



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



“Aplicación de la Tecnología BIOFLOC en cultivo intensivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), en tinas circulares”

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ACUACULTURA**

**PRESENTA:
CARLOS ALFREDO LANDERO PÉREZ**

**DIRECTOR
M.P.A.T. ÁLVARO HERNÁNDEZ SOSA**

**CODIRECTOR
M.C. LUIS MANUEL GÓMEZ DÍAZ DURÁN**

Junio de 2017

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

Asunto: Autorización de Impresión de
Trabajo Recepcional bajo la

Modalidad de: Tesis.

Fecha: 25 de abril de 2017.

LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON,
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y
TITULACIÓN DE LA UJAT.
P R E S E N T E.

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), informo a usted, con base al artículo 86 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza** al (la) **C. Carlos Alfredo Landero Pérez**, con **matrícula 102C15003**, egresado(a) de la Licenciatura de **Ingeniería en Acuicultura**, de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, **la impresión de su trabajo recepcional** bajo la modalidad de **Tesis**, Titulado: **"Aplicación de la Tecnología BIOFLOC en cultivo intensivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), en tinas circulares"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DR. ROBERTO FLORES BELLO
DIRECTOR

C.c.p.- Expediente Alumno.

Archivo

DR.RFB/MC.AMA

Miembro CUUMEX desde 2008

Consortio de
Universidades
Mexicanas

UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Km 25 de la carr. fed. 195, tramo Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Tel. (+52 993) 3581500-Ext. 6614

Correo electrónico: terminalesdaca@gmail.com

www.ujat.mx

www.facebook.com/uiat.mx | www.twitter.com/uiat | www.youtube.com/UJATmx

CARTA DE AUTORIZACIÓN

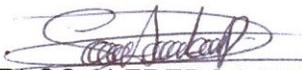
El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice física como digitalmente el siguiente trabajo de desarrollo tecnológico denominado “ **Aplicación de la Tecnología BIOFLOC en cultivo intensivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tinas circulares**” del cual soy autor y titular de los derechos de autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco del desarrollo tecnológico antes mencionado, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro, autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación del trabajo antes mencionado.

Se firma la presente autorización en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco a los 08 días del mes de mayo de 2017.

AUTORIZO



IAC. CARLOS ALFREDO LANDERO PÉREZ

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para dos grandes personas, dos seres que a través de sus esfuerzos paso a paso, me enseñaron a luchar por aquellos sueños que un día iniciaron y que hoy ha sido logrado. Con su humildad me enseñaron a caminar para alcanzar el éxito, con sacrificio a valorar cada instante del tiempo, y con su amor a seguir de pie en cada instante, agradezco a Dios por tener a estas dos bellas personas con salud y a mi lado para disfrutar del fruto de cada uno de los sacrificios que vivieron junto a mí.

Sí, a ti Mamá; **ISIDRA PÉREZ RUIZ** y a ti Papá:
JOAQUIN LANDERO LANDERO.

Los dos pilares que me ayudaron a mantenerme de pie, a luchar y ser capaz de lograr mis sueños, hoy he logrado lo que tanto con gran anhelo perseguía y ustedes con su fortaleza me ayudaron a ser quien hoy soy.

Mis logros serán siempre sus logros y mis esfuerzos se mantendrán con amor a ustedes porque en agradecimiento disfrutarán de mis grandes éxitos, éxitos que deseo mantener por siempre.

La humildad es la base de cualquier esperanza y de ustedes lo aprendí, las dificultades son parte del proceso y de grandes personas lo adquirí, pero la esperanza de ti Mamá y de ti Papá nunca la perdí.

SU HIJO: CARLOS ALFREDO LANDERO PÉREZ

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por a verme permitido mantenerme siempre con salud, y lograr con éxitos el término de mis estudios.

A mis hermanos, que tanto en las situaciones difíciles como buenas estuvieron con migo, apoyándome en aquellas ausencias en las cuales mis padres no podían, pero que siempre eran nuestras principales guías.

A los maestros que en las aulas me acompañaron y enseñaron todos aquellos conocimientos necesarios, formándome como persona profesional, responsable, y con bases de conocimientos para lograr éxitos en el campo laboral.

En especial a profesores como: **M.P.A.T. ÁLVARO HERNÁNDEZ SOSA** quien me apoyo en asesorías para la elaboración de la Tesis como Director y por la enseñanza compartida en las aulas.

Al **M.C. LUIS MANUEL GÓMEZ DÍAZ DURÁN**, quien me guio en las partes metodológicas, estadísticas como Codirector y quien fue el que apoyo con la parte del financiamiento económicamente para poder llevar acabo el termino de mi trabajo de Tesis con éxito.

A los maestros quienes participaron como comisión revisora de mi trabajo, quienes con sus opiniones me enseñaron mejorar muchas de las cualidades y conocimiento con énfasis a redacciones, que en el transcurso del trabajo a prendí para una mejora.

Profesor como el **M.C. Mario Fernández Pérez**, quien con sus enseñanzas y consejos me ayudo a desempeñarme en el área laborar, con algunas de sus técnicas y experiencias en el área de producciones en lo que es referente al tema de la Acuacultura.

A **M.C. Serapio López Jiménez**, profesor quien con sus prácticas y enseñanzas en el tema de la sanidad en peces, me permitió obtener y aprender conocimientos para enfrentar pequeños episodios importantes en el área de producción Acuícola.

Así también agradezco a dos grandes amigos, **Agustín Carrera Patricio** y **Arturo Ismael Miranda García**, que a través de su colaboración y esfuerzo apoyaron para alcanzar la meta de este trabajo.

Y así también a todos los maestros que durante toda la carrera fueron parte fundamental y claves para lograr y obtener todos aquellos conocimientos, para lograr ser una persona con conocimientos amplios en el área de la Acuicultura.

Por eso le agradezco, sus consejos, opiniones, y mejoras durante todo el tiempo que llevo mi formación profesional.

GRACIAS, MAESTROS...

DIOS BENDIGA A TODOS.

ÍNDICE

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS.....	i
CARTA DE AUTORIZACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- ANTECEDENTES	3
3.- JUSTIFICACIÓN	6
4.- OBJETIVOS.....	7
4.1.- Objetivo general:	7
4.2.- Objetivos específicos:	7
5.- HIPÓTESIS	7
6.- MATERIALES Y MÉTODOS	8
6.1.- Descripción del sitio:	8
6.2.- Diseño experimental:	8
6.3.- Seguimiento al cultivo:	10
6.4.- Análisis estadístico	12
7.- RESULTADOS	13
7.1.- Parámetros fisicoquímicos.....	13
7.2.- Parámetros de crecimiento en los organismos durante el cultivo:.....	15
7.3.- Alimento consumido	18
7.4.- Incremento en peso	19
7.5.- Factor de conversión alimenticia (FCA).....	20
7.6.- Volumen de agua eliminado	22
8.- DISCUSIÓN	23
9.- CONCLUSIONES	27
10.- LITERATURA CITADA	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.- Porcentajes de alimentación utilizado (Nicovita, 2007).	9
Tabla II.- Información de los tratamientos utilizados durante el ensayo	10
Tabla III.- Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura, oxígeno disuelto, pH, Amonio, nitrito y nitratos registrados.	13
Tabla IV.- Datos del desempeño productivo de los peces cultivados.....	16
Tabla V.- Tasa específica de crecimiento (TCE) durante el cultivo.	16
Tabla VI. - Alimento consumido por tratamiento (cantidad en gramos).....	18
Tabla VII.- Incremento de Peso.....	19
Tabla VIII.- Factor de conversión alimenticia (FCA) por Tratamiento y biometría.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Variaciones diarias de oxígeno disuelto. Tratamientos T1 y B1.....	14
Figura 2.- Variaciones diarias de oxígeno disuelto. Tratamientos T2 y B2.....	14
Figura 3.- Tasa específica de crecimiento. Tratamientos T1 y B1.....	17
Figura 4.- Tasa específica de crecimiento. Tratamiento T2 y B2.	17
Figura 5.- Alimento proporcionado para los tratamientos T1 y B1.....	18
Figura 6.- Alimento proporcionado para los tratamientos T2 y B2.....	19
Figura 7.- Incremento en peso de los organismos. Tratamiento T1 y B1.	20
Figura 8.- Incremento en peso de los organismos. Tratamiento T2 y B2.	20
Figura 9.- Factor de conversión alimenticia. Tratamiento T1 y B1.	21
Figura 10.- Factor de conversión alimenticia. Tratamiento T2 y B2.	22

1.- INTRODUCCIÓN

El cultivo de tilapia se mantiene como el de mayor crecimiento dentro de la acuicultura mundial, en 2012 la producción fue de 4'207,900 toneladas (Fitzsimmons, 2013), la producción mundial de tilapia, mediante acuicultura solo es superada por la producción de ciprínidos.

Este crecimiento ha sido logrado en base al incremento de la superficie de cultivo e intensificando los sistemas de producción Acuícolas. Así ha traído como consecuencia un mayor consumo de recursos y por lo tanto, una mayor generación de elementos contaminantes, los cuales generan una opinión negativa sobre esta actividad, por parte de la sociedad.

Sin embargo, el requerimiento de productos de origen pesquero, derivado del crecimiento poblacional y del incremento per cápita del consumo, aunado al nulo crecimiento de la producción de captura, hace necesario que la producción mediante acuicultura siga aumentando, aunque utilizando esquemas de producción más “amigables” con el ambiente.

Durante los últimos años, se han implementado diferentes tecnologías acuícolas que permiten mantener altos volúmenes de producción, reduciendo considerablemente o en su totalidad, los efectos provocados al medio ambiente.

Los sistemas cerrados de producción intensiva se perciben como una alternativa para aumentar la producción de organismos acuáticos sin incrementar significativamente el uso de agua y tierras, lo que minimiza el impacto de la actividad acuícola sobre el ambiente (Serfling, 2006; Avnimelech, 2009).

Una alternativa, dentro de los sistemas cerrados de producción son los denominados “bioflocs”, tecnología que permite a los acuicultores mejorar sus estándares ambientales, la conversión del alimento, cultivo sin renovación de agua o prácticamente cero (Jorand *et al.*, 1995).

El biofloc es una tecnología emergente que puede ser utilizada para el cultivo de organismos acuáticos y que ha sido utilizada para el cultivo de tilapia en diversas partes del mundo, sin provocar efectos ambientales, pudiendo además reducir los costos de alimentación, ya que los flóculos producidos pueden ser utilizados por los peces para su alimentación (Avnimelech, 2009).

Sin embargo, a nivel regional esta tecnología no ha sido aplicada comercialmente, por lo que existe un vacío de información sobre la misma para poder ser aplicada por los productores regionales en beneficio de sus unidades de producción.

El biofloc tiene ventajas sobre otros sistemas cerrados de producción, ya que, con cero recambios de agua, se reducen los costos de bombeo, se conservan nutrientes en los tanques, se reduce el volumen de los efluentes, se previene la entrada de contaminantes biológicos y patógenos, y se minimiza el escape de los peces de cultivo al ambiente (Hargreaves, 2006).

El biofloc está constituido por agregados de bacterias heterótrofas, fitoplancton, zooplancton y hongos, entre otros microorganismos, los cuales, se desarrollan a partir de la materia orgánica disponible en el medio acuático. Las bacterias heterotróficas son pioneras en la conformación del biofloc, razón por la cual se ha enfatizado en su estudio, a fin de lograr un mayor entendimiento del proceso de conformación y funcionamiento del mismo (Schneider *et al.*, 2006).

La alta densidad de cultivo en estos sistemas intensivos implica una alta tasa de alimentación, que se traduce en gran cantidad de materia orgánica. La materia orgánica debe mantenerse suspendida en la columna de agua mediante una fuerte agitación, para impedir su sedimentación y favorecer su exposición a las bacterias aeróbicas. Las bacterias heterotróficas se encargan de captar los complejos nitrogenados liberados por los peces y utilizarlos en su crecimiento, eliminando de esta manera la toxicidad por amonio y nitritos (Ebeling *et al.*, 2006).

2.- ANTECEDENTES

La acuicultura en el mundo ha crecido en forma sostenible durante los últimos años producto del aumento de la demanda de los productos acuícolas. Esto ha permitido cubrir el déficit que se crea en el suministro de productos pesqueros, debido al bajo crecimiento en la producción pesquera y al incremento poblacional en todo el mundo.

Sin embargo, este aumento en la producción acuícola ha traído consecuencias ambientales, derivadas de los sistemas de producción y que han llamado la atención de los ecologistas de todo el mundo. “La acuicultura impacta en el medio ambiente a través tres procesos: el consumo de recursos, el proceso de transformación y la generación del producto final. La intervención intensiva que genera la práctica acuícola va degradando al medio ambiente, por la utilización de agua que reciben grandes cantidades de desechos, por el alimento no consumido por los peces, que sedimenta el fondo”. (Buschmann, 2001), se pueden mencionar, entre otras: el enriquecimiento con nutrientes y materia orgánica de las aguas receptoras que resulta en la acumulación de sedimentos anóxicos y la modificación de las comunidades bentónicas, eutrofización de vías fluviales, lagos y zonas costeras, liberación de productos químicos utilizados para controlar las condiciones del agua y las enfermedades y el uso de agua en grandes volúmenes (FAO, 2011).

La tecnología del biofloc consiste en manipular la relación carbono/nitrógeno (C: N) que está presente en el sistema. La relación C: N se puede regular mediante la adición de fuentes de carbono como sacarosa, melaza, glicerina o acetato de calcio (Cedano-Castro *et al.*, 2014) o utilizar alimento balanceado con bajos niveles de proteína (Avnimelech, 1999).

“El sistema biofloc fue desarrollo bajo las mismas características o principios de las plantas de tratamientos de aguas negras, en la que a partir de los desechos orgánicos (excretas) de los organismos cultivados, crezcan bacterias que se

encargan de descomponer y convertir los desechos a compuestos orgánicos de menor complejidad y éstos servirán de alimento para otros organismos, formando parte de la alimentación en la cadena alimenticia” (Castro-Nieto *et al.*, 2012).

Schneider *et al.*, (2006) encontraron que los efluentes resultantes de sistemas productivos acuícolas, ricos en materia orgánica pueden ser utilizados como medio para la producción de bacterias heterotróficas las cuales a su vez pueden ser consumidas por los peces como fuente de proteína.

En igual sentido Avnimelech (1999), Crab *et al.*, (2007) y De Schryver *et al.*, (2008) reportan la posibilidad de utilizar las bacterias heterotróficas como recicladoras de los desechos de los peces (amonio, heces) al convertirlos en proteína microbiana útil como alimento que puede ser consumido por las tilapias gracias a sus hábitos alimentarios. Se reporta una mayor ganancia de peso en tilapias alimentadas con una combinación de biofloc y alimento concentrado (Avnimelech, 2006; Azim y Little, 2008).

Avnimelech (1999), Cedano-Castro *et al.*, (2014), Ekasari y Maryam. (2012) y Monroy-Dosta *et al.* (2013), reportan que la melaza es una de las fuentes de carbono más utilizada para llevar a cabo la maduración del biofloc, ya que presenta una adecuada cantidad de carbono para mantener una relación C/N favorable en el sistema de biofloc.

Cedano-Castro *et al.* (2014) realizaron un ensayo con biofloc utilizando una relación C/N de 15:1. El cultivo se desarrolló con una concentración de oxígeno disuelto promedio de 7.0 ± 0.4 mg/l, el nitrógeno amoniacal total (TAN) fue 0.025 ± 0.035 mg/l y el pH promedio fue 8.0 ± 0.1 . Trabajaron con organismos de 110.2 g y 17.8 cm de longitud promedio, utilizando alimento balanceado de 24 % de proteína, obtuvo un peso final promedio de 826.5 g y 32.7 cm de longitud promedio, la ganancia en peso fue de 3.8 g/día, el factor de conversión alimenticia obtenido fue de 1.85 y la supervivencia fue del 86.5 %.

Ekasari y Maryam (2012), utilizaron una relación C:N de 15:1, utilizaron alimento balanceado con baja concentración de proteína (32%) en los tratamientos que realizaron utilizaron tres densidad de siembra 25, 50, 100 organismos/m³, con un peso promedio de 77.5 g, teniendo una mayor sobrevivencia en el tratamiento con densidad de siembra de 25 org/m³, la cual se encontró del 97.78%, en cuanto a los tratamientos de 50 y 100 org/m³, se encontró con 93.56% en ambos tratamientos. Teniendo una ganancia de peso diaria desde 1.15 y 0.56 g, el más bajo para la densidad de 100 org/m³, el más alto en el de 25 org/m³. en cuanto a la calidad del agua el oxígeno permaneció en rango de 6.3 a 7.5 mg/l. Los más altos contenidos de TAN, nitrito (NO₂-N) y nitrato (NO₃-N), fueron encontrados en el tratamiento control con una densidad de 100 org/m³, con valores de 3.97 mg/l de TAN, 9.29 mg/l de NO₂-N y 3.04 mg/l de NO₃-N.

Así mismo, Hernández (2014), trabajando con crías de tilapia reporta resultados alentadores en tinas de geomembrana, ya que los organismos alimentados con biofloc obtuvieron ganancias diarias en peso de 0.41 g/día vs 0.36 g/día en el sistema tradicional. Este autor utilizó melaza como fuente de carbono.

3.- JUSTIFICACIÓN

En cualquier empresa de acuacultura intensiva el mayor costo en la producción es la alimentación, el cual puede representar hasta un 60%. Además, presenta la desventaja que el alimento que se suministra no es aprovechado por los organismos en su totalidad, causando que, compuestos como fósforo, carbono y nitrógeno, entre otros, permanezcan en el agua como materia suspendida, o como químicos disueltos o son expulsados del sistema mediante la gasificación o el recambio del agua, contaminando otros cuerpos de agua y suelos cercanos, ocasionando pérdidas económicas a los productores (Gutierrez-Wing y Malone, 2006).

El cultivo tradicional de tilapia en tinas circulares, consiste en la siembra inicial de peces de 1 g de peso y a una densidad superior a los 15 organismos/m³, soportado por alimentación artificial al 100%. Para mantener una adecuada calidad de agua, se mantiene aireación constante y se realizan recambios parciales de agua, acordes a la biomasa en cultivo.

El cultivo intensivo de tilapia demanda fuertes cantidades de agua para remover dichos compuestos nitrogenados de los sistemas de cultivo, llegándose a requerir hasta 3 m³ de agua por kg de tilapia cultivada (León, 2011).

La aplicación de la tecnología de biofloc permite reducir de manera significativa estos requerimientos de agua, con el beneficio agregado de que los “contaminantes” nitrogenados (compuestos derivados del amonio) son aprovechados en el mismo cultivo para generar biomasa bacteriana, fitoplanctónica, etc., que a su vez podrían ser utilizados como alimento por las mismas tilapias; lo que se traduce en una mejora en los índices productivos del cultivo, como el factor de conversión alimenticia y la tasa de crecimiento.

4.- OBJETIVOS

4.1.- Objetivo general:

Comparar y evaluar dos sistemas intensivos de producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*), el sistema de biofloc y sistema tradicional, en función de indicadores de producción y calidad de agua, hasta la etapa de pre-engorda.

4.2.- Objetivos específicos:

- Comparar las variaciones en la concentración de compuestos nitrogenados en los dos sistemas de producción.
- Comparar el desempeño productivo de la tilapia cultivada en cada uno de los dos sistemas.
- Comparar el volumen de agua utilizado para la producción de tilapia en los dos sistemas de producción.

5.- HIPÓTESIS

La aplicación de la tecnología de biofloc, en tinas de geomembrana, mejorará el desempeño productivo y reducirá significativamente el consumo de agua en el cultivo de tilapia.

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.- Descripción del sitio:

El presente trabajo se llevó a cabo en el Módulo de Producción Acuícola de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ubicado en el kilómetro 25+2 de la carretera Villahermosa-Teapa, en la Ranchería la Huasteca 2da. Sección del Municipio de Centro, Tabasco.

6.2.- Diseño experimental:

Los organismos se adquirieron del Módulo de Producción de Alevines de Mojarra Tilapia del Ayuntamiento de Comalcalco. Las crías se trasladaron a las instalaciones de la División Académica de Ciencias Agropecuarias en bolsas plásticas con agua y oxígeno puro, en donde se encuentra el módulo de producción de tilapia.

Las crías se colocaron en dos tinas para ser aclimatadas durante 30 minutos y posteriormente al término de la aclimatación, se llevó a cabo la siembra de los peces aleatoriamente para cada tratamiento correspondiente. Las tinas cuentan con un diámetro de 9.50 m y 1.20 m de altura con una capacidad de volumen de agua de 85.05 m³, de los que sólo se utilizaron 70.88 m³.

Las unidades experimentales (UE) contaron con un sistema de aireación permanente que consistió en un aireador o soplador trifásico de 3 hp de potencia y tubería de PVC hidráulica de 2" Ø como principal línea de distribución del aire, a la cual se les anexaron conexiones para reducir de 2" a 1" para el interior de las tinas, esto para mantener una mejor distribución del aire y buena concentración de oxígeno, para el sistema tradicional.

En cuanto al sistema biofloc, se mantuvo el mismo diseño del sistema tradicional, contando con una ligera modificación de conexiones más pequeñas de 1" a ½" alrededor de las tinas, llegando al interior con mangueras plásticas de ½" y con

una "T" para liberar el aire. Esto con el fin de mantener mayor aireación o turbulencia en el biofloc, ya que este sistema requiere de mayor aireación para que los sedimentos (alimento no consumido y heces de los mismos organismos) se mantengan en suspensión.

Para la operación de los diferentes equipos en caso de emergencia para las UE, se contó con una planta a diesel con una potencia de 13 HP.

Para cada UE, diariamente se monitoreó la concentración de oxígeno disuelto y temperatura, utilizando un oxímetro marca YSI 550A y el pH mediante un potenciómetro marca Conductronic, modelo PC16. Semanalmente se determinaron las concentraciones de amonio, nitrato y nitrito utilizando un fotómetro multiparamétrico para acuicultura marca HANNA, modelo HI 8320.

El ensayo se llevó a cabo aleatoriamente con dos tratamientos (tecnología biofloc y sistema tradicional), los cuales consistieron de la siguiente forma:

- a) **Tratamiento con el sistema tradicional (T1 y T2):** consistió en proporcionar únicamente alimentación diaria según los porcentajes de alimentación de la tabla I. Se hicieron recambios de agua parciales de 60% semanales.
- b) **Tratamiento con biofloc (B1 y B2):** se proporcionó la misma cantidad de alimento que en el sistema tradicional (tabla I), más la generación de flóculos, utilizando melaza como fuente de carbono para obtener una relación carbono: nitrógeno (C:N) de 20:1.

Tabla I.- Porcentajes de alimentación (Nicovita, 2007).

Peso (g)	Ración (%)
13-17	5.5
17-29	5.1
29-37	5.0
37-46	4.5
46-56	4.3
56-69	4.2
69-83	4.1
>83	4.0

Al inicio del ensayo se utilizaron dos tinas, colocando para cada UE la cantidad de 3000 organismos masculinizados, de un peso promedio de 0.80 gramos, con una densidad de siembra de 42 organismos/m³, donde permanecieron durante un periodo de 60 días. Posteriormente y debido a la alta dispersión de tallas, se procedió a formar cuatro UE (dos por tratamiento, tabla II) identificados como tratamientos T1 y B1 y tratamientos T2 y B2. Los peces fueron mantenidos en estos tratamientos durante 79 días.

Tabla II.- Información de los tratamientos utilizados durante el ensayo

Tratamientos	Densidad de siembra (org/m ³)	Peso promedio (g)	Longitud (cm)	Sistema de cultivo
T1	20	13.48	8.65	Tradicional
T2	14	38.59	12.56	Tradicional
B1	14	15.34	8.85	Biofloc
B2	14	41.66	12.52	Biofloc

6.3.- Seguimiento al cultivo:

De acuerdo a la cantidad de alimento y proteína del mismo, se determinó la cantidad de carbono (melaza) que se proporcionaría para la formación de biofloc siguiendo la metodología de Crab *et al.* (2009), que menciona que el nitrógeno liberado por los peces, como producto de la actividad metabólica, corresponde aproximadamente al 75% de nitrógeno aplicado en el alimento, a su vez el nitrógeno representa el 16% de la proteína que contiene el alimento. Con esta información se calculó la cantidad de melaza diaria a proporcionar para mantener la relación carbono:nitrógeno (C:N) de 20:1. Para estos cálculos se consideró que la melaza contiene un 50% de carbono.

La cantidad de alimento a proporcionar fue ajustada cada 15 días, considerando la información biométrica de cada UE. En dichas biometrías se obtuvo información sobre la longitud total, utilizando un ictiómetro graduado cada mm; el peso se registró utilizando una balanza digital marca Ohaus, con capacidad para 2 kg y aproximación a 0.1 g.

Se llevó a cabo un monitoreo para obtener datos de las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos presentes en el agua, esto para detectar los posibles valores altos que son letales para la especie (2.4 mg/l), datos que permitieron recabar información para llevar a cabo el volumen de recambio de agua semanalmente, así también se llevó un monitoreo de otros parámetros físico-químicos, como son la temperatura, niveles de oxígeno disuelto y el potencial de hidrogeno (pH) presente para cada unidad experimental.

El recambio de agua del sistema tradicional se llevó a cabo tres veces por semana eliminando 20 cm de tirante de agua por recambio y para el biofloc una vez a la semana reponiendo el agua perdida por evaporación y por los pequeños desagües o desalojos del sedimento no procesados por las bacterias, lo que representó el 10% de recambio de agua.

El volumen de agua de los recambios parciales se determinó con la siguiente fórmula:

$$V = R * 3.1416 * A$$

Donde:

R= Radio de la tina

A= Altura de recambio

Para obtener los datos o resultados de los dos sistemas o unidades experimentales en cuanto a los parámetros productivos de los peces se utilizaron las siguientes formulas:

Incremento en peso

$$\text{IP} = \text{peso promedio final (g)} - \text{peso promedio inicial (g)}.$$

Tasa específica de crecimiento (TEC)

$$\text{TEC} = 100 \times (\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{tiempo}$$

Factor de conversión alimenticia (FCA)

$$\text{FCA} = \text{Alimento consumido (g)} / \text{peso ganado (g)}$$

6.4.- Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza, con un nivel de significancia de 0.95, a la cual previamente se determinó la homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos. Se utilizó el complemento estadístico “análisis de datos” de Excel y el paquete estadístico SPSS.

Para la representación de los datos obtenidos se elaboraron gráficas para comparar las concentraciones de amonio, nitritos, nitratos, alimento, factor de conversión alimenticio (FCA), temperatura y oxígeno disuelto.

7.- RESULTADOS

7.1.- Parámetros fisicoquímicos.

En la tabla III, se presenta un resumen de los valores máximos, mínimos y promedios que se obtuvieron de los parámetros físico-químicos, como temperatura (T°C), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrogeno (pH), amonio (NH₃-N), nitrito (NO₂-N) y nitratos (NO₃-N).

Tabla III.- Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura, oxígeno disuelto, pH, Amonio, nitrito y nitratos. (Valor ± Error típico).

	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	pH	Amonio (NH ₃ , mg/l)	Nitrito (NO ₂ -N, mg/l)	Nitrato (NO ₃ -N, mg/l)
Tratamiento T1						
Máximo	33	10.91	8.58	0.039	9	7.7
Mínimo	26.5	2.5	6.53	0.0034	0.01	0
Promedio	30.13±0.19	6.95±0.29	7.44±0.07	0.0146±0.0052	1.97±1.17	1.2±0.739
Tratamiento B1						
Máximo	31.7	10.58	9.85	0.0414	0.01	12.4
Mínimo	26	4.23	6.47	0.0015	0	0
Promedio	29.43±0.18	7.80±0.15	7.35±0.11	0.0090±0.0054	0.004±0.0016	1.24±1.24
Tratamiento T2						
Máximo	32.4	11.12	9.06	0.0430	1	2.6
Mínimo	26.2	3.2	6.14	0.0045	0	0
Promedio	30.20±0.18	7.58±0.22	7.52±0.10	0.0141±0.0057	0.224±0.096	0.38±0.265
Tratamiento B2						
Máximo	31.9	12.79	8.69	0.0218	7	15
Mínimo	25.2	3.26	6.5	0.0030	0	0
Promedio	29.95±0.18	7.05±0.23	7.40±0.09	0.0083±0.0025	0.756±0.694	1.691±1.483

La temperatura registró valores máximos de 33 °C y mínimos de 25.2 °C, manteniendo un valor promedio de 30.13 ± 0.19 °C para los diferentes tratamientos, estando dentro de los rangos óptimos para el cultivo de la tilapia (Timmons *et al.*, 2009).

En cuanto al oxígeno disuelto, los valores promedios se encontraron tanto para el sistema tradicional como para el biofloc en 7.80 ± 0.15 mg/l como valor promedio máximo y un promedio mínimo de 6.95 ± 0.29 mg/l, observándose que estos están

dentro de los rangos óptimos para la sobrevivencia y crecimiento de los peces en cultivo (Saavedra-Martínez, 2006).

En las Figuras 1 y 2, se observa que los valores diarios de oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de valores óptimos para el cultivo, con ligeras bajas en algunos de los días registrados.

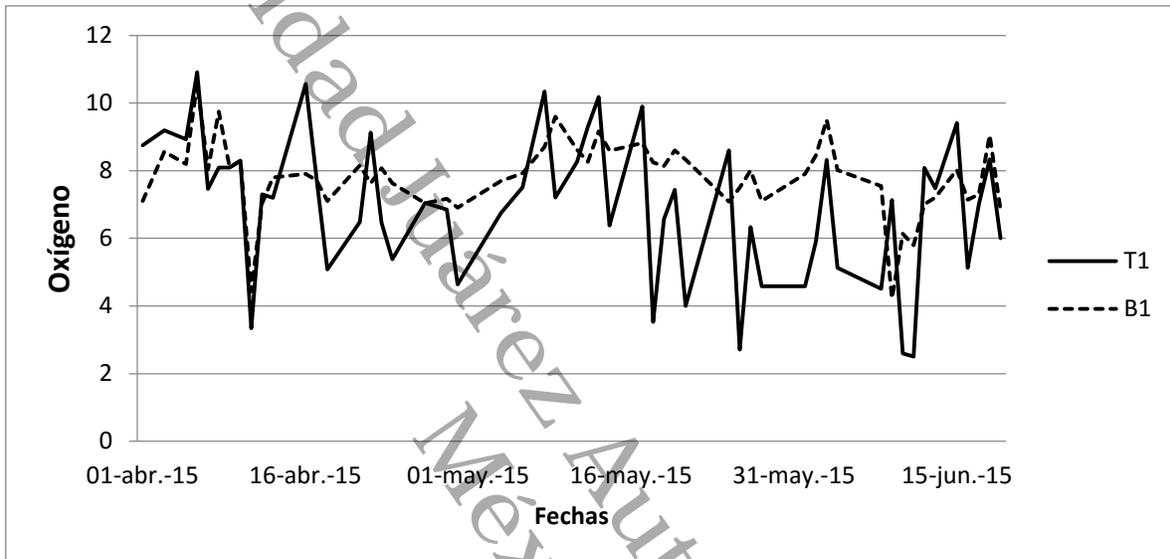


Figura 1.- Variaciones diarias de oxígeno disuelto. Tratamientos T1 y B1.

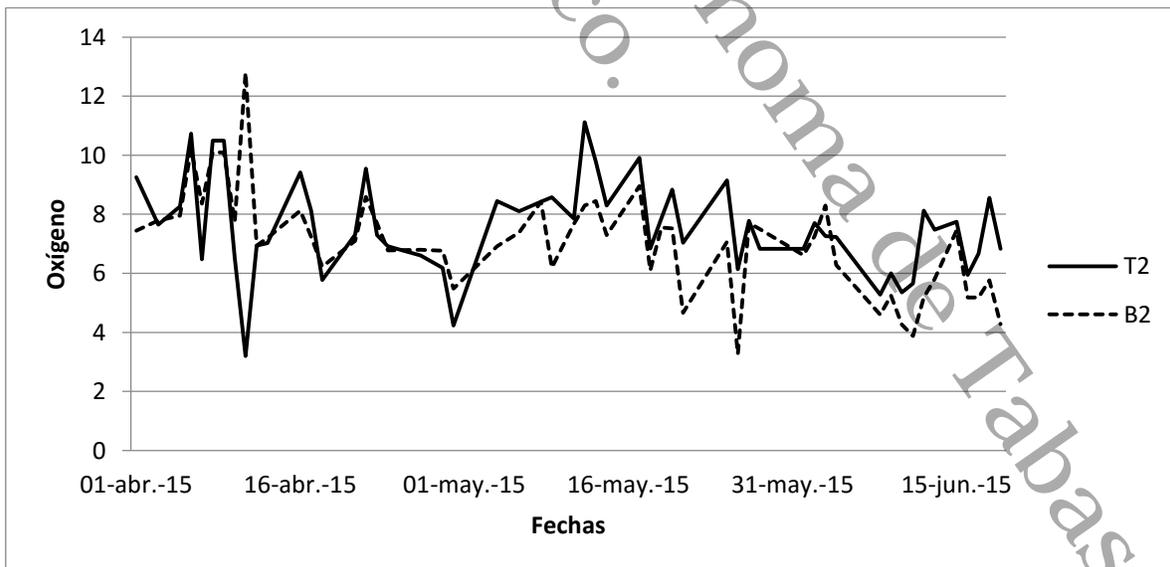


Figura 2.- Variaciones diarias de oxígeno disuelto. Tratamientos T2 y B2.

En cuanto a los valores de pH, el valor máximo promedio se presentó en el tratamiento T2, con 7.52 ± 0.10 , mientras que el valor mínimo promedio se presentó en B1 con 7.35 ± 0.11 . El valor máximo individual se registró en el tratamiento B1 (9.85), mientras que el mínimo individual ocurrió en T2, (6.14) unidades de pH.

Los niveles de amonio tóxico considerados para el cultivo de tilapia varían entre un rango de 0.12-2 mg/l (Avnimelech, 2009; Kubitzka, 2011). Los niveles de amonio tóxico se encontraron por debajo de los niveles recomendados para el cultivo de la tilapia en los diferentes tratamientos, con un valor promedio de 0.014 ± 0.0052 mg/l para T1, un máximo de 0.039 mg/l y un mínimo en 0.0034 mg/l. Para T2 se registró un valor promedio de 0.0141 ± 0.0057 mg/l, y un valor individual máximo de 0.0430 mg/l con una mínima de 0.0045 mg/l.

En cuanto al sistema biofloc, se registraron valores promedio de amonio tóxico (no ionizado) de 0.0090 ± 0.0054 mg/l para B1, registrándose un valor individual de 0.0414 mg/l como máximo y de 0.0015 mg/l como mínimo, mientras que para B2 se registró un valor promedio de 0.0083 ± 0.0025 mg/l, con valor individual de 0.0218 mg/l como máximo y 0.0030 mg/l, como mínimo.

Por otra parte, en cuanto al nitrito y nitrato, los valores registrados se encontraron en niveles aceptables; los nitritos, en un rango que va desde un valor mínimo de “cero” a un máximo de 9 mg/l, en cambio en lo que se refiere al nitrato, se registraron valores mínimos de “cero” y un valor máximo de 15 mg/l (tratamiento T2).

7.2.- Parámetros de crecimiento en los organismos durante el cultivo:

En la tabla IV se presenta un resumen de los parámetros productivos promedio por tratamiento, mientras que en la tabla V se desglosa por periodos quincenales (biometrías). El promedio de la TCE entre los tratamientos fue muy similar, siendo de 1.36 y 1.39 para B2 y T2, respectivamente y de 2.02 y 2.13 para B1 y T1, respectivamente. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en ambos tratamientos.

En la figura 3, se presenta una comparación de la TCE entre los tratamientos T1 y B1, donde se puede apreciar de una forma más clara que hubo una alternancia en cuanto al valor más alto de la TCE por fechas entre estos tratamientos ya que en tres ocasiones fue mayor en el tratamiento T1 y dos ocasiones fue mayor en el B1.

Tabla IV.- Datos del desempeño productivo de los peces cultivados.

Tratamiento	Pi (g)	Pf (g)	S (%)	TCE(%/día)	FCA	AP (g)	IP (g)
T1	13.48	73.8	100	2.13	1.4	99216.29	60.31
T2	38.59	116.47	100	1.39	1.7	104278.38	77.878
B1	15.34	74.80	100	2.02	1.2	74798.07	59.46
B2	41.66	119.41	100	1.36	1.4	102,997.72	77.44

Dónde: Pi= peso promedio Inicial; Pf= peso promedio final; S= porcentaje de sobrevivencia; TCE= tasa de crecimiento específica; FCA: factor de conversión alimenticia; AP= alimento proporcionado; IP= incremento en peso.

Tabla V.- Tasa específica de crecimiento (TCE) durante el cultivo.

No. Biometrías	T1	B1	T2	B2
1	6.2033961 ^a	4.770585 ^a	2.792884121 ^a	1.022341431 ^a
2	1.3697709 ^a	0.93786007 ^a	0.81221691 ^a	1.394676013 ^a
3	0.8998616 ^a	1.79211288 ^a	0.460159926 ^a	1.671547855 ^a
4	0.6013794 ^a	1.1559291 ^a	1.330807406 ^a	1.631936719 ^a
5	1.6144216 ^a	1.48363775 ^a	1.597553719 ^a	1.083754639 ^a
Promedio:	2.1377659	2.02802496	1.398724417	1.360851331

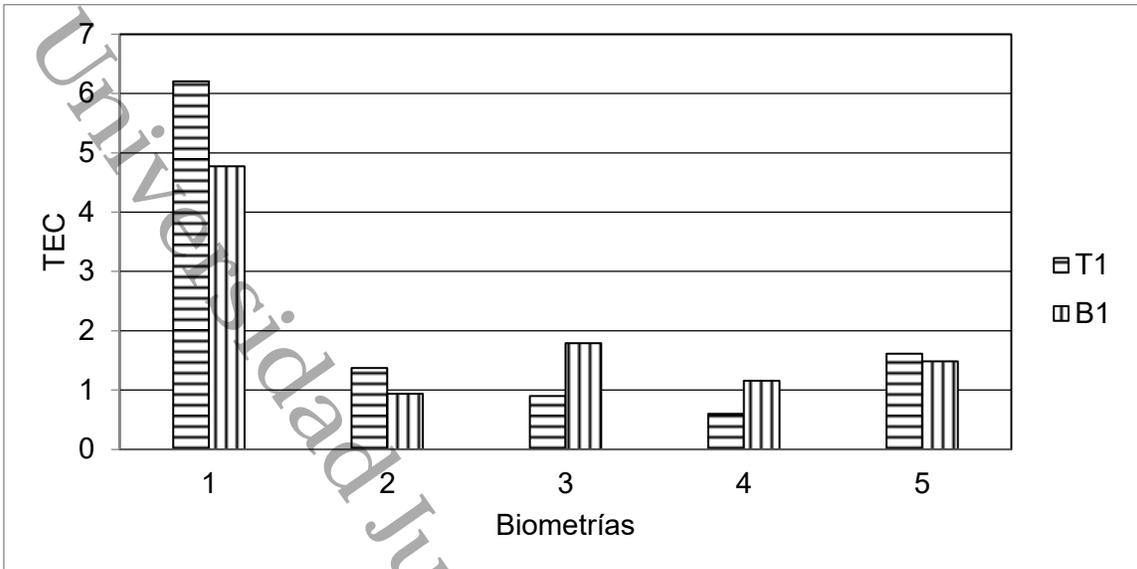


Figura 3.- Tasa específica de crecimiento. Tratamientos T1 y B1.

En el caso de los tratamientos T2 vs B2, sucedió algo similar, con la diferencia que en la biometría 2, 3, y 4, realizadas, presenta mejores resultados el tratamiento B2, en cuanto a TEC, y en la última aparentemente fue mejor el T2 en la TEC.

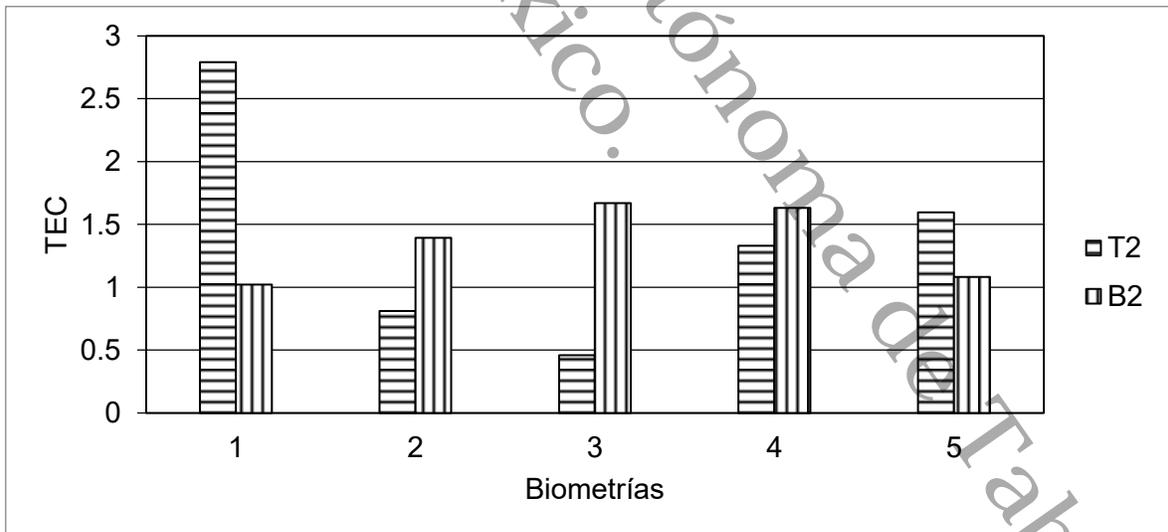


Figura 4.- Tasa específica de crecimiento. Tratamiento T2 y B2.

7.3.- Alimento consumido

En la tabla VI y figuras 5 y 6 se muestran la cantidad de alimento proporcionado por tratamiento durante los 78 días del cultivo. Los peces del tratamiento T2 consumieron la mayor cantidad de alimento con aproximadamente 104 kilos, mientras que los del B2 consumieron 102 kilos. Por su parte, los del T1 consumieron casi 100 kilos por 75 kilos del B1.

Tabla VI. - Alimento consumido por tratamiento.

No. Biometría	Alimento consumido (g)			
	T1	B1	T2	B2
1	14,029.00 ^a	11,491.84 ^a	21,371.28 ^a	22,751.64 ^a
2	21,152.98 ^a	14,511.62 ^a	19,953.87 ^a	17,346.43 ^a
3	18,065.52 ^a	12,298.11 ^a	16,278.35 ^a	14,557.56 ^a
4	20,693.63 ^a	14,288.00 ^a	18,413.28 ^a	17,106.89 ^a
5	25,275.16 ^a	22,208.50 ^a	28,261.60 ^a	31,235.20 ^a
Total	99,216.29	74,798.07	104,278.38	102,997.72

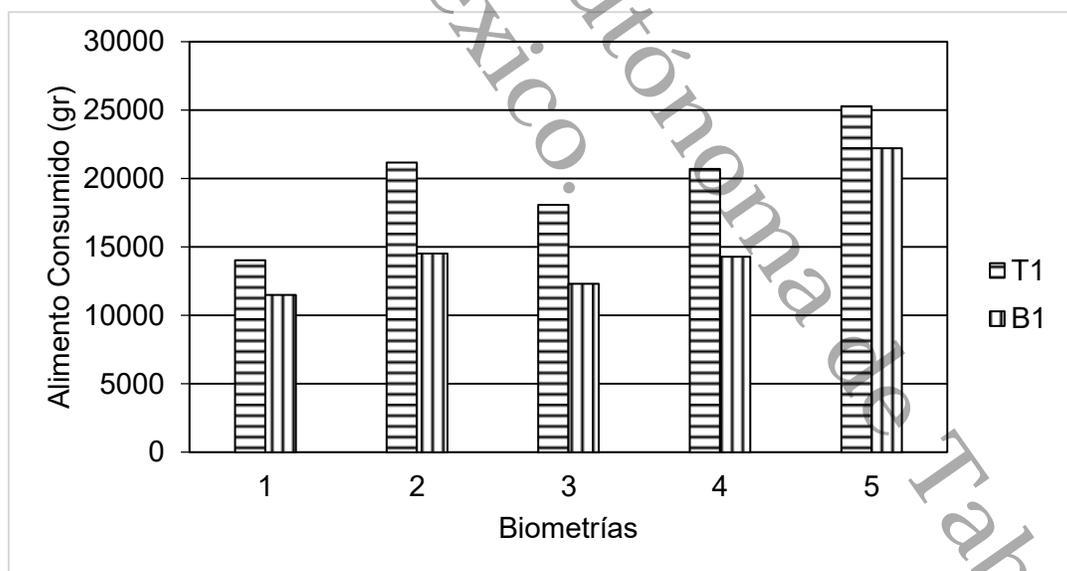


Figura 5.- Alimento Consumido para los tratamientos T1 y B1.

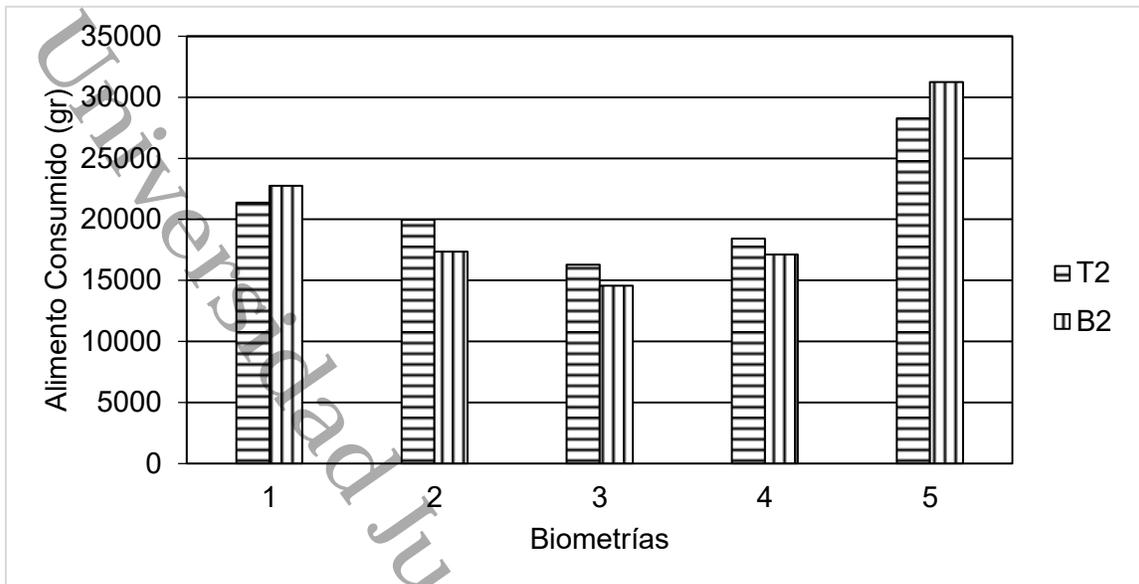


Figura 6.- Alimento Consumido para los tratamientos T2 y B2.

7.4.- Incremento en peso

Los incrementos de peso de cada uno de los tratamientos se muestran gráficamente en la tabla VII y en las figuras 7 y 8. Con base al análisis estadístico realizado el resultado en cuanto al incremento de peso no mostró diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla VII.- Incremento en Peso

No. Biometría	T1 (g)	B1 (g)	T2 (g)	B2 (g)
1	22.896 ^a	17.5704 ^a	21.7427 ^a	7.4046 ^a
2	9.539 ^a	5.689 ^a	8.933 ^a	13.130 ^a
3	6.165 ^a	11.008 ^a	4.609 ^a	16.400 ^a
4	4.917 ^a	9.392 ^a	16.322 ^a	21.800 ^a
5	16.800 ^a	15.808 ^a	26.270 ^a	19.010 ^a
Promedio	12.063	11.893	15.575	15.548

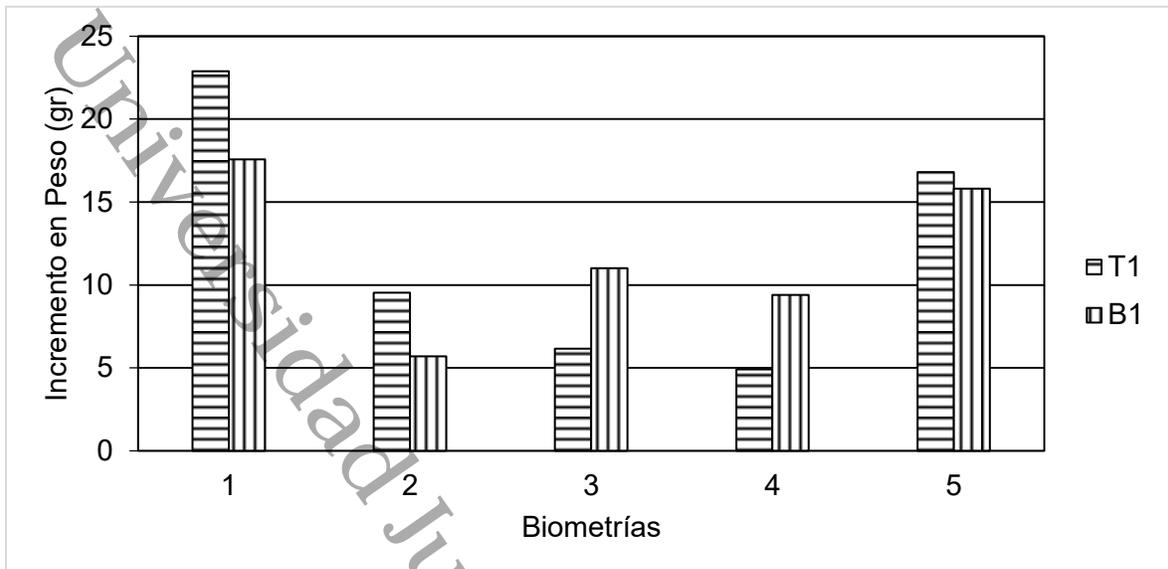


Figura 7.- Incremento en peso de los organismos. Tratamiento T1 y B1.

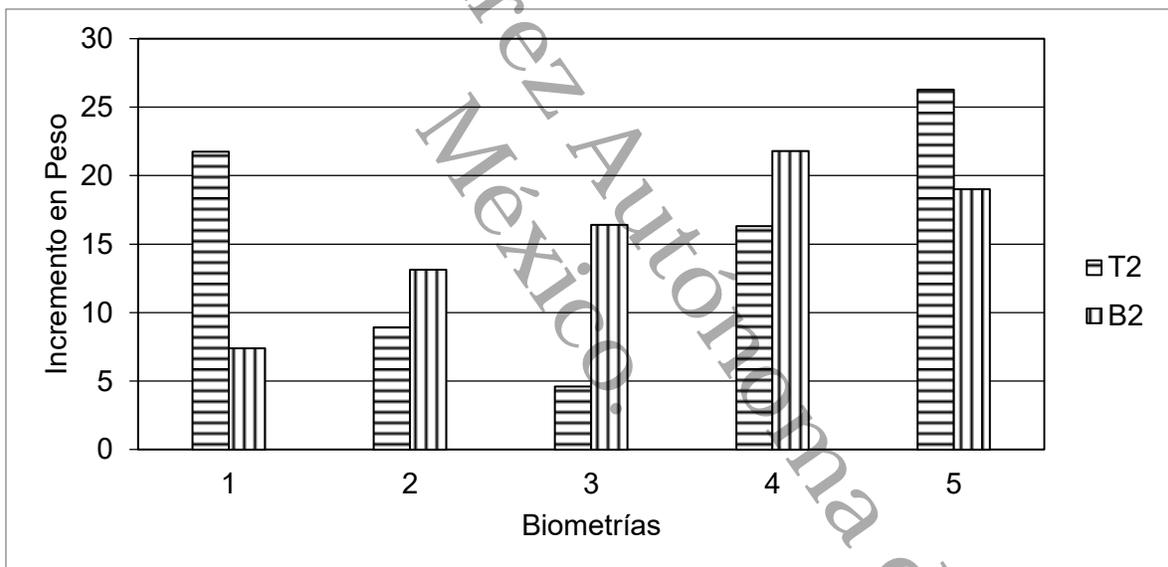


Figura 8.- Incremento en peso de los organismos. Tratamiento T2 y B2.

7.5.- Factor de conversión alimenticia (FCA)

En cuanto al factor de conversión alimenticia no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), sin embargo, se puede observar que los tratamientos B1 y B2 (biofloc) tienen un FCA más bajo que los tratamientos con el sistema tradicional T1 y T2 (tabla VIII). El FCA más bajo fue de 1.24 mientras que el más alto fue de 1.72 en la tabla VIII, para los tratamientos B1 y T2, respectivamente.

En las figuras 9 y 10 se muestran gráficamente por cada tratamiento de cada sistema.

Tabla VIII.- Factor de conversión alimenticia por Tratamiento y Biometría.

No. Biometrías	T1	B1	T2	B2
1	0.37 ^a	0.55 ^a	0.94 ^a	2.95 ^a
2	1.36 ^a	2.18 ^a	2.14 ^a	1.27 ^a
3	1.8 ^a	0.95 ^a	3.39 ^a	0.85 ^a
4	2.5 ^a	1.3 ^a	1.08 ^a	0.75 ^a
5	0.92 ^a	1.2 ^a	1.03 ^a	1.57 ^a
promedio	1.39	1.24	1.72	1.48

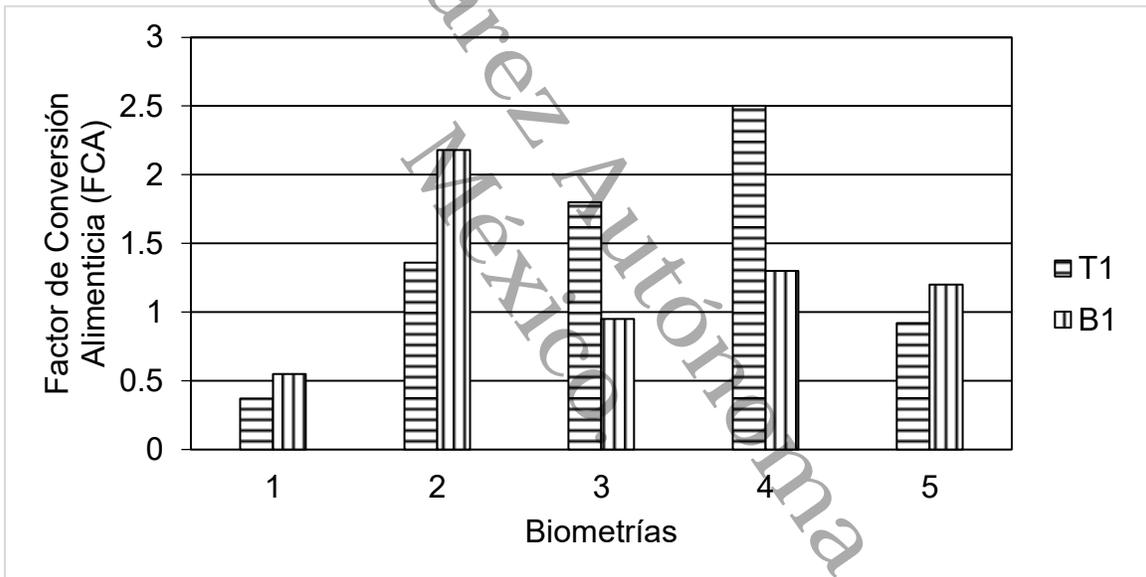


Figura 9.- Factor de conversión alimenticia. Tratamiento T1 y B1.

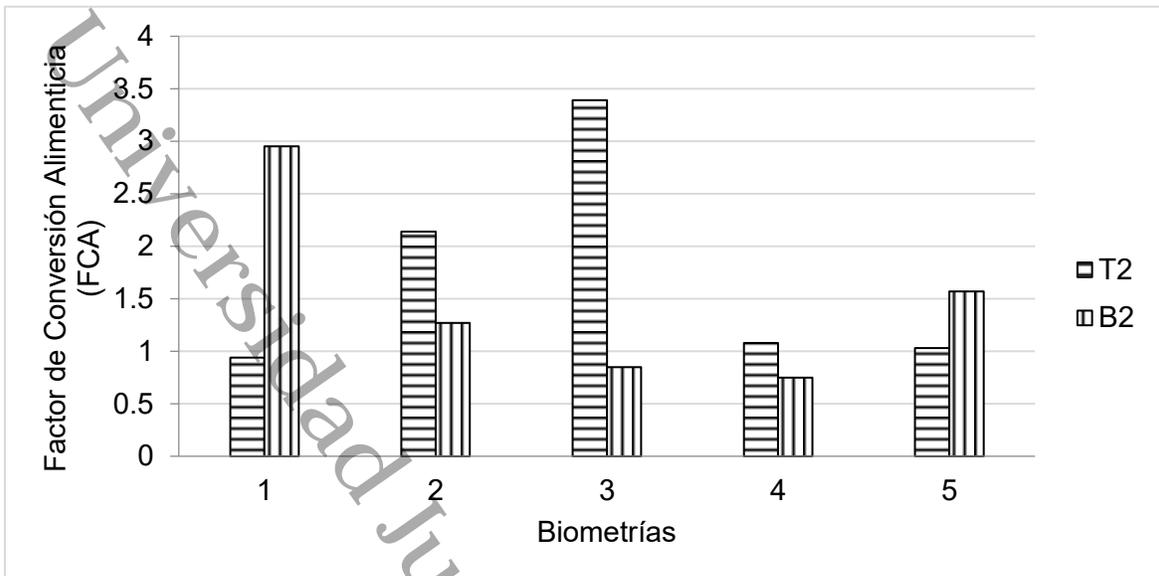


Figura 10.- Factor de conversión alimenticia. Tratamiento T2 y B2.

7.6.- Volumen de agua eliminado

El volumen de agua eliminado mediante los recambios semanales fue de 42, 538 litros para cada una de las tinas del sistema tradicional, mientras que para las tinas en donde se utilizó el sistema biofloc fue de 7, 088 litros/ tina. Haciendo el cálculo para los 78 días que duró el cultivo se tiene que en el sistema tradicional el gasto de agua fue de 473, 773.06 litros, mientras que en el biofloc fue de 78,960.32 litros (evaporación y eliminación directa por el desagüe central).

8.- DISCUSIÓN

La calidad del agua es una de las partes fundamentales en el cultivo de tilapia, ya que está determinada por sus propiedades físico-químicas, entre las más importantes destacan: la temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez, amonio, nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3). Estas propiedades influyen en los aspectos productivos de los peces, por lo cual estos deben mantenerse dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la tilapia (Saavedra-Martínez, 2006). Los resultados obtenidos de la calidad del agua en este trabajo, se registraron durante todo el cultivo, monitoreando cada uno de los parámetros físico-químicos, teniendo en cuenta la importancia y la función que cada uno tiene durante el proceso del cultivo o desarrollo de la tilapia en sistemas controlados.

La temperatura es uno de los parámetros importantes para el desarrollo de la tilapia en cultivos controlados, ya que los cambios de temperatura afectan diariamente la tasa metabólica; de esta forma, mientras mayor sea la temperatura, mayor es la tasa metabólica y por ende mayor consumo de oxígeno (NICOVITA, 2007). Los valores óptimos requeridos para el cultivo de tilapia fluctúan entre 26°C y 32°C (NICOVITA, 2007 y Saavedra-Martínez, 2006). Las temperaturas máximas registradas durante el experimento fluctuaron en un valor de 33°C y una mínima de 26.5°C en el sistema tradicional, en cuanto al sistema biofloc, se registró una máxima de 31.7°C y con una mínima de 25.2°C . Los valores anteriores caen dentro del intervalo recomendado por diferentes autores como (NICOVITA, 2007, Saavedra-Martínez, 2006). Observando una pequeña variación de temperatura para el sistema biofloc.

La concentración y disponibilidad del oxígeno disuelto es uno de los factores críticos para el cultivo de tilapia. Es uno de los aspectos más difíciles de entender, el cual tiene que ver mucho con las mortalidades, enfermedades, baja eficiencia en la conversión del alimento y la calidad del agua. Los rangos óptimos para el cultivo de tilapia oscilan entre 3.0- 9.0 mg/l (Saavedra-Martínez, 2006). Por lo tanto, los valores registrados de oxígeno disuelto en cada uno de los tratamientos

se encontraron con valores promedios que van de un rango de 6.95 a 7.80 mg/l, estando estos datos dentro de los valores presentados por (Saavedra-Martínez, 2006; Ekasari y Maryam 2012), para el cultivo de la tilapia.

El amoníaco se produce como un producto final de desecho del metabolismo proteico de los peces, y este es excretado como amoníaco no ionizado principalmente a través de las branquias de los organismos acuáticos (Avnimelech, 2009). El amoníaco, nitrito y nitrato, son todos muy solubles en el agua. El amoníaco se presenta de dos maneras en el agua en amoníaco no ionizado (NH_3) y el ion amonio (NH_4^+). A la suma de estas formas de amonio se le denomina nitrógeno amoniacal total (NAT). La concentración relativa de cada una de estas formas está en función del pH, la temperatura y salinidad (Anthonisen *et al.*, 1976; Ebeling *et al.*, 2006; Timmons *et al.*, 2009). El valor de amoníaco tóxico considerado para el cultivo de tilapia varía en un rango de 0.12-2 mg/L (Avnimelech, 2009; Kubitza, 2011). Los valores promedios registrados del nivel de amonio no ionizado para el sistema tradicional (T1, T2) y el biofloc (B1, B2) se encontraron; para el T1 (0.011 ± 0.011), T2 (0.011 ± 0.012), B1 (0.007 ± 0.011), B2 (0.006 ± 0.005 mg/l) estando por debajo de los rangos considerados como tóxicos para el cultivo de tilapia (Avnimelech, 2009; Kubitza, 2011).

Dentro de las formas nitrogenadas en el agua de cultivo, el nitrato y el amonio son de los más importantes ya que constituyen la fuente principal de nitrógeno disponible para la generación de la cadena trófica. Por su parte, el nitrito (NO_2) como el amonio (NH_3) son altamente tóxicos para los peces, convirtiéndose en un factor limitante para el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos en cultivo (Ebeling *et al.*, 2006; Hargreaves, 2006; Avnimelech, 2009 y Timmons *et al.*, 2009).

Por lo que concierne al nitrito, este es un producto intermediario en el proceso de nitrificación del amoníaco a nitrato. Elevados niveles de nitrito son indicadores de una falla en los procesos de biofiltración (Timmons *et al.*, 2009). Según (Saavedra-Martínez, 2006 y Timmons *et al.*, 2009) el nivel de nitrito recomendado para el cultivo de tilapia no debe exceder de 1 mg/l. Por el contrario, los niveles

determinados durante el cultivo que se registraron, se encontraron en un rango de 9 mg/l en lo que respecta al valor máximo para el T1, el cual solo se presentó en dos muestreos durante todo el cultivo y el mínimo fue de “cero” mg/l. Para el B1, en este se registró un valor máximo del 0.01 mg/l y un mínimo de 0 mg/l, por debajo de lo considerado como tóxico. (Ekasari y Maryam, 2012), presentan resultados similares en cuanto al nitrito ya que obtuvieron valores en uno de sus tratamientos de 9.29 mg/l. cabe mención que los niveles altos en nuestro estudio y de los autores antes mencionados solo se presentaron de manera esporádica a lo largo del periodo experimental.

En cuanto, para el tratamiento T2 se registró un valor máximo de 1 mg/l, por lo contrario, el tratamiento B2 registro un valor máximo de 7, similar a lo antes mencionado con los autores (Ekasari y Maryam, 2012).

Por otra parte, los niveles de nitrato oscilaron con valores promedios para los diferentes tratamientos que van de un rango de 0.38 - 1.6 mg/l, registrando datos por debajo del óptimo. y el más bajo para todos los tratamientos de 0 mg/l como valor mínimo, cuando el óptimo se registra en un valor de 1.5 - 2 mg/l (Saavedra-Martínez, 2006). El ión nitrito es menos estable que el ión nitrato; es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que sólo se encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxidación, ésta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que generalmente éste último predomine en el agua, con la ventaja de que es menos tóxico que los nitritos (Albert, 1997).

El volumen de agua de recambio para el sistema tradicional fue de un 20% cada tercer día, lo que equivale a un recambio de agua semanal del 60%, teniendo un volumen de agua como desecho de 42,529 litros de agua. Por el contrario, para el caso del sistema biofloc el recambio de agua solo representó el 10% semanal lo que es equivalente a un volumen de agua de 7,088 litros de agua semanal como recambio. Según autores reportan que se necesitan de 2 a 10 m³ de agua para producir 1 kg de pescado (Avnimelech, 2011).

De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, la tasa de crecimiento específica (TCE) promedio obtenida para los tratamientos T1 (2.13) vs B1 (2.02) y T2 vs B2 no mostraron diferencias significativas. Castro *et al.*; (2014) obtuvieron resultados de 1.11 %, en la TCE, con peces de mayor tamaño, con un peso promedio inicial de 110.2 g, y con una relación C:N de 15:1, utilizando alimento balanceado de 24% de proteína, en comparación con los peces donde se llevó a cabo el presente trabajo la TCE, fue más alta que la obtenida por Cedano-Castro *et al.* (2014), utilizando en este alimento de 32% de proteína y una relación C:N de 20:1, iniciando con peces de 15.34 g de peso promedio las más pequeñas y de 41.66 g las más grandes.

El factor de conversión alimenticia (FCA), obtenido en los tratamientos para el caso del sistema Tradicional en los peces pequeños (T1) fue de 1.4: 1, en comparación con el tratamiento B1 (sistema biofloc), con un valor de 1.2:1. Para el caso de los tratamientos T2 y B2, con valores de 1.7:1 (T2) y 1.4:1 (B2). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

El incremento de peso (IP) logrado durante los 78 días que duró el cultivo para cada tratamiento fueron similares para el caso del T1 / 60.31 g, B1/59.46, T2/77.87 y B2/77.44, no encontrándose diferencias entre los tratamientos.

9.- CONCLUSIONES

1. Los parámetros fisicoquímicos durante el ensayo se encontraron dentro de los valores óptimos para el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*).
2. El factor de conversión alimenticia (FCA), estuvo dentro de los valores recomendados para el cultivo de tilapia, teniendo un valor más alto en sistema tradicional con 1.7, mientras que para el tratamiento B2 fue de 1.48.
3. El mayor peso promedio obtenido durante los 78 días del cultivo fue de 119.41 g en el tratamiento B2 (sistema biofloc) y de 116.47 g para el T2, (sistema tradicional).
4. En cuanto al volumen de agua utilizado, se encontró que en el sistema tradicional se requirió más agua (473, 761.92 litros) que en el sistema biofloc (78,960.32 litros), durante los 78 días del cultivo.

10.- LITERATURA CITADA

- Albert, L. A. (1997). Nitratos y nitritos. Introducción a la Toxicología ambiental". Centro panamericano de ecología humana y salud. División de salud y ambiente. Organización panamericana de la salud. México. Pp, 471.
- Anthonisen, A. C., Loer, R. C., Prakasam, T. B. S. y Srinath, E. G. (1976). Inhibition of nitrification of amonia and nitrous acid. Journal Water Pollution Control Federation. 48 (5), 835-852.
- Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3), 227-235.
- Avnimelech, Y. (2006). Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 172-178.
- Avnimelech, Y. (2009). *Biofloc technology. A practical guide book*. Baton Rouge: The World Aquaculture Society.
- Avnimelech, Y. (2011). Tilapia production using biofloc technology saving water recycling improves economics. *Global Aquaculture Advocate*, 66-68.
- Avnimelech, Y., y Kochba, M. (2009). Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using 15 N tracing. *Aquaculture*, 287(1), 163-168.
- Azim, M. E., y 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(1), 29-35.
- Buschmann, A. H. (2001). *Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo: un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos*. Terram. Pp 9.

- Cedano-Castro, M. D., Lujan-Bulnes, A., y Suárez-Marín H. (2014). Crianza de *Oreochromis niloticus* Var chitralada en sistema bio-floc en la Empresa PRODUMAR SA, Guayaquil (Ecuador). *Revista REBIOLEST*, 1(2), 79-91.
- Castro-Nieto, L. M., Castro-Barrera, T., de Lara-Andrade, R., Castro-Mejía, J., y Castro-Mejía, G. (2012). Biofloc systems: a technological breakthrough in aquaculture. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*. 1 (1): 1-5.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., y Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1), 1-14.
- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., y Avnimelech, Y. (2009). Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 105-112.
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., y Verstraete, W. (2008). The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277(3), 125-137.
- Ebeling, J. M., Timmons, M. B., y Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1), 346-358.
- Ekasari, J. y Maryam, S. (2012). Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *HAYATI Journal of Biosciences*, 19(2), 73-80.
- FAO. (2011). Desarrollo de la acuicultura 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura. FAO, Orientaciones técnicas para la pesca responsable. 60 pp.
- Fitzsimmons, K. (2013). Latest trends in tilapia production and market worldwide. In *World Tilapia Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 16–18 September 2013*.

- Gutierrez-Wing, M. T. y Malone, R. F. (2006). Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 163-171.
- Hargreaves, J. A. (2006). Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 344-363.
- Hernández, S. A. (2014). *Aplicación de la tecnología de biofloc en la fase de cría de Tilapia*. Tesis Maestría en Producción Animal Tropical. DACA-UJAT.
- Jorand, F., F. Zartarian, F. Thomas, J. Block, J. Bottero, G. Villemin, V. Urbain y J. Manem (1995). Chemical and structural (2D) linkage between bacteria within activated sludge flocs. *Water Research* 29(7): 1639-1647.
- Kubitza, F. (2011). Cultivo de tilapias en sistema de "bioflocs", sin renovación de agua. Panorama de Acuicultura. http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//130808_Cultivo%20de%20tilapias%20en%20sistemas%20con%20bioflocos.pdf. 6 pp.
- León, R. (2011). Sistemas de recirculación, integración y eficiencia acuícola. 2° Congreso Internacional de Acuaponía., Cancun, Quintana Roo.
- Monroy-Dosta, M.C. Lara-Andrade, R. Castro-Mejía, J. Castro-Mejía, G. Coelho-Emerenciano, M.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.
- NICOVITA (2007). *Manual de Crianza Tilapia*. Lima Alicorp., Perú. 48 pp.
- Saavedra, M. A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua, BIDEAUSAID*, 15 pp.
- Schneider, O., Sereti, V., Machiels, M. A., Eding, E. H., y Verreth, J. A. (2006). The potential of producing heterotrophic bacteria biomass on aquaculture waste. *Water Research*, 40(14), 2684-2694.

Serfling, S. A. (2006). Microbial flocs: Natural treatment method supports freshwater, marine species in recirculating systems. *Global Aquaculture Advocate*, 9(June), 34-36.

Timmons, M.B., J.M. Ebeling y R.H. Piedrahita (2009). *Acuicultura en sistemas de recirculación*. Cayuga Aqua Ventures, NuevaYork.959 pp.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Aplicación de la Tecnología BIOFLOC en cultivo intensivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), en tinas circulares

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.researchgate.net Internet	127 palabras — 2%
2	core.ac.uk Internet	77 palabras — 1%
3	www.redalyc.org Internet	37 palabras — 1%
4	repositorio.xoc.uam.mx Internet	35 palabras — 1%
5	aramara.uan.mx Internet	34 palabras — 1%
6	es.scribd.com Internet	24 palabras — < 1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Internet	21 palabras — < 1%
8	sired.udenar.edu.co Internet	21 palabras — < 1%
9	www.zaragoza.unam.mx Internet	20 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 20 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.