

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Efecto del Alimento Enriquecido con Prebiótico y Probióticos en el Crecimiento y
Aprovechamiento Nutritivo de Tilapia Roja *Oreochromis Spp***

Hernán D. Anacona Idrobo

Universidad Nacional de Colombia, Seccional Palmira
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Mayo 10, 2021



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Efecto del Alimento Enriquecido con Prebiótico y Probióticos en el Crecimiento y
Aprovechamiento Nutritivo de Tilapia Roja *Oreochromis Spp***

Hernán D. Anacona Idrobo

Director:

Ph.D. José A. Gómez Peñaranda Zoot

Universidad Nacional de Colombia, Seccional Palmira

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Mayo 10, 2021

Dedicatoria

A Dios por darme la oportunidad de vivir.

A mi familia por ser el apoyo incondicional y que,

en los momentos difíciles, siempre estuvieron ahí.

Contenido

RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. ESTADO DEL ARTE	12
3.1 TAXONOMÍA OREOCHROMIS SPP.....	12
3.2 TILAPIA ROJA.....	13
3.3 DISTRIBUCIÓN.....	14
3.4 MORFOLOGÍA	14
3.5 ALIMENTACIÓN.....	16
3.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.....	17
3.6.1 <i>Proteína</i>	17
3.6.2 <i>Aminoácidos</i>	18
3.6.3 <i>Lípidos, vitaminas y minerales</i>	19
3.7 SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	22
3.7.1 <i>Biofloc</i>	23
3.8 PROBIÓTICOS.....	24
3.8.1 <i>Definición de Probióticos</i>	24
3.8.2 <i>Ventajas de los Probióticos</i>	24
3.9 PREBIÓTICOS.....	25
3.9.1 <i>Definición de Prebióticos</i>	25
3.9.2 <i>Ventaja de los Prebióticos</i>	26

3.9.3. Probióticos y Prebióticos utilizados en el estudio	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS	30
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	30
4.2 PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.....	31
4.2.1 Materiales e Insumos.....	31
4.2.2 Alimento	31
4.3 PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	33
4.3.1 Prueba I Etapa de Alevinaje.....	33
4.3.1.1 Desarrollo Experimental.....	34
4.3.2 Prueba II Etapa Juvenil.....	34
4.3.2.1. Desarrollo experimental	35
4.4. VARIABLES RESPUESTA	35
4.5. ANÁLISIS QUÍMICO	36
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
5.1. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	37
5.2. PRUEBA I ETAPA DE ALEVINAJE	37
5.3. PRUEBA II ETAPA DE JUVENILES.....	41
6. CONCLUSIONES.....	46
7. REFERENCIAS	47

Contenido de Figuras

Figura 1. Taxonomía de <i>Oreochromis spp</i>	15
Figura 2. Pesos medios (g) durante la fase de alevines	38
Figura 3. Pesos medios (g) durante la fase de juveniles	42

Contenido de Tablas

Tabla 1. Taxonomía de <i>Oreochromis spp</i>	12
Tabla 2. Requerimientos proteicos de la Tilapia según el ciclo de vida	18
Tabla 3. Porcentaje total de aminoácidos	19
Tabla 4. Requerimientos de aminoácidos para Tilapia	21
Tabla 5. Características de <i>Oreganum vulgare hirtum</i>	28
Tabla 6. Ingredientes y cantidad para enriquecer con pre y probióticos baches de 20 kg de alimento (concentrado 38% y 32% proteína)	33
Tabla 7. Parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva en Alevinos	39
Tabla 8. Parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva en Juveniles	44

Resumen

Este estudio evaluó los efectos de enriquecer alimento comercial ITALCOL SA® con dos tipos de probióticos Bio-mos® y Biosa® y un prebiótico Orego-stim®, en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de tilapia roja en dos etapas productivas, de alevinaje y juveniles. Se propusieron dos pruebas, una con tilapias en etapa de alevinaje y otra con tilapias en etapa juvenil, para ello se utilizaron 600 alevines y 600 juveniles, en cada prueba fueron aprobados cuatro tratamientos con tres replicas cada uno, dispuestos de la siguiente manera: alimentación solo con concentrado comercial (T0), alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Bio-mos® (T1), alimentación con concentrado comercial enriquecido con prebiótico Orego-stim® (T2), alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Biosa® (T3). Las pruebas duraron 60 días cada una. Los resultados del presente trabajo indicaron que enriquecer alimento comercial con un prebiótico Orego-stim® y dos probióticos Bio-mos® y Biosa®, no mejoró el crecimiento y el aprovechamiento nutritivo en alevines y juveniles de Tilapia roja *Oreochromis sp.* El análisis estadístico para ambas pruebas, se realizó mediante un modelo ANOVA (PROC MIXED), empleando como factor el tratamiento, siendo cada replica la unidad experimental. El programa estadístico utilizado fue el SAS® (Statistical Analysis System Institute, 2006).

Palabras clave: tilapia, alevines, juveniles, prebiótico, probióticos, crecimiento, aprovechamiento nutritivo.

Abstract

This study evaluated the effects of enriching commercial food ITALCOL SA® with two types of probiotics: Bio-mos® and Biosa® and a prebiotic Orego-stim®, on the growth and nutritional use of red tilapia in two productive stages, tilapia seed and juvenile. Two tests were proposed, one with tilapias in the tilapia seed and the other with tilapias in the juvenile stage, for this, 600 tilapia seed and 600 juveniles were used, in each test four treatments were tested with three replicates each, arranged as follows: feeding only with commercial concentrate (T0), feeding with commercial concentrate enriched with Bio-mos® probiotic (T1), feeding with commercial concentrate enriched with prebiotic Orego-stim® (T2), and feeding with commercial concentrate enriched with probiotic Biosa® (T3). The tests lasted 60 days each. The results of this work indicated that enriching commercial feed with a prebiotic Orego-stim® and two probiotics Bio-mos® and Biosa® did not improve the growth and nutritional use in seed tilapia and juveniles of Red Tilapia *Oreochromis* sp. The statistical analysis for both tests was carried out using an ANOVA model (PROC MIXED), using the treatment as a factor, each replica being the experimental unit. The statistical program used was SAS® (Statistical Analysis System Institute, 2006).

Keywords: Tilapia, tilapia seed, juveniles, prebiotic, probiotics, growth, nutritional use.

1. Introducción

Actualmente, la producción pesquera se enfrenta a un reto enorme, la obtención de proteína de origen animal, suficiente para satisfacer las necesidades de la población mundial en crecimiento, que se prevé que aumente de 7 mil millones de habitantes a más de 9,5 mil millones en el año 2050 (Capper & Hayes, 2012). En consecuencia, se debe producir más alimentos, utilizando menos recursos.

La producción pesquera mundial alcanzó un máximo de aproximadamente 171 millones de toneladas en 2016, de los cuales la acuicultura representó un 47%. La acuicultura ha sido la desencadenante del impresionante crecimiento continuo del suministro de pescado para el consumo humano. Entre 1961 y 2016, el aumento anual medio del consumo mundial de pescado comestible (3,2%) superó al crecimiento de la población (1,6%). En términos per capita, el consumo de pescado comestible llegó hasta 20,2 kg en 2015. Además, en este año, el pescado representó alrededor del 17% de la proteína animal consumida por la población mundial. El pescado proporcionó casi un 20% del aporte medio de proteínas animales per capita a unos 3 200 millones de personas (Nations-FAO, 2018).

Según Reyes, (2018), la carencia de proteína animal y sus precios relativamente altos para la mayoría de los mercados hacen que se requiera de una producción más alta, una disminución de costos de producción y fuentes de proteína animal alternas. La piscicultura, que es el cultivo de peces bajo condiciones controladas por el hombre hasta su cosecha, procesamiento, comercialización y consumo, ofrece una buena alternativa para este problema.

En el contexto nacional, Colombia es un país tropical con riqueza hídrica, que cuenta con numerosas cuencas hidrográficas, que lo posicionan en un lugar privilegiado en recursos hídricos en el mundo, esta característica hace que el sector de la piscicultura haya tenido un crecimiento en

la producción para el año 2017 del 9% en relación al 2016, pasando de 109.300 toneladas a 120.230. Además, en promedio el crecimiento general desde el 2007 hasta el 2017 fue del 8.54%. Para el año 2017, se exportaron 6650 toneladas por un valor de US\$ 49.929 millones, representado principalmente en filete fresco de tilapia y trucha con destino hacia los Estados Unidos y Alemania (ICA, 2018).

La acuicultura continental de consumo se sustenta, principalmente, en tres especies, dos exóticas como son la trucha y la tilapia, y una nativa: la cachama, además del bocachico y la carpa, que son especies marginales en la acuicultura (Merino et al., 2014). A nivel nacional, el departamento del Huila es el primer productor piscícola con el 46% de la producción nacional, seguido por Meta con el 13% y Tolima, Antioquia, Cundinamarca y Boyacá con el 5%. De esta forma, 6 departamentos representan el 74% de la producción Nacional piscícola (ICA, 2018).

En el caso del consumo aparente de los productos de la acuicultura y la pesca en Colombia, se observa que en los últimos veinte años se ha incrementado el consumo per cápita de estos productos al año, al pasar de 2,5 kilos en la década de los años 80's a 4,3 kilos en los 90's y 6.4 kilos en la actualidad, consumo inferior al promedio establecido por la FAO para Latinoamérica, planteado en 9.0 kilos (Esquivel et al., 2014). Se infiere que, en el país, la actividad agropecuaria, es la que más aporta a la seguridad alimentaria, para un gran número de la población de las riberas de los ríos y en los litorales colombianos.

En la cría, producción y reproducción de tilapia, es necesario darle un alto grado de importancia a la nutrición, debido a que, es el costo más elevado en el que se incurre en el proceso de generación de este producto, representando aproximadamente entre 70% y 80% del total del costo de producción. La alimentación y nutrición del animal es la que define e influye en gran medida en los beneficios monetarios de los productores. Un error o una mala coordinación por

parte de la empresa en la alimentación diaria, puede llevar al fracaso o una pérdida total de la inversión (Nations-FAO, 2018). En particular, el aumento en los costos de producción del cultivo de tilapia roja se ve influenciado por la utilización de concentrados alimenticios a base de harina de pescado, elevando el costo en la cría y levante, incrementando de forma directa el precio final al consumidor (Diaz et al., 2015). Con respecto a lo anterior, buscar alternativas que permitan maximizar el aprovechamiento de la proteína del alimento en términos nutritivos, es una buena opción para mejorar la gestión de la alimentación. En este sentido, en Colombia se han venido usando probióticos y prebióticos comerciales en el cultivo de organismos acuáticos. El uso de probióticos en el alimento ha demostrado tener un impacto significativo en la salud del pez, además del resultado económico en su producción; reduciendo el riesgo de enfermedades y la necesidad de medicamentos (Diaz et al., 2015).

Aunque se conoce el impacto positivo de los probióticos en la absorción de nutrientes procedentes de la alimentación en especies piscícolas, son pocos los estudios científicos realizados, especialmente en tilapia (Van Hai, 2015). Por tanto, se ve la necesidad de estudiar los diferentes beneficios en la nutrición, ya que su utilización depende de la especie (peces de agua dulce, salobre o marina), el estado de la producción (larva, alevines, juvenil, engorde), y el sistema de crianza (flujo continuo o recirculación, tanques, estanques o jaulas).

El propósito de este trabajo es conocer el efecto que produce el alimento enriquecido con probióticos y prebióticos, en el crecimiento y el aprovechamiento nutritivo de tilapia roja en diferentes fases de producción.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del alimento enriquecido con prebiótico y probióticos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de tilapia roja *Oreochromis spp.*

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento y el aprovechamiento nutritivo de tilapia roja *Oreochromis spp.* en la etapa de alevinaje, usando alimento comercial enriquecido con dos prebióticos y un probióticos.
- Evaluar el crecimiento y el aprovechamiento nutritivo de tilapia roja *Oreochromis spp.* en la etapa de juveniles, usando alimento comercial enriquecido con dos prebióticos y un probióticos.

3. Estado del Arte

3.1 Taxonomía *Oreochromis spp*

Tomada de (Toledo & García, 2000) la tilapia se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 1

Taxonomía de Oreochromis spp

REYNO	ANIMALIA
PHYLUM	Vertebrata
SUBPHYLUM	Craneata
SUPERCLASE	Gnathostomata
SERIE	Piscis
CLASE	Teleostomi
SUBCLASE	Actinopterygui
ORDEN	Perciformes
SUBORDEN	Percoidei
FAMILIA	Cichlidae
GENERO	Oreochromis
ESPECIE	<i>Oreochromis spp</i>

Nota: Tomado de Toledo y García (1998)

3.2 Tilapia Roja

La tilapia es un pez teleósteo del orden perciforme, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo. Son peces de aguas cálidas, pero toleran un amplio rango de temperatura del agua, son bastante resistentes a enfermedades, consumen una gran variedad de alimentos y toleran aguas con bajas concentraciones de oxígeno. La mayoría de especies de tilapia son tolerantes al agua salobre, algunas incluso resisten al agua de mar, y son capaces de desarrollarse adecuadamente en un amplio rango de calidades fisicoquímicas del agua. Para el consumidor es un producto de gran calidad (de carne blanca, sólida, de buen sabor y muy nutritiva) y se ha convertido en el segundo grupo de pescado acuícola cultivado en consumo y producción, tan solo detrás de las carpas (CTAQUA, 2018).

Se encuentran varias especies de las cuales se destacan la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y tilapia mossambicus *Oreochromis mossambicus*. En el caso del híbrido de tilapia roja es el resultado del cruzamiento de las especies anteriormente descritas, por medio de una selección y mejoramiento genético se establecieron un grupo de genes característicos de la especie como lo son su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, variaciones de temperatura, cambios de salinidad y una coloración característica rojiza. La ganancia en peso puede llegar a 600 gramos/año, rendimientos superiores a 600 toneladas/hectárea/año en sistemas de producción intensivos desarrollados en jaula o jaulones y a la gran facilidad para filetear (Jácome et al., 2019).

3.3 Distribución

Según Neto et al., (2018), los peces teleostáticos exhiben una gran diversidad de tamaños, colores, formas y especializaciones. Tales características permiten la colonización de distintos ambientes, permitiendo así la convivencia de varias especies en el mismo hábitat con diferentes hábitos alimenticios, además los autores describen a las tilapias como organismos tropicales dulceacuícolas principalmente, originarios de África, los cuales, debido a su facilidad de adaptación se encuentran actualmente distribuidos en la mayoría de los países tropicales y subtropicales con fines de productivos. Dentro de sus áreas originales de distribución, las tilapias han colonizado diversos hábitats, pues es un pez de aguas cálidas, dulces, salobres o salinas que puede adaptarse a aguas con baja concentración de oxígeno, por lo que también es común que habiten en aguas de poca corriente (lénticas), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas.

En la actualidad, China es el mayor productor de tilapia, adquiriendo una cuota de mercado en los mercados desarrollados, especialmente en los Estados Unidos de América y en menor medida en la Unión Europea. China también exporta cantidades importantes y cada vez mayores de tilapia a varios países africanos. Los peces de fondo tradicionales se obtienen principalmente de pesquerías situadas en el hemisferio norte, con la Federación de Rusia, los Estados Unidos de América y Noruega a la cabeza de la producción (Nations-FAO, 2018).

3.4 Morfología

Las tilapias presentan un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo, es generalmente comprimido y discoidal, raramente alargado. La boca es protráctil, generalmente ancha, a menudo

bordeada por labios gruesos, las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Para su locomoción poseen aletas pares (pectorales y ventrales) e impares (dorsales duras y blandas, anal y caudal). La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta. La aleta caudal es redonda, trunca y raramente cortada, como en todos los peces, esta aleta sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación y al lanzarse en el agua (Castillo, 2011).

Figura 1

Morfología de la Tilapia Roja



Fuente: Propia

La morfofisiología del tracto digestivo es importante para que los peces pueden extraer los nutrientes máximos de cierta comida y esta característica definirá su preferencia y causará más adaptaciones anatómicas; además se describe, que la boca está provista de una estructura calcificada y dentada (dentículos), presentando un par de líneas superior e inferior, con tamaños similares, como se puede observar en la figura 2. Estas estructuras (dentículos), que son comunes a la especie, sirven para capturar y moler alimentos parcialmente comidos, ya que no tienen dientes molariformes (Neto et al., 2018).

Seguido de los esófagos; el primero es corto, que es un simple pasaje muscular y el esófago largo, que actúa en la regulación osmótica siendo en algunas especies impermeable a ciertos iones como sodio y magnesio, este se continúa con el estómago. La tilapia tiene el intestino anterior (esófago y estómago), intestino medio (mayor extensión) e intestino posterior (recto y ano). Esta distribución es común en los teleósteos (Costa et al., 2015).

Costa et al., (2015), describen otra glándula digestiva, el páncreas, representado por pequeños fragmentos redondos, no muy fáciles de observar a simple vista pues está incluido en la grasa que rodea a los ciegos pilóricos. El sistema circulatorio, está constituido por el corazón, órgano redondeado, generalmente bilobular, compuesto por tejido muscular, y localizado en la base de la garganta. Poseen una vejiga natatoria adherida a la base intermedia por debajo de la columna vertebral, es una bolsa alargada, es un órgano hidrostático que le sirve para flotar a diferentes profundidades.

El sistema excretor, está constituido por un riñón que es un filtro ovoide compuesto por un solo glomérulo, por el que fluye la sangre mediante unos tubos hacia los uréteres, que secretan en la vejiga natatoria y desde ella hacia el exterior. El sistema reproductor está constituido por un par de gónadas. En las hembras, los ovarios son de forma alargada y tubular de diámetro variable. En los machos los testículos también son pares y están situados en la parte superior por encima del hígado y por debajo de la vejiga natatoria, en forma de pequeños sacos alargados (Castillo, 2011).

3.5 Alimentación

Las larvas de tilapia se alimentan de zooplancton mediante filtración. Los individuos adultos son omnívoros, se alimentan de zooplancton, fitoplancton, insectos en el medio natural, esto se da posiblemente por las adaptaciones estructurales a este tipo de dieta; son principalmente

un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos, que utilizan para cortar y rasgar plantas y hojas fibrosas. En condiciones de cultivo toleran muy bien la alimentación artificial, piensos secos balanceados con un bajo porcentaje en proteínas; esta particularidad hace posible disminuir el contenido en harinas y aceites de pescado de los piensos, muy importante hoy día para conseguir que la acuicultura sea una actividad totalmente sostenible (CTAQUA, 2018).

3.6 Requerimientos nutricionales

3.6.1 Proteína

En un informe realizado por el Centro Tecnológico para la Acuicultura (2018), las proteínas son componentes esenciales, consideradas como el constituyente más importante de cualquier célula viviente, representan el grupo químico más abundante en el cuerpo de los animales, a excepción del agua. Una función importante de las proteínas es la reparación del tejido dañado y desgastado y la formación de tejido nuevo. La proteína que se suministra en la dieta es requerida para la formación de sustancias biológicamente importantes, tales como los anticuerpos, y también se emplea como fuente de energía. Los requerimientos de proteína para un óptimo crecimiento dependen de la calidad de la fuente proteica, del tamaño del pez, y del contenido energético de la dieta. El rango de variación del contenido proteico según la etapa del ciclo de vida de la tilapia viene expresado en la siguiente tabla:

Tabla 2
Requerimientos proteicos de la Tilapia según el ciclo de vida

Requerimiento proteico (agua dulce)		
Ciclo de vida	Peso (g)	Requerimientos (%)
Larva	-	45-50
Alevines (I)	0,02-1	40
Alevines (II)	1-10	35-40
Juveniles	10-25	30-35
Adultos	25-200	30-32
	>200	28-30
Reproductores	-	40-45

Nota: Datos tomados de la FAO (2018)

3.6.2 *Aminoácidos*

Los requerimientos de aminoácidos sulfurados pueden ser atendidos con metionina o una mezcla de metionina y cistina, y las necesidades de aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, pueden ser atendidos parcialmente por la tirosina (NRC, 1993). Estudios recientes recomiendan una proporción de metionina y cistina de 50:50 para mejorar el rendimiento de tilapia de Nilo. El requerimiento de lisina para la fase de engorde es de 1,42%, con dietas elaboradas a base de maíz y torta de soja. Para alevines de tilapia aplicando el concepto de proteína ideal y dietas con maíz y torta de soja, se requiere el 1,70% de lisina digestible (Bomfim et al., 2010).

Los diez aminoácidos que no son sintetizados por los peces, son conocidos como aminoácidos esenciales y deben ser suministrados en la dieta en cantidades adecuadas como se muestra la tabla 3.

Tabla 3
Porcentaje total de aminoácidos

Parámetros	% del total de AA (analizado)
Arginina (Arg, R)	1.81
Histidina (His, H)	0.75
Isoleucina (Ile, I)	1.34
Leucina (Leu, L)	1.46
Lisina (Lys, K)	2.2
Metionina (Met, M)	0.75
Fenilalanina (Phe, F)	2.38
Treonina (Thr, T)	1.7
Triptófano (Trp, W)	0.43
Valina (Val, V)	1.2

Nota: Tomada de Guiscafrè (2018)

3.6.3 Lípidos, vitaminas y minerales

Los lípidos en la dieta proveen una mayor fuente de energía facilitando la absorción de vitaminas solubles en grasa, juegan un importante rol en la estructura y función de la membrana, sirven como precursor para hormonas esteroideas y prostaglandinas, sirviendo además como fuentes metabolizables de los ácidos grasos esenciales. Cuando los lípidos en la dieta contengan una considerable cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, se deberá prestar atención para prevenir que se oxiden ya que se vuelven tóxicos, reducen la disponibilidad de otros nutrientes e impactan en la calidad de la carne de pescado (Guiscafré, 2019).

En trabajos realizados por Keong W (2014) se describe que los minerales son elementos inorgánicos que incluyen al magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe), calcio (Ca),

fósforo (P), cinc (Zn), cromo (Cr) y cobre (Cu). Éstos juegan un papel vital en la función de las enzimas, incluyendo a muchas de las enzimas responsables de la digestión, el intercambio de gases, el equilibrio ácido/base y la osmorregulación. Los niveles óptimos de minerales para la tilapia están influenciados por la composición iónica del agua de cultivo, la forma del mineral utilizado en los alimentos, y las interacciones con las proteínas y carbohidratos presentes en los alimentos.

La deficiencia o exceso en la concentración de minerales pueden resultar en una reducción del rendimiento y, por lo tanto, deben ser considerados de manera cuidadosa. A menudo se añade fosfato dicálcico (DCP) a los alimentos para tilapia, ya que se demostró ser un componente esencial para un óptimo crecimiento y mineralización ósea, y es probable que se convierta en un nutriente limitante cuando se utilizan ingredientes de origen vegetal en la formulación de los alimentos balanceados. Los minerales traza incluyen al Cr, Zn, Cu y Fe. La mayoría de los estudios han demostrado que la suplementación de todos estos minerales en la dieta mejora el crecimiento de la tilapia.

Las vitaminas son nutrientes orgánicos, esenciales para una amplia variedad de procesos, incluyendo ayudar en la utilización de los nutrientes, mejorar la respuesta inmunológica, proporcionar protección antioxidante y mantener otros procesos fisiológicos básicos. Las vitaminas son clasificadas en vitaminas solubles en agua y vitaminas solubles en lípidos, lo que tiene implicaciones para su almacenamiento a largo plazo, tanto en los alimentos como en los tejidos de tilapia. El grupo de las vitaminas B juega papeles esenciales en el metabolismo de los peces y la producción de eritrocitos. A pesar de que estas vitaminas se pueden encontrar en fuentes naturales vegetales o animales, es común suplementarlas a través de la dieta. Las vitaminas B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B5 (ácido pantoténico), B6 (piridoxina) y B7 (biotina)

son esenciales para un óptimo crecimiento y utilización de nutrientes en la tilapia y cuando están deficientes causan una baja tasa de crecimiento, síntomas neurológicos, lesiones y hemorragias.

Se ha demostrado que la vitamina C tiene un efecto de ahorro en vitamina E, es esencial para la síntesis del colágeno y mejora el crecimiento y la resistencia inmunológica de la tilapia a bacterias patógenas. De la misma manera que para la vitamina E, la vitamina C tiene propiedades antioxidantes, sin embargo, ya que es insoluble en lípidos persiste menos tiempo, particularmente en su forma de ácido L-ascórbico (Keong & Romano, 2014).

Tabla 4

Requerimientos de aminoácidos para Tilapia

Mineral	Forma del mineral	Nivel recomendado
Calcio (Ca)	Sulfato de Ca	7 mg/kg
	Lactato de Ca	3.5 - 4.3 mg/kg
Cromo (Cr)	Cr ₂ O ₃	204 mg/kg
	Cr-pic	No necesario
Potasio (K)	Cloruro de Potasio KCl	2- 3 g/kg
Magnesio (Mg)	Acetato de Mg (4H ₂ O)	0.59 - 0.77 mg/kg
	MgSO ₄	5 g/kg
Hierro (Fe)	Citrato férrico	150 - 160 mg/kg
	Sulfato ferroso	85 mg/kg
Fósforo (P)	Fosfato sódico monobásico	5 g/kg
Sodio (Na)	Cloruro de sodio NaCl	1.5 g/kg
NaCl	NaCl	3.0 - 3.5 g/kg
Zinc (Zn)	Sulfato de Zinc (7H ₂ O)	30 mg/kg
	Sulfato de Zn monohidrato	79.5 mg/kg

Nota: Tomado del documento de Keong (2014)

3.7 Sistema de Producción

En las últimas décadas dentro del sector acuícola, se han diseñado una serie de sistemas de producción para el cultivo de diversos organismos acuáticos, orientados a disminuir la utilización del agua y del espacio, aumentando considerablemente la densidad de cultivo (Monroy et al., 2013). En el cultivo de tilapia roja, se emplean diferentes sistemas de producción; el sistema de estanques en tierra, el sistema de jaulas o jaulones flotantes en cuerpos de agua (embalses de hidroeléctricas o reservorios de agua para distritos de riego), los sistemas de recirculación (RAS por sus siglas en inglés), que son una tecnología de producción intensivo con el fin de disminuir el gasto del recurso hídrico, ya que se reutiliza el 95% de agua a través de varios componentes (Soto-Zarazúa et al., 2010), al igual que la acuaponía (cultivos integrados entre peces y plantas) (Syafiqah et al., 2015) y los bioflocs (combinación de microcosmos, bacterias heterotróficas, microalgas y peces), las cuales tiene su uso práctico con técnicas de cultivo en RAS (Crab et al., 2012).

Según Esquivel et al., (2014), describen en un documento de compilación de información elaborado para la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), algunos aspectos básicos que se deben tener en cuenta para la producción de tilapia:

a) disponibilidad y calidad del agua, debe ser tomada de quebradas, ríos, embalses, lagunas o ciénagas a una distancia razonable de 0 a 500 metros y no mayor a 2 kilómetros de los estanques. Captación mínima de 1 litro por segundo a un máximo de 60 litros por segundo de caudal. En cuanto a la calidad, el agua a utilizar no debe contener: residuos de insumos agropecuarios como insecticidas, fungicidas o herbicidas, residuos industriales, mineros o domésticos como detergentes derivados del petróleo. De igual forma, la temperatura óptima de 22 a 26°C, oxígeno disuelto mínimo de 4 ppm¹, acidez de 5,0 a 9,0 de pH con un valor ideal de 7,5. La turbidez del

agua aumenta cuando se tienen densidades de siembra muy altas, excesos en la alimentación y en la aplicación de fertilizantes. En este sentido, se programan monitoreos, realizando muestreos diarios en la mañana y tarde para la medición del oxígeno disuelto, el pH o acidez, temperatura y turbidez del agua a la entrada, en el estanque y a la salida, por lo que se debe contar con un kit portátil de laboratorio.

b) El suelo sobre el cual se construye el estanque debe contener mínimo 30% de arcillas o estar en un rango óptimo del 35 a 50%; con esta cantidad de arcilla en el suelo se evita la pérdida de agua por filtraciones. Realizar análisis químicos con el fin de descartar la presencia de metales pesados y plaguicidas que puedan contaminar, afectar la salud de los peces y amenazar la inocuidad del producto

c) La pendiente del terreno más indicada para la ubicación de los estanques está en el rango de 0 a 7%, siendo moderadamente aptas las pendientes de hasta el 25%. La pendiente es un factor que determina la facilidad y el costo de construcción de los estanques; a mayor pendiente, mayor dificultad y mayor costo.

3.7.1. Biofloc

Según (Chaverra Garcés et al., 2017); la técnica de cultivo de Biofloc (BFT, Biofloc Technology), también conocida como cultivos en suspensión activa o lagunas heterótrofas, fue desarrollada para resolver problemas de calidad de agua producidos por los residuos de alimento y excreciones de los organismos de cultivo, convirtiendo el exceso de nutrientes en los sistemas de acuicultura en biomasa microbiana, que a su vez es consumida por los animales en cultivo. Los flóculos microbianos formados a partir de una alta relación carbono: nitrógeno en el agua, con poco o nulo recambio y alta oxigenación, en los cuales se utilizan dietas con bajo contenido de

proteína cruda o fuentes de carbono externo tales como melaza (caña de azúcar) salvado de arroz, salvado de trigo, entre otros, lo que permite el crecimiento de una comunidad microbiana, sobre todo de bacterias heterótrofas, que metabolizan los carbohidratos y toman nitrógeno inorgánico (principalmente NH_4), reduciendo sus niveles y mejorando la calidad del agua. La tilapia puede consumir esta biomasa microbiana, que puede sustituir a la proteína en la ración formulada, lo que aumenta la eficiencia general de la utilización de proteína (Green et al., 2018).

3.8 Probióticos

3.8.1. Definición de Probióticos

Según la definición de la OMS / FAO, los probióticos son "microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidad adecuada, confieren salud beneficios en el huésped (Hill et al., 2014). En acuicultura, los probióticos se han utilizado como suplementos alimenticios para mitigar problemas asociados con antibióticos u otros químicos (Elbashir et al., 2018). El uso excesivo de antibióticos o productos químicos puede alterar la ecología del sistema de cultivo y puede provocar resistencia a los antibióticos.

3.8.2. Ventajas de los Probióticos

Los probióticos actúan sobre el organismo huésped produciendo compuestos inhibidores, estimulando función inmune, mejora del equilibrio microbiano y estado antioxidante del pez huésped (Van Doan et al., 2018). También se han utilizado como productores de enzimas, generadores de compuestos antimicrobianos, agentes de control de enfermedades y mejoradores de la calidad del agua en el sistema de acuicultura (Kralik et al., 2018; Midhun et al., 2016).

Los probióticos se utilizan principalmente en la acuicultura para obtener mayor crecimiento. El metabolismo efectivo de los alimentos suplementados es esencial para lograr aumento del crecimiento de los peces cultivados (Dawood & Koshio, 2016). La capacidad digestiva del organismo está relacionada con el crecimiento y el metabolismo del organismo. Por lo tanto, las enzimas digestivas juegan un papel importante en la mejora del crecimiento en los peces. Mejora en la producción de enzimas digestivas como la proteasa, la lipasa y la amilasa mejoran la utilización de la alimentación y eficiencia de asimilación de la alimentación del organismo huésped (Valipour et al., 2019).

3.9 Prebióticos

3.9.1. Definición de Prebióticos

Según (Gibson et al., 2017), un prebiótico es “un sustrato que es utilizado selectivamente por microorganismos del hospedador que confieren un beneficio para la salud” y suelen consumirse como suplementos alimentarios. Son diversos los mecanismos por los que sustratos pueden ejercer su acción beneficiosa sobre la salud actuando, entre otras dianas de acción, sobre la microbiota intestinal o sobre el sistema inmune del hospedador (Simpson & Campbell, 2015), 2015). De acuerdo con Dawood & Koshio (2016), los prebióticos pueden ser considerados como un suplemento dietético beneficioso para mejorar el rendimiento del crecimiento, mejora de las actividades de enzimas digestivas, impulsaron las respuestas inmunes y el aumento de la resistencia al estrés.

A su vez, Bindels et al., (2015), los define como un compuesto no digerible que, a través de su metabolización por microorganismos en el intestino, modula la composición y/o actividad

del microbiota intestinal, lo que confiere un efecto beneficioso en el hospedero como mejora del crecimiento y eficiencia de la alimentación.

3.9.2. *Ventaja de los Prebióticos*

Según (Gibson et al., 2017), mencionan que los prebióticos tienen el potencial de mejorar salud humana y animal y reducir el riesgo de enfermedades mediado por alteraciones del microbiota.

Otros autores como Rodrigues et al. (2018), describen que los animales que fueron alimentados con suplementos dietéticos con prebióticos; mejoró la supervivencia en un 10% en comparación con el grupo control y se evidenció una mayor producción de aniones superóxido; demostrando la efectividad de combinar estas dos prácticas de bioseguridad en estanques camaroneros susceptibles a enfermedades por el manejo de altas densidades de producción.

Panigrahi et al. (2018), comentan que se puede optimizar los beneficios sanitarios que ofrecen los sistemas Biofloc (SB) en las producciones acuícolas al combinar técnicas como la suplementación con prebióticos y el adecuado manejo de la relación C:N para la composición de la comunidad bacteriana del sistema; obteniendo además, efectos benéficos para la calidad del agua, al eliminar compuestos y metabolitos nitrogenados potencialmente tóxicos para los peces (nitritos y nitratos) mediante su recaptación y reciclaje en proteína bacteriana aprovechable por los organismos acuáticos algo que confirma en sus estudios (Xu et al., 2018); lo que redunda en beneficio del rendimiento productivo de los animales y en el mantenimiento de la sanidad de las especies acuáticas de producción (Hernández et al., 2019).

Los Prebióticos tienen la capacidad de optimizar la sostenibilidad de la explotación del cultivo, podemos decir que unos de los prebióticos más utilizados en la acuicultura son los manano oligosacáridos más conocidos como MOS, estos son carbohidratos complejos que provienen de la

pared celular de levadura de la *Saccharomyces cerevisiae*. Tiene como función el bloqueo de la adhesión de patógenos bacterianos a través de la no adherencia de la lectinas de las bacterias con los carbohidratos que se encuentra en la capa superficial de la células intestinales de los crustáceos, por ende impide la colonización de los patógenos provocadores de infecciones y a la vez es una excelente alternativa a los antibióticos convencionales, por lo general los acuicultores incluyen también estos componentes en la dieta del camarón de manera indirecta que ayuda microbiótica intestinal (Gainza & Romero, 2017).

Los prebióticos ejercen su acción a través de la modulación de la composición de la microbiota intestinal. De esta forma, estimulan el crecimiento de bacterias beneficiosas reportadas en peces, moluscos y crustáceos, como *Lactobacillus* mientras que limita la presencia de bacterias potencialmente patógenas, como *Vibrio*, *Aeromonas* y *Streptococcus* (Gainza & Romero, 2017). Otros efectos de los prebióticos, como la modulación del sistema inmune, se pueden considerar indirectos porque son mediados por los cambios promovidos en la composición y/o actividad de la microbiota intestinal (Bindels et al., 2015).

3.9.3. *Probióticos y Prebióticos utilizados en el estudio*

- **OREGO-STIM®**

Según el laboratorio COMERVET S.A.: Es un antibiótico de origen vegetal (Fitobiótico) hecho a base de aceites esenciales del híbrido de *Oreganum vulgare hirtum* al 5%, el cual contiene diferentes grupos químicos (terpenos, esteroides, alcoholes, fenoles) ingredientes que poseen potente poder curativo y preventivo. Está indicado en la prevención y tratamiento de enfermedades gastrointestinales, así como para preservar la integridad de la mucosa intestinal del ganado bovino, ovino, caprino, aves, cerdos, camarones y peces. Controla las poblaciones de coccidia en animales

jóvenes y adultos. Previene nuevas agresiones del intestino por ooquistes de coccidia. Estimula el desarrollo de las vellosidades intestinales. Preserva la longitud de la vellosidad. Equilibra la población bacteriana intestinal. Aumenta la disponibilidad de los nutrientes consumidos.

Tabla 5

Características de Oreganum vulgare hirtum

<i>Oreganum vulgare hirtum</i>	
Composición	5%
Acción	Antibiótica, fitobiótica, promotor del crecimiento de vellosidades intestinales.
Modo de aplicación	Solución y Polvo Premix
Presentación	Frasco por 100 ml y 1 litro. Envase por 5 y 25 kg
Registro	9798 SL y 9799 SL

Fuente: Propia

- **BIO MOS®**

Bio-Mos®, juega un papel crítico en la nutrición y producción animal. Bio-Mos®, un producto único derivado de una cepa seleccionada de levadura *Saccharomyces cerevisiae* que utiliza un proceso patentado desarrollado por Alltech, se incorpora a las dietas animales para apoyar el rendimiento general del animal. Efectivo durante todas las fases de crecimiento, Bio-Mos® está diseñado para alimentar el tracto gastrointestinal, maximizando así el rendimiento y la rentabilidad:

- ✓ Se deriva de una cepa seleccionada de levadura *Saccharomyces cerevisiae* utilizando un proceso patentado desarrollado por Alltech.
- ✓ Apoya el rendimiento general de los animales.

- ✓ Es un producto utilizado para mantener la salud y la integridad gastrointestinal con una presencia en el mercado de más de 20 años y cuenta con el respaldo de más de 734 ensayos y 114 publicaciones revisadas por pares.
- ✓ Refuerza la función del sistema digestivo.

Todas las especies:

- ✓ Mejora la eficiencia alimenticia
- ✓ Contribuye al desarrollo del sistema inmunitario.
- ✓ Participa en la normalización de la microflora intestinal.
- ✓ Estimula las defensas naturales del organismo.
- ✓ Refuerza la función del sistema digestivo.
- ✓ Contribuye a la comercialización de carne, huevo y leche.

- **MICROORGANISMOS BIOSA®**

Los Microorganismos Biosa® han sido aprobados y ampliamente utilizados en procesos de producción agrícola, de recuperación de suelos, de producción orgánica y como sustituto fertilizante; en la producción animal (ganadería, porcicultura, avicultura, apicultura, piscicultura, equina y mascotas); como estabilizador, desodorante, homogenizador y acelerante de la descomposición de materia orgánica, residuos de cosecha, residuos orgánicos, basuras y biosólidos; en el tratamiento de aguas – biorecuperación de aguas servidas, aguas residuales, pozos sépticos, lixiviados, reservorios, lagunas de oxidación, clarificación y sedimentación; y como tratamiento de algunas enfermedades en humanos. Se utilizan y comercializan en más de 31 países alrededor del mundo.

Los Microorganismos Biosa[®] cumplen con los estándares y sellos internacionales de producción (BPM, HACCP), de calidad (producto 100% orgánico certificado y producto ecológico para la agricultura ecológica según las normas técnicas del reglamento CEE 2092/91 europeo) y de seguridad (El departamento de agricultura de EE.UU incluyó a todos los microorganismos presentes en nuestros productos dentro de la categoría de Generally recognized as safe y la FDA los incluyó dentro de la categoría de Food Grade, el Ministerio de Alimentos, Pesca y Agricultura Danés los aprobó como nutriente, fueron aprobados por la CFIA (Canadian Food Inspection Agency) de Canadá para el consumo humano y animal. La mezcla de Microorganismos Biosa[®] fue desarrollada en Europa por la empresa internacional de productos biotecnológicos Biosa ApS. Los productos son una mezcla de hierbas aromáticas y otras plantas medicinales, que han sido fermentadas por una combinación especial de cultivos microbianos, en ella se cuentan 90 billones de Microorganismos Benéficos por litro.

4. Materiales y Métodos

4.1 Descripción general de la Instalación

La fase experimental se realizó en la Empresa Piscícola Campo Alegre, localizada en el corregimiento de Agua Clara, jurisdicción del municipio de Palmira, Valle del Cauca, con una altura sobre nivel del mar de 1050 m, y una temperatura promedio de 26 a 28°C.

Toda la fase experimental se desarrolló en un estanque en tierra, con una superficie de 6400 m² y un volumen aprox. de 7680 m³, utilizando un sistema de recirculación abierta. En el estanque se ubicaron 24 hapas o jaulas construido en sarán al 70 por ciento de transparencia con cubrimiento U:V de color negro; con ojo reducido de malla de 1 mm lo cual previno el paso de alimento y

peces de una hapa a otra, cada hapa tenía una capacidad de 4 m³ y estuvieron distanciadas por 3 metros una de otra.

Se acondicionó el estanque antes de su llenado; realizando una desinfección por aspersión con lejía de cloro al 4% ciento en fondo y paredes. Finalmente se distribuyó cal dolomita sobre la superficie del estanque para mejorar las condiciones de pH el cual estaba en 5,2. No se fertilizó el estanque para evitar la proliferación de Fito y Zooplancton y así reducir en lo mayor de lo posible el consumo de otro alimento diferente a las dietas experimentales.

4.2 Preparación de las Dietas

4.2.1 Materiales e Insumos

Los materiales e insumos empleados fueron:

- Azúcar morena
- Agua
- Aceite vegetal
- Melaza
- Bio-mos[®]
- Orego-stim[®]
- Moo Biosa[®]
- Implementos plásticos (Balde, coladores, agitadores)
- Telas para filtros (tela zaram)
- Balanza Digital 0.01 g

4.2.2 Alimento

Se utilizó dos concentrados extrudados comerciales con 38 y 32 por ciento de proteína, diseñados química y físicamente para las fases productivas de alevinaje y juveniles fabricados por

la casa Itacol S.A.® Colombia, y se enriqueció con un prebiótico y dos probióticos, que consistió de la siguiente manera:

Con el probiótico Biosa®, se utilizó una cantidad a razón de 20 cm³/ Kg; y con el probiótico Bio-mos® y el prebiótico Orego-stim® se utilizaron 0,8 gr / kg. El fabricante recomienda para alimento extruido en planta 0.5 gr/kg. Por efectos de reducir pérdidas en el agua, se realizó un ajuste superior al 40% de la dosis recomendada, tratando de garantizar la ingesta del pre y probióticos incorporados en el alimento.

Para enriquecer el alimento con el prebiótico y los probióticos, se preparó un jarabe con 200 cm³ de melaza, 330 g de azúcar morena y 200 cm³ de agua, estos ingredientes se mezclaron hasta obtener una mezcla uniforme; posteriormente, se completó con 500 cm³ de aceite con el fin de mejorar la adherencia al pellet, estas cantidades se utilizaron para enriquecer baches de 20 kg para cada alimento (38% y 32% de proteína). La forma de adicionar este preparado al alimento fue utilizando una mezcladora para aditivos tipo horizontal a bajas revoluciones durante 15 minutos, seguidamente se puso a secar a la sombra durante 24 horas y se almacenó el alimento. Tener en cuenta que esta práctica para enriquecer el alimento es similar a la utilizada por el productor, siguiendo las recomendaciones aportadas por los técnicos acuícolas representantes de las casas fabricantes del pre y probióticos. El alimento conservó su forma y la flotabilidad del pellet se mantuvo; no alterando su estructura física (Tabla 6).

Tabla 6

Ingredientes y cantidad para enriquecer con pre y probióticos baches de 20 kg de alimento (concentrado 38% y 32% proteína)

Ingredientes	Cantidad
Melaza	200 g
Aceite Vegetal	500 cm ³
Probiótico Biosa [®]	400 cm ³
Probiótico Bio-mos [®]	16 g
Prebiótico Orego-Stim [®]	16 g
Azúcar Morena	330 g
Agua	200 cm ³

Fuente: Propia

4.3 Pruebas Experimentales

Para alcanzar los objetivos propuestos, se propuso realizar dos pruebas experimentales los cuales se diseñaron de la siguiente manera:

4.3.1. Prueba I Etapa de Alevinaje

Se utilizaron 600 alevinos de tilapia roja con un peso promedio de $1,22 \pm 0,142$ g, distribuidos en doce hapas o jaulas, en cada una de ellas se establecieron 50 alevinos para una densidad de 12.5 peces /m³, y se diseñaron cuatro tratamientos cada uno compuesto por tres repeticiones o replicas.

T0: Alimentación solo con concentrado comercial.

T1: Alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Bio-mos[®].

T2: Alimentación con concentrado comercial enriquecido con prebiótico Orego-stim[®].

T3: Alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Biosa[®].

El alimento se suministró manualmente a saciedad en seis (6) raciones diarias, iniciando a las 8:00 horas y terminando a las 16:00 horas para todos los tratamientos. Diariamente se registró la cantidad de alimento suministrado.

4.3.1.1 Desarrollo Experimental

Durante el periodo experimental, los alevinos fueron muestreados individualmente, en cuatro ocasiones, a los 15, 30, 45, y 60 días. Para garantizar el bienestar animal y no generar estrés, se utilizó una solución tranquilizante compuesta por Eugenol 30 mg /litro (Millán et al., 2012). Los muestreos permitieron realizar el seguimiento del crecimiento de talla y peso, los instrumentos utilizados para tal fin, fueron una balanza digital marca SIPESA 1000 g / 0,01 gr y un Ictiometro graduado en unidades de mm; la medida tomada fue Longitud Total desde la punta de la cabeza hasta la parte posterior de la aleta caudal del pez. A su vez, se sacrificaron diez alevinos del lote inicial y diez alevinos por tratamiento al final de la prueba, y se realizaron pruebas de laboratorio para establecer el porcentaje de proteína y energía corporal.

4.3.2. Prueba II Etapa Juvenil

Se utilizaron 600 peces en la etapa juvenil de tilapia roja con un peso promedio de $37,9 \pm 1,74$ g, distribuidos en doce hapas o jaulas, en cada una de ellas se establecieron 50 juveniles para una densidad de 12.5 peces /m³, y se diseñaron cuatro tratamientos cada uno compuesto por tres repeticiones o replicas.

T0: Alimentación solo con concentrado comercial.

T1: Alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Bio-mos[®].

T2: Alimentación con concentrado comercial enriquecido con prebiótico Orego-stim[®].

T3: Alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Biosa®.

El alimento se suministró manualmente a saciedad en cuatro (4) raciones diarias, iniciando a las 8:00 horas y terminando a las 16:00 horas para todos los tratamientos. Diariamente se registró la cantidad de alimento suministrado.

4.3.2.1. Desarrollo experimental

Durante el periodo experimental, los juveniles fueron muestreados individualmente, en cuatro ocasiones, a los 15, 30, 45, y 60 días. Para garantizar el bienestar animal y no generar estrés, se utilizó una solución tranquilizante compuesta por Eugenol 30 mg /litro (Millán et al., 2012). Los muestreos permitieron realizar el seguimiento del crecimiento de talla y peso, los instrumentos utilizados para tal fin, fueron una balanza digital marca SIPESA 1000 gr / 0,01 gr y un Ictiometro graduado en unidades de mm; la medida tomada fue Longitud Total desde la punta de la cabeza hasta la parte posterior de la aleta caudal del pez. A su vez, se sacrificaron diez (10) juveniles del lote inicial y diez (5) juveniles por tratamiento al final de la prueba, y se realizaron pruebas de laboratorio para establecer el porcentaje de proteína y energía corporal.

4.4. Variables respuesta

Para medir la respuesta de crecimiento y aprovechamiento nutritivo de los peces en las dos pruebas (Prueba I: Alevines, Prueba II: Juveniles), se midieron las siguientes variables respuesta:

- **Peso Inicial (Pi) (g):** Peso al inicio de las pruebas
- **Peso Final (Pf) (g):** Peso al final de terminada la prueba
- **Tasa de Crecimiento Instantáneo (% día-1) (TCI) =**
 $100 \times \ln (\text{Peso final} / \text{Peso inicial}) / \text{días}$

- **Tasa de Alimentación Diaria (g 100 g Pez-1 día-1) (TAD) =**
 $100 \times \text{ingesta total (g)} / \text{biomasa media (g)} \times \text{día}$
- **Índice de Conversión del Alimento (ICA) =**
 $\text{Ingesta total del alimento (kg)} / \text{incremento de la biomasa (kg)}$
- **Composición corporal:**
 - Proteína corporal (%)
 - Energía corporal (cal g-1)

4.5. Análisis Químico

El análisis químico de la composición corporal de los alevines y juveniles de tilapia se realizó siguiendo la metodología de la (AOAC, 1990) para proteína y energía. Para el análisis corporal, primero se procedió a triturar los peces enteros de cada réplica y luego se homogenizó una muestra por tratamiento, cada muestra se realizó por triplicado. Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Producción Animal, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Los parámetros analizados fueron:

Proteína bruta: mediante el método KJELDAHL

Energía: mediante el análisis de poder calorífico, utilizando la bomba calorimétrica.

4.6. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo para ambas pruebas (variables respuesta), se realizó mediante un modelo ANOVA (PROC MIXED), empleando como factor el tratamiento, siendo cada réplica la unidad experimental. El programa estadístico utilizado fue el SAS® (Statistical Analysis Institute, 2006)

5. Resultados y Discusión

5.1. Parámetros de Calidad de Agua

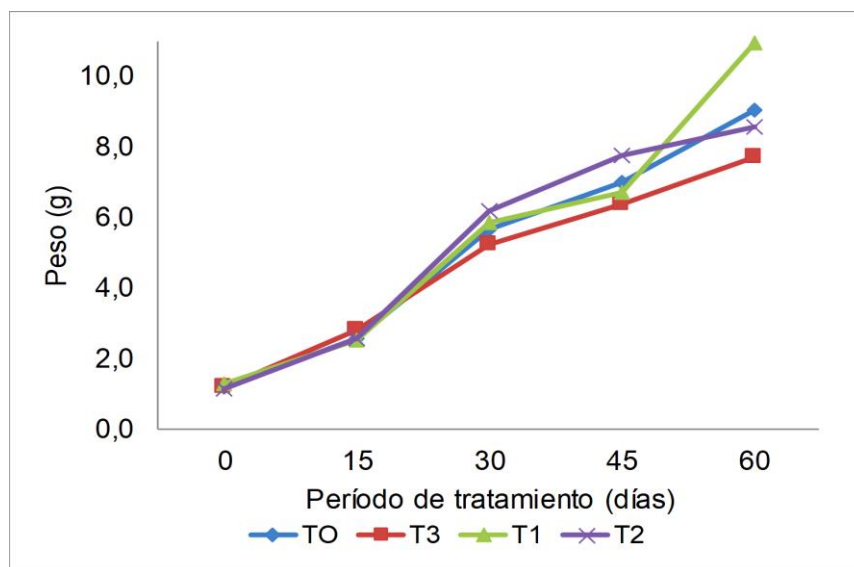
Los valores de los parámetros físicos y químicos del agua fueron los ideales para la producción de Tilapia en el periodo de tiempo de duración de las dos pruebas, promediando 28.5 ± 1.1 °C para la temperatura, 6.6 ± 0.5 para pH y 3.8 ± 0.4 mg L⁻¹ para el oxígeno disuelto (Moreira *et al.*, 2001).

5.2. Prueba I Etapa de Alevinaje

La evolución de los pesos medios de los cuatro tratamientos durante los 60 días de duración de la prueba, se reflejan en la figura 2. Todos los tratamientos crecieron de forma similar, alcanzando un peso final el rededor de los 9 g.

Figura 2

Pesos medios (g) durante la fase de alevines



Nota: La figura muestra la evolución de los pesos (g) de los alevines en el tiempo, dependiendo del tipo de tratamiento. Fuente: Propia

En la Tabla 7, se describen los valores globales de crecimiento y eficiencia nutritiva de las tilapias en la prueba. Al respecto, los resultados obtenidos del Peso medio final y la Tasa de Crecimiento Instantáneo (TCI), no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, ajustándose los valores dentro de un margen estrecho.

Tabla 7

Parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva en alevines

Tratamiento	T0	T1	T2	T3	ES
Parámetros					
PI (g)	1,21	1,32	1,15	1,22	±0,56
PF (g)	9,03	10,93	8,59	8,74	±0,20
^w TCI (%)	3,30	3,53	3,35	3,10	±0,06
^x TAD (%)	3,40	3,10	3,80	3,80	±8,60
^y ICA	1,40	1,23	1,53	1,61	±16,2
Proteína BA (%)	62,14 ^{ab}	62,42 ^a	58,69 ^{bc}	58,30 ^c	±0,05
Energía BA (cal g ⁻¹)	5249,99	5322,38	5374,34	5708,33	±0,56

Fuente: Propia

Media de 3 réplicas por tratamiento. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, p-value<0.05.

^w Tasa de Crecimiento Instantáneo (% día⁻¹), TCI= 100 x ln (Peso final / Peso inicial) / días

^x Tasa de Alimentación Diaria (g 100 g Pez-1 día⁻¹), TAD = 100 x ingesta total (g) / biomasa media (g) x día

^y Índice de Conversión del Alimento, ICA = ingesta total del alimento (g) / incremento de la biomasa (g)

BA = Base seca

Los resultados de crecimiento arrojados por la prueba en etapa de alevinaje difieren con los encontrados por Prieto et al., (2006) en crustáceos del suborden cladóceros, el probiótico Biomos[®] mejoro el crecimiento argumentado por poseer una pared celular compuesta en promedio

con un 7% de proteínas, 11% de lípidos y altos niveles de vitamina del complejo B. Otros autores como Lara-Flores et al. (2003), encontraron diferencias significativas evaluando tres tipos de probióticos, dos bacterias (*Streptococcus faecium* y *Lactobacillus acidophilus*) y una levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) mejorando el crecimiento en la tilapia del Nilo.

En un estudio realizado por Azevedo et al. (2016), evaluaron la suplementación de prebióticos (oligosacáridos de Mannano - MOS, de levadura *Saccharomyces cerevisiae*), probióticos (*Bacillus subtilis*) y su combinación en dietas para alevines de tilapia del Nilo. Los peces alimentados con dietas de prebióticos, probióticos y combinación de los dos, se desempeñaron mejor en ganancia de peso (Pf) y Tasa de Crecimiento Instantáneo (TCI), que aquellos alimentados con la dieta de control. Díaz et al., (2014), en un estudio realizado con tilapia roja *Oreochromis sp.* en etapas de alevinaje y pre-cría comparan el efecto entre la alimentación a base de concentrado y otra a base de un suplemento de microorganismos probióticos (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus casei*), los microorganismos probióticos mejoraron el crecimiento, encontrado que el mejor peso promedio y talla se alcanzó con el 50% suplemento probiótico, seguido por el tratamiento con 75% del mismo producto, quedando rezagados los tratamientos correspondientes al 25% del probiótico y alimento comercial (control).

Por otra parte, otros autores como Ozório et al., (2012), indican que la adición de prebióticos como levadura *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento comercial, no es relevante para mejorar el crecimiento en la fase de alevinaje en tilapia del Nilo, aun así, aunque detectaron una mejora en la ganancia de nitrógeno (N) y la eficiencia proteica, observaron una depresión lineal sobre el crecimiento y la retención de nutrientes cuando los peces fueron alimentados con dietas con más del 10% de levadura.

Los valores de Tasa de Alimentación Diaria (TAD) e Índice de Conversión del Alimento (ICA) indican, que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos de tilapias alimentadas con los concentrados enriquecidos con un prebiótico y dos probióticos, ni tampoco respecto a las tilapias del tratamiento control (Tabla 4-5). En ese sentido, el alimento enriquecido con prebiótico y probióticos, no mejoro el aprovechamiento nutritivo del alimento por parte de la tilapia, la ingesta de alimento fue parecida entre tratamientos, y el incremento de biomasa no presento diferencias al tener pesos similares (Tabla 4-5). Aun así, es de destacar el menor valor de ICA (1,23) del tratamiento T1, que, para efectos prácticos de cultivo, puede ser una opción a considerar por parte del productor, ya que una disminución de una o dos décimas en el ICA puede representar un menor costo del alimento para incrementar un Kilogramo de peso vivo.

Ebrahimi et al. (2012), evaluaron los efectos de la dieta con MOS comercial sobre el aprovechamiento nutritivo, en alevines de carpa común. Para ello, alimentaron los animales con cinco dietas conteniendo diferentes niveles de MOS (0, 0,5, 1, 1,5 y 2,5 g /kg de dieta) durante 8 semanas. Los resultados revelaron que una dieta suplementación MOS de 1 a 1,5 g/ kg disminuyo el Índice de Conversión Alimenticia (ICA) de alevines de carpa común.

Asimismo, los resultados del análisis químico realizado a los alevines de Tilapia roja, al principio y final de la prueba, arrojaron que los porcentajes de proteína presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Las tilapias alimentadas con el concentrado comercial enriquecido con el probiótico biomos[®] (T1) mostraron los mayores contenidos proteicos respecto a las demás; lo anterior indica que en el caso del tratamiento (T1) la presencia adicional de proteínas microbiana en el alimento, pudo ser aprovechada por los peces para incrementar su contenido proteico.

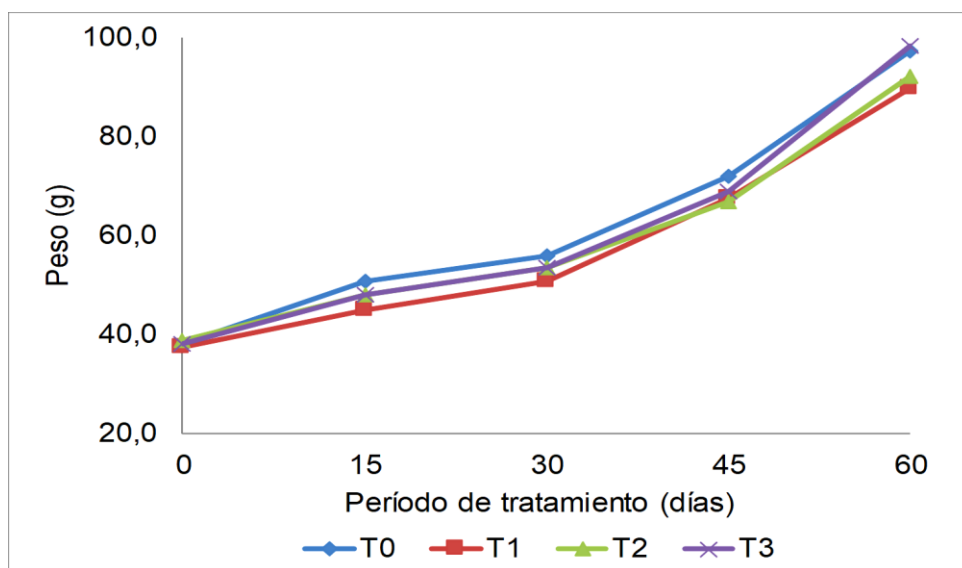
Respecto a los valores de contenido de energía corporal de las tilapias en etapa de alevinaje, el alimento enriquecido con prebiótico y probióticos no generaron diferencias significativas respecto al control (T0). Esto también se observó en el estudio realizado por Viera et al., (2012), donde los resultados de la composición de la carcasa de los peces, mostraron que los valores de Energía (CE) no se vieron afectados por el suplemento en dietas basadas en Mannano oligosaccharide – MOS, y el probiótico (Bacillus).

5.3. Prueba II Etapa de Juveniles

La evolución de los pesos medios de los cuatro tratamientos durante el periodo de la prueba, se reflejan en la Figura 3. Como se pudo observar, el tratamiento control (T0) el y tratamiento que enriqueció el alimento con el **probiótico Biossa® (T3)**, alcanzaron los valores más altos al final de la prueba.

Figura 3

Pesos medios (g) durante la fase de juveniles



Nota: La figura muestra la evolución de los pesos (g) de los juveniles en el tiempo, dependiendo del tipo de tratamiento. Fuente: Propia

Al respecto, los resultados obtenidos del Peso medio final y la Tasa de Crecimiento Instantáneo (TCI), no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, ajustándose los valores dentro de un margen estrecho.

Así mismo, en la Tabla 8, se presentan los valores finales de crecimiento y eficiencia nutritiva de las tilapias en la fase de juveniles. los resultados obtenidos de peso medio final, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Al respecto, aunque no se presentaron diferencias estadísticas significativas, se permite destacar que biológicamente, el tratamiento (T3), se alcanzó mayor peso final. En ese sentido, las tilapias alimentadas con las dietas enriquecidas con un prebiótico y dos probióticos, no presentaron diferencias significativas en la tasa de crecimiento instantánea (TCI) respecto al tratamiento control (T0), mostrando no tener efecto positivo adicional sobre el crecimiento de las tilapias en la fase de juveniles.

Resultados similares encontraron Vela-Gutiérrez et al. (2017), alimentando juveniles de tilapia con una dieta enriquecida con un probiótico extraído del pez panche *Hypostomus plecostomus*; donde no se presentó diferencias significativas en el crecimiento frente al tratamiento control. López et al., (2014), evaluaron el crecimiento y la composición corporal en lubina blanca juvenil *Dicentrarchus labrax*, alimentadas con dietas suplementadas con cepa probiótica de *Bacillus subtilis*. El probiótico no mejoró el crecimiento ni la Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI).

Contario a nuestros resultados, Daboor et al. (2010), demostraron aumentos en el crecimiento de la tilapia del Nilo en etapa juvenil, cuando recibieron alimento enriquecido con microorganismos eficientes, alimento enriquecido por separado con cepas de bacterias *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus plantarum*, una mezcla de contenía ambas cepas y una levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Los peces alimentados con dietas enriquecidas tuvieron un mayor peso

final y una Tasa de Crecimiento Específico (TCI) superior al final del experimento. Similares resultados encontraron Biao Han et al., (2015), quienes investigaron los efectos del *Bacillus licheniformis*, enriqueciendo seis dietas experimentales, dosificadas a diferentes concentraciones (TC 0%, T1 0.02%, T2 0.04%, T3 0.06%, T4 0.08% y T5 0.1%) sobre el crecimiento de la tilapia del Nilo en etapa juvenil ($38,3 \pm 0,03$ g). Después de 10 semanas de alimentación, el aumento del peso final y la Tasa de Crecimiento Instantánea (TCI), aumentaron significativamente en los grupos T2, T3, T4 y T5 en comparación con T1 y control ($p < 0,05$).

Tabla 8

Parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva en Juveniles

Tratamientos	T0	T1	T2	T3	Valor p*
PI (g)	38,80	38,16	39,67	38,81	$\pm 0,83$
PF (g)	99,85	92,34	94,99	100,68	$\pm 0,14$
^w TCI (%)	1,41	1,32	1,31	1,42	$\pm 0,11$
^x TAD (%)	1,67 ^b	1,53 ^{ab}	1,47 ^a	1,65 ^b	$\pm 0,02$
^y ICA	1,35	1,37	1,31	1,33	$\pm 0,017$
Proteína BA (%)	57,70	56,14	57,21	58,36	$\pm 0,86$
Energía BA (cal g ⁻¹)	5587,54	5045,75	5237,32	5576,36	$\pm 0,76$

Fuente: Propia

Media de 3 réplicas por tratamiento. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, p -value < 0.05.

^w Tasa de Crecimiento Instantáneo (% día⁻¹), TCI = $100 \times \ln(\text{Peso final} / \text{Peso inicial}) / \text{días}$

^x Tasa de Alimentación Diaria (g 100 g Pez⁻¹ día⁻¹), TAD = $100 \times \text{ingesta total (g)} / \text{biomasa media (g)} \times \text{día}$

^y Índice de Conversión del Alimento, ICA = $\text{ingesta total del alimento (g)} / \text{incremento de la biomasa (g)}$

BA = Base seca

En ese sentido, aunque hubo diferencias significativas con la Tasa de Alimentación diaria (TAD), donde las tilapias del tratamiento que consumía el alimento enriquecido con el prebiótico Orego-stim[®], obtuvieron las TAD más baja; este valor no se vio reflejado positivamente en un menor Índices de Conversión Alimenticia (ICA), ya que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

En un estudio realizado por Daboor et al. (2010) citado anteriormente, no se presentó diferencias significativas en el Índice Conversión Alimenticia (ICA) con tilapias del Nilo alimentadas con alimento enriquecido con microorganismos eficientes. Estos resultados son similares a los encontrados por Ridha & Azad (2012), donde evaluaron el efecto del alimento enriquecido con dos aislados de bacterias, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Lactobacillus sp.*, en la mejora del crecimiento y la Tasa de Conversión Alimenticia (ICA) en tilapia del Nilo; los resultados obtenidos no presentaron diferencias significativas, lo que permitió concluir que el efecto de los probióticos no mejoró el crecimiento ni la conversión alimenticia.

Al contrario, Vela-Gutiérrez et al. (2017), evaluaron el aprovechamiento nutritivo de juveniles de tilapia roja *Oreochromis sp.*, utilizando alimento enriquecido con tres cepas del género *Lactobacillus* (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus rhamnosus*) y comparadas con probióticos comerciales. Todos los tratamientos que contenían las cepas en su alimentación, presentaron mejores resultados de conversión alimenticia con 1.01, comparados con los tratamientos que contenían probiótico comerciales y control (1.10 y 1.14 respectivamente). Esto coincide con el estudio realizado por Haitian et al., (2017), adicionando en la dieta *Bacillus subtilis*, encontrando actividad exoenzimática y mejorando significativamente la tasa de crecimiento y conversión alimenticia en tilapia del Nilo.

Respecto a lo anterior, es ampliamente cuestionable el efecto de los microorganismos eficiente en el metabolismo de una gran variedad de carbohidratos, lípidos y proteínas en peces, aceptar que nivel de actividad de las enzimas digestivas aumenta y mejora la tasa de utilización de alimentos, no es del todo concluyente (Zhou et al., 2010).

Respecto a los valores en los porcentajes de proteína y energía corporal obtenidos en la prueba, las tilapias en estado juvenil no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, resultados que coincide con López et al., (2014), los cuales evaluaron el crecimiento y la composición corporal en lubina blanca juvenil *Dicentrarchus labrax*, alimentadas con dietas suplementadas con cepa probiótica de *Bacillus subtilis*. El probiótico no mejoró la composición corporal de los peces. Por el contrario, Essa et al., (2010), adicionaron probióticos (*Bacillus subtilis* y *Lactobacillus plantarum*) en el alimento de juveniles de tilapia; al final del estudio, se obtuvieron diferencias significativas en la fijación de proteína corporal (%), siendo superior con tratamientos enriquecidos con los probióticos respecto al control.

6. Conclusiones

El crecimiento exponencial de la población mundial, trae consigo el reto de producir más alimentos de forma eficiente (usando menos recursos), y la producción pesquera, no es ajena a esta emergencia. La acuicultura continental se sustenta en la producción y consumo de 3 especies principalmente: la trucha, la cachama, y la tilapia. Esta investigación se centro en estudiar alternativas que permitan maximizar el aprovechamiento de la proteína del alimento en términos nutritivos en la Tilapia Roja *Oreochromis Spp*, Para ello, se evaluó el efecto que produce el alimento enriquecido con prebiótico y probióticos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de esta especie, en etapa de alevinaje y juveniles. Los principales resultados obtenidos, son los siguientes:

- Enriquecer alimento comercial con un prebiótico Orego-stim[®] y dos probióticos Bio-mos[®] y Biossa[®]; no mejoró el crecimiento y el aprovechamiento nutritivo de tilapia roja *Oreochromis sp* en etapa de alevinaje.
- Enriquecer alimento comercial con un prebiótico Orego-stim[®] y dos probióticos Bio-mos[®] y Biossa[®]; no mejoró el crecimiento y el aprovechamiento nutritivo en juveniles de Tilapia roja *Oreochromis sp*.

Como perspectiva para trabajos futuros, sería interesante realizar pruebas más amplias, incluyendo otro tipo de prebióticos y probióticos, así como también hacer este análisis para otro tipo de especies.

7. Referencias

- AOAC. (1990). *Official methods of analysis of the AOAC, Methods 932.06, 925.09, 985.29, 923.03.* (Association of official analytical chemists (ed.); 15th ed.).
- Azevedo, R. V. de, Fosse Filho, J. C., Pereira, S. L., Cardoso, L. D., Andrade, D. R. de, & Vidal Júnior, M. V. (2016). Dietary mannan oligosaccharide and *Bacillus subtilis* in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(4), 347–353.
- Bindels, L., Delzenne, N., Cani, P., & Walter, J. (2015). Towards a more comprehensive concept for 255 Mannan-oligosaccharides as prebiotics in crustacean aquaculture 11 prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 12(5), 303–310.
- Bomfim, M. A. D., Lanna, E. A. T., Donzele, J. L., Quadros, M., Ribeiro, F. B., & Sousa, M. P. de. (2010). Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1), 1–8.
- Capper, J. L., & Hayes, D. J. (2012). The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from US beef production. *Journal of Animal Science*, 90(10), 3527–3537.
- Castillo, F. (2011). *Tilapia Roja: Una evolución de 29 años, de la incertidumbre al éxito.* (p. 124). Alevinos del Valle. Aquatic Depot S.A. de C.V.
- Chaverra Garcés, S. C., García González, J. J., & Pardo Carrasco, S. C. (2017). Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachyomus*. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(3), 170–180.
- Costa, G., Vieira, B., Lima, M., Schuingues, C., & Oliveira, L. (2015). Anatomia do tubo digestório de *Leporinus fasciatus* (Block, 1794),(Teleósteo, Anostomidae). *Enciclopédia Biosfera*, 11(22).
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351–356.
- CTAQUA. (2018). *Informe de vigilancia tecnológica alimentación optimizada para tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* de Senegal.* Centro Tecnológico de la Acuicultura.
- Daboor, M., Esmael, N. A., & Lall, S. P. (2010). *Effect of Different Dietary Probiotics on Growth, Feed Utilization and Digestive Enzymes Activities of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus** Mohamed A Essal, Sabry S EL-Serafy2, Magda M El-Ezabi2, Said.

- Dawood, M. A. O., & Koshio, S. (2016). Recent advances in the role of probiotics and prebiotics in carp aquaculture: a review. *Aquaculture*, *454*, 243–251.
- Diaz, C. C., Medina, A., Villamizar, A., & Palencia, D. (2015). Efecto de un suplemento líquido a base de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus casei* para la alimentación de mojarra roja (*Oreochromis* sp) en etapa de alevinaje y precria. @ *Limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, *12*(1).
- Ebrahimi, G. H., Ouraji, H., Khalesi, M. K., Sudagar, M., Barari, A., Zarei Dangesaraki, M., & Jani Khalili, K. H. (2012). Effects of a prebiotic, Immunogen®, on feed utilization, body composition, immunity and resistance to *Aeromonas hydrophila* infection in the common carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus) fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *96*(4), 591–599.
- Elbashir, S., Parveen, S., Schwarz, J., Rippen, T., Jahncke, M., & DePaola, A. (2018). Seafood pathogens and information on antimicrobial resistance: A review. *Food Microbiology*, *70*, 85–93.
- Esquivel, M. A., Merino, M. C., Restrepo, J. J., Narváez, A., Polo, C., Plata, J., & Puentes, V. (2014). Estado de la pesca y la acuicultura. In *Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP*.
- Gainza, O., & Romero, J. (2017). Manano oligosacáridos como prebióticos en acuicultura de crustáceos. *Latin American Journal of Aquatic Research*, *45*(2), 246–260.
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K. S., & Cani, P. D. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, *14*(8), 491.
- Green, B., Rawles, S., Schrader, K., Gaylord, G., Matthew, E., & McEntire, M. (2018). *Cultivo de tilapia híbrida en un sistema de producción de biofloc al aire libre*. ANIMAL HEALTH & WELFARE.
- Guiscafré, F. J. (2019). *Dieta enriquecida con nannochloropsis limnetica para juveniles de tilapia*.
- Hernández, L. E., Londoño, J. I., Hernández, K. A., & Torres, L. C. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *14*(1), 70–99.

- ICA. (2018). *Protección sanitaria de las especies acuícolas*. Instituto Colombiano Agropecuario. [https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0ebe76b48fe0/acuicolas-\(1\).aspx](https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0ebe76b48fe0/acuicolas-(1).aspx)
- Jácome, J., Quezada Abad, C., Sánchez Romero, O., Pérez, J. E., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543–550.
- Keong, W., & Romano, N. (2014). *Revisión sobre nutrición de la tilapia Parte 3: Vitaminas y minerales* (Aqua Cultura (ed.); 104th ed.). Laboratorio de Nutrición de Peces, Universiti Sains Malaysia.
- Kralik, P., Babak, V., & Dziedzinska, R. (2018). The impact of the antimicrobial compounds produced by lactic acid Bacteria on the growth performance of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis. *Frontiers in Microbiology*, 9, 638.
- Lara-Flores, M., Olvera-Novoa, M. A., Guzmán-Méndez, B. E., & López-Madrid, W. (2003). Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 216(1–4), 193–201.
- Merino, M. C., Bonilla, S. P., de la Pava A, M. L., Bages, F., Hortúa, M. G., Guerrero, I., & Mojica, H. O. (2014). Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia - PlaNDAS. In *Informe Técnico y de Gestión 2011* (Issue 3). http://www.racua.org/uploads/media/Plan_Nac_Desar_Acuic_Sost_CO.pdf.
- Midhun, S. J., Arun, D., Edatt, L., Sruthi, M. V, Thushara, V. V, Oommen, O. V, Kumar, V. B. S., & Divya, L. (2016). Modulation of digestive enzymes, GH, IGF-1 and IGF-2 genes in the teleost, Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) by dietary curcumin. *Aquaculture International*, 24(5), 1277–1286.
- Monroy, M. del C., De Lara, R., Castro, J., Castro, G., & Coelho, M. G. (2013). Microbiology community composition and abundance associated to biofloc in tilapia aquaculture. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(3), 511–520.
- Nations-FAO, F. and A. O. of the U. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura: cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. *FAO*.
- Neto, J. R., Reis, G. P., Vasconcelos, V. C., Guimarães, I. M., & Santos, E. L. (2018). Morfologia comparativa do trato digestório de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistema semi-intensivo vs da pesca artesanal. *Jornal Interdisciplinar de Biociências*, 3(2),

19–24.

- NRC. (1993). *Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes* (National R). National Academy Press.
- Ozório, R. O. A., Portz, L., Borghesi, R., & Cyrino, J. E. P. (2012). Effects of dietary yeast (*Saccharomyces cerevisia*) supplementation in practical diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals*, 2(1), 16–24.
- Panigrahi, A., Saranya, C., Sundaram, M., Kannan, S. R. V., Das, R. R., Kumar, R. S., Rajesh, P., & Otta, S. K. (2018). Carbon: Nitrogen (C: N) ratio level variation influences microbial community of the system and growth as well as immunity of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc based culture system. *Fish & Shellfish Immunology*, 81, 329–337.
- Reyes Serna, L. D. (2018). Densidades idóneas para sistemas de policultivo de especies comerciales Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) y Carpa Roja (*Ciprynus carpio*) en sistemas de confinamiento artesanal en lagos artificiales en Santiago de Cali (Valle del Cauca, Colombia). *Idesia (Arica)*, 36(1), 73–82.
- Ridha, M., & Azad, I. (2012). Evaluación preliminar del rendimiento del crecimiento y la respuesta inmune de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* suplementado con dos supuestas bacterias probióticas. *Aquaculture Research*, 43, 843-852.
- Rodrigues, M., Bolívar, N., Legarda, E., Guimarães, A., Guertler, C., do Espírito Santo, C., Mourinho, J. L., Seiffert, W., Fracalossi, D., & do Nascimento Vieira, F. (2018). Mannoprotein dietary supplementation for Pacific white shrimp raised in biofloc systems. *Aquaculture*, 488, 90–95.
- Simpson, H. L., & Campbell, B. J. (2015). Review Article: Dietary fibre–microbiota interactions. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 42(2), 158–179.
- Soto-Zarazúa, M. G., Herrera-Ruiz, G., Rico-García, E., Toledano-Ayala, M., Peniche-Vera, R., Ocampo-Velázquez, R., & Guevara-González, R. G. (2010). Development of efficient recirculation system for Tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture using low cost materials. *African Journal of Biotechnology*, 9(32), 5203–5211.
- Statistical Analysis Institute. (2006). *Statistical Analysis System, User's Guide*.
- Syafiqah, S., Abentin, E., Masran, T., Amran, H., Salleh, O., & Saleem, M. (2015). Growth performance of tomato plant and Genetically Improved Farmed Tilapia in combined

- aquaponic systems. *Asian Journal of Agricultural Research*, 9(3), 95–103.
- Toledo, J. S., & García, M. C. (2000). Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe. *Avances En Nutrición Acuícola IV*, 537, 83–137.
- Valipour, A., Nedaei, S., Noori, A., Khanipour, A. A., & Hoseinifar, S. H. (2019). Dietary *Lactobacillus plantarum* affected on some immune parameters, air-exposure stress response, intestinal microbiota, digestive enzyme activity and performance of narrow clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz). *Aquaculture*, 504, 121–130.
- Van Doan, H., Hoseinifar, S. H., Faggio, C., Chitmanat, C., Mai, N. T., Jaturasitha, S., & Ringø, E. (2018). Effects of corncob derived xylooligosaccharide on innate immune response, disease resistance, and growth performance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Aquaculture*, 495, 786–793.
- Van Hai, N. (2015). The use of medicinal plants as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture*, 446, 88–96.
- Vela-Gutiérrez, Y., Contreras-Rojas, M., & Suarez-Suarez, Lady. (2017). Efecto de microorganismos probióticos aislados de *Hypostomus plecostomus* en juveniles de *Oreochromis* sp. *Revista MVZ Córdoba*, 22(1), 5694–5705.
- Xu, W.-J., Morris, T. C., & Samocha, T. M. (2018). Effects of two commercial feeds for semi-intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based, zero-exchange outdoor tanks. *Aquaculture*, 490, 194–202.
- Zhou, X., Tian, Z., Wang, Y., & Li, W. (2010). Effect of treatment with probiotics as water additives on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(3), 501–509.