciones y etapas que medio presenta, coincidiendo con lo reportado por Chen et al. 2012, quien demostró la reducción de nitrógeno amoniacal con la adición de *Rhodococcus sp* y otras especies bacterianas con funciones similares, como *Bacillus sp* y *Pseudomona alcaligenes*.

7. CONCLUSIONES

El presente estudio deja al descubierto que la adición de probióticos al los sistema Biofloc mejora las condiciones del medio manteniendo los parámetros fisicoquímicos estables, a su vez aumenta la abundancia y diversidad bacteriana manteniendo porcentajes elevados en la sobrevivencia de la especie por encima del 80% con relación a un sistema de producción tradicional.

Por otra parte, la presencia de microorganismos genera un efecto positivo, mejorando la calidad de agua y el desarrollo de los organismos debido a la transformación de todos los residuos generados en estos sistemas, sin embargo, la talla y peso de los peces no se ve afectadas por la adición de probiótico, no obstante, los grupo que estuvieron expuesto a estos presentaron mayor vigor y más viveza, mostrando que los microorganismos son la principal base para la transferencia de energía sirviendo como alimento natural *in situ* para las especies cultivadas mejorando la asimilación de nutrientes. No se obtuvieron diferencias significativas para la talla y peso entre ambos grupos, debido probablemente a que ambos se registró la presencia de bacterias con potencial probiótico, como lo es el género *Bacillus*.

De igual manera, la presencia de *Rhodococcus sp*. en el grupo adicionado con probióticos mejoró la calidad del agua ya que se redujeron las tasas de nitrógeno amoniacal debido a su capacidad para transformar compuestos nitrogenados, no obstante, existe la posibilidad de que al haber agregado los

probióticos juntos se inhibieron uno al otro ocasionando los resultados anteriores, es por eso que se necesitan más estudios para corroborar la acción probiótica por separado.

8. REFERENCIAS

1. SAGARPA 6° Informe de Labores. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/Informe/documentos/sexta/6_informe_SAGARPA.pdf
2. Saavedra, M. A. Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua, 2003.
3. SAGARPA, Proyecto estratégico para la seguridad alimentaria (PESA). Dirección general de programas regionales y organización rural. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/MICROSITIO%20PESA/Que%20es%20el%20PESA.pdf>. 20 de septiembre 2017.
4. Martínez CLR, Martínez PM, López EJA, Campaña TCA, Miranda BA, Ballester E, Porchas CMA, Martínez-Córdova L. Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada. En: Cruz-Suarez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Nieto-López MG, Villarreal-Cavazos DA, Gamboa-Delgado J. (Eds). Avances en nutrición Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Alimento natural en acuicultura: Nutrición Acuícola, 8-10 de noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 668-699, 2010.
5. Ponce GCV, Monroy DMC, Becerril CD, Castro JM, Ocampo CJA. Potencial uso de *Rhodococcus spp* en la acuicultura. En prensa. Newaj-Fyzul, A., *et al.*, Review: Developments in the use of probiotics for disease control in aquaculture, Aquaculture, 2016.
6. Avnimelech, Y. Biofloc technology: a practical guide book. 2d ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, 2009.
7. Calloso L. Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. Una revisión. Fundación Orinoquia, Puerto Carreño, Vichada - Colombia, 2015.
8. Becerril CD, Monroy DMC, Coelho EMG, Castro MG, Cienfuegos MK, De Lara AR. Nutritional importance for aquaculture and ecological function of microorganisms that make up Biofloc, a review, International Journal of Aquatic Science Vol. 8 No. 2 69-77, 2017.
9. Monroy DMC, Rodríguez MGA, Castro MJ, Castro MG, Becerril CD. Importance and function of microbial communities in aquaculture systems with no water exchange, Scientific Journal of Animal Science Vol. 4 (9), 103-110, 2015.
10. Monroy DMC, Lara AR, Castro MJ, Castro MG, Coelho EMG. . Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 48: 511-520, 2013.
11. Castro MG, De Lara AR, Monroy DMC, Maya GS, Castro MJ, Jiménez PF. 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. Revista Digital E-Bios Departamento El Hombre y su Ambiente Vol. 1 (13), 33-42, 2017.
12. Azim ME, Little DC. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 283:29–35, 2008.
 13. Avnimelech Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, 1999, 176: 227- 235.
 14. Ebeling JM, Timmons MB, Bisogn JJ. . Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture, 257: 346–358, 2006.
 15. Avilés LJA, Castro CAE, Polo HA, Trejo HMF, Castro MJ, Castro MG. Comparison of weight gain of *Astronotus ocellatus* and *Danio rerio* cultured directly in Biofloc system and live food diet enriched with heterotrophic bacteria. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies Vol. 5 (5), 372-377, 2017.
 16. De Lara AR, Castro MG, Monroy DMC, Castro MJ, Ocampo CJA, Dávila SF. Crecimiento y supervivencia de *Puntius conchonius* (Hamilton, 1822) cultivado en un sistema Biofloc. Revista digital E-Bios Departamento El Hombre y su Ambiente. Vol. 1 (13), 43-53, 2017.
 17. Castro MG, Castro MJ, De Lara AR, Monroy DMC, Ocampo CJA, Davila FS. Length, weight and condition factor comparison of *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) juveniles cultured in biofloc system. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies Vol. 4 (6), 345-350, 2016.
 18. Balcázar JL, De Blas I, Ruiz ZI, Cunningham D, Vendrell D, Múzquiz JL. . The role of probiotics in aquaculture. Vet. Microbiol., 173-186, 2006.
 19. Boutin S, Audet C, Derome N. Probiotic treatment by indigenous bacteria decreases mortality without disturbing the natural microbiota of *Salvelinus fontinalis*. Can. J. Microbiol., 59: 1-9, 2013.
 20. Cuadro AW. THE USE OF PROBIOTICS IN AQUACULTURE Methodology application practical and simple. Disponible en: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1487/1826>.
 21. Ponce GCV, Monroy DMC, Ramirez TJA, Ocampo CJA, Castro MJ. *Rhodococcus* sp. as probiotic bacteria for increase the survival, growth and coloration of fish *Puntius conchonius*, Scientific Journal of Animal Science Vol. 5 (12), 370-375, 2016.
 22. Avnimelech Y. Biofilters: the need for a new comprehensive approach. Aquaculture Engineering, 34:172-178, 2006.
 23. Busacker PG, Adelman RI, Goollish. Growth. En: Schreck B. C., Moyle B. P. Methods for Fish Biology. American Fisheries Series 13. Great Britain, 363-387, 1990.
 24. Uribe AE, Luna FJ. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías de bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. Revista Aquatic, 18: 39-47, 2003.
 25. Aladro MA. Manual de prácticas de laboratorio de protozoos. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, 2009, 124.
 26. Chen, P.J.L., Li, Q.X., Wang, Y., Li, S., Ren, T., Wang, L. (2012). Simultaneous heterotrophic nitrification and aerobic denitrification by bacterium *Rhodococcus* sp. Bioresource Technology. pp. 266–270.