

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y

ZOOTECNIA



**ADICIÓN DE VITAMINA C Y MANANOLIGOSACÁRIDOS (MOS) EN
DIETAS DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN LA FASE DE
CRECIMIENTO, CRIADAS EN VERANO EN LA COSTA DE LA
REGIÓN LA LIBERTAD**

TESIS para optar el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

DIANA BERNARDITA ALIAGA SÁNCHEZ

TRUJILLO, PERÚ

2016

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente jurado:

M.V. Mg. César Lombardi Pérez
PRESIDENTE

Ing. Mg. Mario Narro Saldaña
SECRETARIO

M.V. Mg. Ciro Meléndez Tamayo
VOCAL

Ing. Dr. Wilson Castillo Soto
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios creador de todas las cosas le dedico humildemente este trabajo.

A mis padres, Karla Sánchez y Carlos Muñoz, quienes han sabido formarme con buenos valores, sentimientos y hábitos, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos difíciles.

A mi hermana Anghie, quien siempre ha estado ahí para mí, brindándome su apoyo. A mi hermano Vicente por su amor y dulzura que me motivan a seguir.

A mi familia en general por brindarme su apoyo incondicional y por compartir conmigo los momentos buenos y malos.

A mis amigos Oyuky, Karina, Rocío y Ricardo, quienes, gracias a su motivación, constancia y ejemplo, hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinito amor, misericordia y generosidad a lo largo de mis estudios y de mi vida.

Al Ing. Zoot. Dr. Wilson Castillo Soto por su valiosa guía, apoyo y paciencia en la realización de este proyecto.

Expreso mi gratitud, cariño y respeto a todos mis maestros de la escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

A mi familia, por darme la ayuda, guía y ejemplo de servicio y dedicación.

A mi comunidad, por su apoyo, preocupación y amor fraterno.

Así mismo, expreso mi agradecimiento a todas aquellas personas que ayudaron directa o indirectamente en realización de esta tesis.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Carátula | i |
| Aprobado por Jurado de Tesis | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimiento..... | iv |
| Índice | v |
| Índice de cuadros | vii |
| Índice de figuras | viii |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 2.1. La tilapia | 3 |
| 2.2. La tilapia en el Perú | 3 |
| 2.3. Requerimientos ambientales | 4 |
| 2.4. Fases en la producción..... | 6 |
| 2.5. Sistemas de cultivo..... | 7 |
| 2.6. Alimentación | 8 |
| 2.7. Nutrición..... | 9 |
| 2.8. Prebiótico Mananoligosacáridos (MOS)..... | 14 |
| 2.9. Vitamina C | 19 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 3.1. Lugar de ejecución de la investigación | 23 |
| 3.2. Instalaciones..... | 23 |
| 3.3. Animales y alimentación | 23 |
| 3.4. Variables independientes..... | 25 |
| 3.5. Tratamientos..... | 25 |
| 3.6. Variables dependientes | 25 |

| | |
|--|----|
| 3.7. Manejo de los tanques y control de la calidad del agua..... | 25 |
| 3.8. Análisis estadístico | 26 |
| IV. RESULTADOS..... | 27 |
| 4.1. Calidad de agua..... | 27 |
| 4.2. Comportamiento productivo en la fase crecimiento | 27 |
| V. DISCUSIÓN | 35 |
| 5.1. Calidad de agua..... | 35 |
| 5.2. Comportamiento productivo..... | 36 |
| VI. CONCLUSIONES | 40 |
| VII. RECOMENDACIONES | 41 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA | 42 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Parámetros físico-químicos del agua para cultivo de tilapias | 6 |
| Cuadro 2. Requerimientos de aminoácidos esenciales para tilapias | 11 |
| Cuadro 3. Requerimientos de minerales para tilapias..... | 13 |
| Cuadro 4. Requerimientos de vitaminas para tilapias | 14 |
| Cuadro 5. Composición porcentual y nutricional de la dieta base para tilapia en la fase de crecimiento | 24 |
| Cuadro 6. Indicadores de calidad de agua de los tanques donde fueron alojadas las tilapias durante la fase de crecimiento de tilapias | 27 |
| Cuadro 7. Promedios de ganancia de peso, consumo de dieta y conversión alimenticia de tilapias en función de la interacción entre vitamina C y mananoligosacáridos en la dieta durante los 4 meses de experimentación | 28 |
| Cuadro 8. Comportamiento productivo de las tilapias evaluados durante los meses 1, 2 y 3 según el nivel de suplementación de Vitamina C y MOS | 29 |
| Cuadro 9. Comportamiento productivo de las tilapias evaluados durante el mes 4 y el periodo total según el nivel de suplementación de Vitamina C y MOS | 30 |
| Cuadro 10. Promedio de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de tilapias alimentadas con dietas con o sin suplementación de vitamina C y mananoligosacáridos, cuyas comparaciones resultaron con variación significativa | 31 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Ganancia de peso en el periodo total según el nivel de suplementación de vitamina C y MOS, en la dieta (**: $p<0.01$) | 32 |
| Figura 2. Consumo de alimento en el periodo total según el nivel de suplementación de vitamina C y MOS, en la dieta (**: $p<0.01$) | 33 |
| Figura 3. Conversión alimenticia en el periodo total según el nivel de suplementación de vitamina C y MOS, en la dieta (**: $p<0.01$) | 34 |

RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de vitamina C y mananoligosacáridos (MOS) en la dieta sobre el comportamiento productivo de la tilapia en fase de crecimiento, criadas en verano en la costa de la región La Libertad, para ello se evaluaron cinco tratamientos: dieta base sin adición de vitamina C y MOS(C0M0), dieta con 600 mg de vitamina C/kg de alimento y 0.5 % de MOS (C6M05), dieta con 600 mg de vitamina C/kg de alimento y 1.0 % de MOS(C6M10), dieta con 1200 mg de vitamina C/kg de alimento y 0.5 % de MOS (C12M05) y dieta con 1200 mg de vitamina C/kg de alimento y 1.0 % de MOS (C12M10); instalados en tanques con volumen de 300 L de agua cada uno y ubicados en el Campus II de la Universidad Privada Antenor Orrego. Se emplearon 320 tilapias en fase de crecimiento con un peso inicial promedio de 56 gramos, distribuidas a través de un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y 4 repeticiones en cada tratamiento, cada repetición estuvo compuesta de 16 tilapias, y evaluados por un periodo de 4 meses.

Los resultados obtenidos en los indicadores de calidad de agua como pH, amonio y nitritos se encontraron en un rango aceptable de 6.7 - 7.3, 0.01 mg/L y 0.02 – 0.03 mg/L respectivamente y la temperatura fluctuó entre 25.8- 26.4 °C para las 9:00 horas y entre 26.1- 26.6 °C, para las 12:00 horas.

El uso de vitamina C y MOS en la dieta de tilapias mejoró el comportamiento productivo (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia) en relación a aquellas que no recibieron estos aditivos. El uso combinado de vitamina C y MOS en la dieta de tilapias no mostró interacción significativa.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the effects of the addition of vitamin C and mannanoligosaccharides (MOS) in the diet of the tilapia over the productive behavior of the tilapia during the development growing phase in summer on the coast of La Libertad region. For this purpose five treatments were evaluated: base diet without the addition of vitamin C and MOS(C0M0), diet with 600mg of vitamin C/kg of food and 0.5%de MOS (C6M05), diet with 600mg of vitamin C/kg of food and 1% of MOS(C6M10) and diet with 1200mg of vitamin of C/kg of food and 0.5% of MOS(12M05) and diet with 1200mg of vitamin of C/kg of food and 1% of MOS(C12M10). The tanks had a capacity of 300 liters of water and one was located in the Campus II of the "Antenor Orrego Private University". There were 320 tilapias that were used in the growing phase with an average initial weight of 56 grams, and were spread out through a Randomized Complete Block Design (RCBD) with five treatments and four repetitions in each treatment. Each repetition had 16 tilapias and were evaluated for a period of 4 months.

The results obtained in the indicators of the quality of the water such as pH, ammonium and nitrates were found to be within the acceptable range of 6.7 - 7.3, 0.01mg/l and 0.02 - 0.03 mg/l respectively. The temperature fluctuated between 25.8 and 26.4° C for the 9 hours and between 26.1 and 26.6° C for the 12 hours.

The use of the vitamin C and MOS in the diet of the tilapia improved the productive behavior (food consumption, weight gain and feed conversion rates) in comparison to the ones that did not receive these additives. The combination of vitamin C and MOS in the diet of the tilapia did not show any significant interaction.

I. INTRODUCCIÓN

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez de aguas calientes tropicales originario de África, y es una de las especies más difundidas y cultivadas en el mundo (Hepher y Pruginin, 1991; Rakocy, 2005). Se adapta a las condiciones tropicales del Perú, haciendo uso de jaulas y represas para la crianza, además de alimento balanceado (Mendoza, 2011).

La acuicultura en el Perú es incipiente, con un crecimiento del 20.8%, según reportes, en el periodo del año 2000 al 2009, particularmente, la región La Libertad logró 63.5 t de la producción nacional durante el año 2010, que representa el 0.07% (Soto, 2005; Mendoza, 2011), razón por la cual se la puede considerar como un área favorable aprovechando sus condiciones ambientales.

A nivel comercial, se cultiva en sistemas intensivos y semi-intensivos, satisfaciendo sus requerimientos nutricionales mediante dietas artificiales completas. Las altas densidades de siembra y limitada calidad del agua se traducen en estrés constante conllevando a bajas tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia, así como presencia de enfermedades oportunistas (Lara y otros, 2002).

Existen trabajos con efectos positivos en el desempeño productivo de tilapias incluyendo vitamina C en la dieta, la investigación de Toyama y otros (2000) reportan que dietas suplementadas con vitamina C para reversión sexual de tilapias de Nilo manifestaron resultados óptimos en cuanto a ganancia de peso con suplementaciones mayores a 800 mg/kg de dieta y longitud con niveles encima de 400 mg/kg. Barros y otros (2002) determinaron que la suplementación de vitamina C y fierro en

dietas por encima de las exigencias nutricionales de *Oreochromis niloticus* no determina efecto perjudicial sobre el rendimiento productivo.

Los trabajos de Li y Lovell, (1985); Lin y Shiau, (2005), reportan que, adicionando vitamina C en la dieta, estimula el sistema inmune y la resistencia a enfermedades en peces.

Se reportan estudios adicionando prebióticos en la dieta de tilapias, los resultados Samrongpan y otros (2008) una diferencia significativa en el peso promedio luego de la suplementación de MOS en dietas de larva de tilapia durante 21 días. Schwarz y otros (2011), al incluir en la dieta 0,34 % de MOS mejoró la conversión alimenticia, promoviendo la longitud del intestino, densidad y tamaño de las vellosidades intestinales.

El presente trabajo permitió evaluar el efecto de la adición de vitamina C y mananoligosacáridos (MOS) en dietas a tilapia en etapa de crecimiento y en condiciones climáticas de verano en la región costa de La Libertad.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La tilapia

Desde el punto de vista de la nutrición humana, la tilapia ha estado firmemente establecida como uno de los peces más importantes del mundo desde principios del siglo XX (Bardach y otros, 1986). Pertenece a la familia *Cichlidae*, es un pez endémico de aguas calientes tropicales, nativas de África y del Cercano Oriente (Baltazar, 2007; Hephher y Pruginin, 1991; Pillay, 1997).

Entre sus características zootécnicas encontramos su alta rusticidad, alta adaptabilidad a diferentes ambientes de producción, precocidad, aceptación de gran cantidad de alimentos, mejor conversión alimentaria, rápido crecimiento y reproducción durante casi todo el año (Melo y otros, 2006; Cabrera y otros, 1998; Fitzsimmons, 2006 citado por Fraga y otros, 2012).

La tilapia nilótica es la más aconsejable para ser producida en cualquier sistema, debido a su amplia resistencia frente a diversos factores ambientales y a su manejo ya conocido. La *Oreochromis niloticus* (nombre científico de la tilapia del Nilo o tilapia común) se destaca por su crecimiento más rápido, reproducción más tardía (alcanza mayor tamaño antes de su primera reproducción) y posibilidad de gran generación de alevinos (Luchini, 2006).

2.2. La tilapia en el Perú

Fue introducida al Perú en 1962 a la región de San Martín en estanques de la Cuenca Amazónica, procedente del Brasil, por la Dirección General de Caza y Pesca del Ministerio de Fomento y

Agricultura al Lago Sauce como forraje para el “paiche o pirarucú” (*Arapaima gigas*), pero fue sólo hasta 1979, que se inicia un serio desarrollo con las tilapias (Castillo, 2003).

En 1991, se limitaron trabajos con tilapia en las zonas norte y sur del Perú debido al Decreto Supremo N° 002-91-PE del 07 de octubre de 1991, que prohibía el cultivo de la tilapia tanto en ambientes naturales como artificiales en toda la cuenca del Amazona, para establecer las condiciones técnicas y dedicarse al cultivo del ciclo completo o parcial de las especies tilapia en ambientes controlados, con el propósito de no incidir en el equilibrio ecológico de los diferentes ambientes naturales del país. Más en el año 1999, nace el interés por desarrollar el cultivo de tilapia en instituciones públicas y privadas, realizándose investigaciones, trabajos experimentales y pruebas piloto (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, 2006).

2.3. Requerimientos ambientales

Hábitat

La tilapia habita en una gran diversidad de cuerpos de agua; como son arroyos, ríos, lagos, lagunas y lagunas costeras, incluso en hábitats marinos, muestran una gran preferencia por aguas de escasa corriente o lénticas, poca profundidad y cerca de las orillas, refugiándose en márgenes de pantanos y riberas entre las raíces de las plantas acuáticas y piedras. Como son especies territoriales, defienden su territorio de depredadores e intrusos que atacan a sus crías (Luchini, 2006).

Calidad del agua

Guerrero (2014) describe algunos de estos parámetros físico-químicos importantes a tener en cuenta durante el cultivo de tilapias:

Temperatura: el rango óptimo de temperatura para el cultivo de

tilapias fluctúa entre 28° C y 32° C, aunque ésta puede continuarse con una variación de hasta 5° C por debajo de este rango óptimo.

Dureza del agua: es la medida de la concentración de los iones de Ca y Mg expresados en ppm de su equivalente a Carbonato de calcio. El agua para el cultivo debe tener una alcalinidad entre 100 ppm a 200 ppm.

pH: el rango óptimo está entre 6.5 a 9.0. Valores por encima o por debajo causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción.

Amoníaco: el amoníaco es más tóxico a altas temperaturas. La disminución del oxígeno disuelto también aumenta la toxicidad del amoníaco, disminuyendo el apetito y el crecimiento en los peces a concentraciones tan bajas como 0,08 mg/L.

Dióxido de carbono: es un producto de la actividad biológica y metabólica, su concentración depende de la fotosíntesis. Debe mantenerse en un nivel inferior a 20 ppm, porque cuando sobrepasa este valor se presenta letargia e inapetencia (Nicovita, ALICORP, 2002 citado por Guerrero, 2014).

Turbidez: el fenómeno de la turbidez puede ser ocasionado por partículas sólidas que forman suspensiones coloidales en el agua. El efecto primario que ocasionan las partículas en suspensión es sobre las branquias causando lesiones que son puerta de entrada a infecciones por patógenos, pero además impide la libre penetración de la luz solar, reduce la productividad natural (fitoplancton) del estanque y por lo tanto del alimento disponible para las tilapias.

Se resumen los parámetros físico-químicos en el cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros físico-químicos del agua para cultivo de tilapias

| Parámetros | Rango óptimo |
|----------------------------|--------------|
| Oxígeno disuelto ppm | >4.5 |
| Temperatura °C | 20- 30 |
| Dióxido de carbono ppm | <20 |
| pH | 6.5 – 9 |
| Amonio ppm | Hasta 2.0 |
| Dureza ppm | 50 – 200 |
| Sólidos en suspensión mg/L | <25 |

Adaptado de Baltazar y Palomino (2007).

2.4. Fases en la producción

Adquisición de semillas y transporte: según Liñan (2007), los alevines se han de entregar preparados y empacados en el establecimiento de origen contemplándose al acondicionarlos, las horas de viaje que deberán soportar. La longitud individual de los alevines debe estar entre 17 a 20 mm y siempre debemos cerciorarnos de su origen.

Siembra: una vez transportadas todas las tilapias a su destino final, que son los estanques de cultivo, deben pasar por una aclimatación previa. Además de realizar un conteo de una muestra o del total de la población (Liñan, 2007).

Precria: esta etapa comprende el cultivo de los alevinos de tilapia, con pesos de 1 a 5 gramos. La densidad de siembra es de 100 a 150 peces por m² con buen porcentaje de recambio de agua (10 – 15% día) (Liñan, 2007).

Crecimiento: Esta fase comprende entre los 50 a 150 gramos. Con una densidad de siembra de 20 a 50 tilapias por m², con recambio de agua constante (10-15% día) (Liñan, 2007).

Engorde: Esta fase comprende el cultivo de la tilapia desde los 150g hasta el peso de cosecha .Se realiza con densidades entre 1 a 40 peces por m². Para densidades mayores de 15 tilapias por m² se necesitan sistemas de aireación o recambios continuos de agua (Liñan, 2007).

2.5. Sistemas de cultivo

En función de su intensidad, el cultivo de tilapia se clasifica en:

Cultivo extensivo: en este caso la alimentación de los peces solo depende de la productividad natural del agua. El manejo se limita a la siembra y cosecha de los peces, realizándose generalmente, en lagunas, areneras, jagüeyes o en estanques de nivel freático. Los rendimientos fluctúan entre 1 a 2 t por hectárea (Basualdo y otros, 2012).

Cultivo semi-intensivo: para este caso, el manejo se incrementa, ya que se tiene que suministrar alimento, pudiendo mezclar subproductos agrícolas con alimento balanceado debido a que se siembra un mayor número de peces por área. Si se realiza en estanques elevados, que pueden ser drenados para su cosecha y manejo sanitario, los rendimientos pueden ser de 4 a 6 t por hectárea; también puede realizarse en encierros colocados en lagunas, esteros, y en estanques freáticos, aunque los rendimientos en este caso varían de 2 a 4 t por hectárea (Basualdo y otros, 2012).

Cultivo intensivo: en este cultivo, se depende en su totalidad de alimento balanceado. Se realiza generalmente en estanques o tanques drenables, con un sistema eficiente de aeración y recambio de agua, también puede realizarse en jaulas flotantes. Los rendimientos pueden ser de 10 a 40 kilogramos/m³ y en los estanques de 15 a 40 t por hectárea (Basualdo y otros, 2012).

Cultivo hiperintensivo: sistemas muy intensivos que utilizan grandes volúmenes de recambio de agua, frecuentemente de más de 100% de recambio por hora, aeración continua 24 h, incluso inyección de oxígeno líquido. Estos sistemas son muy caros de operar, requieren personal altamente calificado para su manejo y pueden tener rendimientos equivalentes a 70-100 kg/m³ (Basualdo y otros, 2012).

2.6. Alimentación

Las tilapias son omnívoras por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton. Además aceptan muy bien alimentos concentrados. Están provistas de branquiespinas con los cuales los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos, ayudando así al proceso de absorción en el intestino. En el cultivo de tilapias se han podido emplear diversos alimentos como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales; también pueden aprovechar otros tipos de alimentos como el estiércol, gallinaza, hortalizas, termitas y afrecho entre otros (Saavedra, 2007; Balan y Martínez, 2007; Meyer y Triminio, 2002).

Hora de alimentación: se recomienda alimentar a las tilapias en horas de la mañana o cuando la temperatura del agua favorezca a la producción de las secreciones del tracto digestivo (el cual ocurre en el transcurso de la mañana, llegando a su nivel máximo en las primeras horas de la tarde y decrece hasta ser mínimo en la noche). Se han de alimentar a las tilapias a partir de las 9:00 am y hasta antes del atardecer 5:00 pm , siendo mejor entre las 10:00 am y 3:00 pm cuando la acidez del tracto digestivo es máximo y por lo tanto la asimilación de las partículas es mejor. Es conveniente establecer una rutina diaria a fin de acostumbrar a los peces al ritmo de alimentación (Lozano y López, 2001 citados por Ordoñez, 2005; Baltazar y Palomino, 2007).

2.7. Nutrición

La alimentación, atendiendo las exigencias de nutrientes para las diferentes fases de vida de la tilapia, permite obtener óptimos rendimientos en ganancia de peso y conversión alimenticia, garantizando un status sanitario alto en la producción (Torres y Hurtado, 2012). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la temperatura como variable, influye sobre gran cantidad de procesos metabólicos de los peces (en este caso las tilapias), incluyendo alimentación, digestión y crecimiento entre otros (Wedemeyer, 1996 citado por Poot-López y otros, 2012).

Requerimientos nutricionales

a. Requerimientos de proteína

Varios factores como tamaño, edad, fuente de proteína contenido energético de la ración, calidad del agua y condiciones del cultivo, afectan los requerimientos de proteína de la tilapia (El-Sayed, 2004).

El requerimiento de proteína en tilapias juveniles es de 30-40%, tilapias adultas requieren 20-30% para un óptimo performance,

los reproductores requieren 35-45% para una óptima reproducción, eficiencia en el desove y crecimiento y supervivencia de la larva (Gunasekera y otros, 1996a,b; El-Sayed y otros, 2003; Siddiqui y otros, 1998 citados por El-Sayed, 2004).

Los requerimientos de proteína bruta para las fases de reversión, pos reversión hasta 100 g y mayor de 100 g son de 41,30; 29,73 y 26,8% respectivamente (Furuya, 2010).

b. Requerimientos de aminoácidos

Se ha sintetizado los requerimientos de aminoácidos esenciales de tilapia de Nilo en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Requerimientos de aminoácidos esenciales para tilapias

| Aminoácido | Peso vivo ≥100 g |
|-----------------------------|---------------------|
| Lisina (%) | 1,38 |
| Metionina (%) | 0,47 |
| Metionina + cistina (%) | 0,83 |
| Treonina (%) | 1,07 |
| Arginina (%) | 1,14 |
| Fenilalanina + tirosina (%) | 1,56 |
| Histidina (%) | 0,47 |
| Isoleucina (%) | 0,84 |
| Leucina (%) | 0,92 |
| Triptófano (%) | 0,27 |
| Valina (%) | 0,75 |

Adaptado de Furuya y otros (2010).

c. Requerimientos de energía

Los lípidos son una excelente fuente de energía, y tienen la ventaja de ser altamente digestible, así metabolizado y, en consecuencia, ahorradores de proteína para producir máximo crecimiento y conversión alimenticia (Martino y otros, 2002). Las tilapias requieren básicamente de los ácidos grasos linoleico y el araquidónico presentes en los aceites de origen vegetal (Torres y Hurtado, 2012).

La tilapia no utiliza de manera eficiente los lípidos como fuente energética en niveles por encima de 5% de la dieta. Se ha reportado que una adición del 5% de lípidos (grasa) en la dieta de híbridos de *O. aureus* x *O. niloticus* dio como consecuencia

acumulación de grasa visceral (Boscolo y otros, 2005; Viola y Amidan, 1980 citados por Beveridge y otros, 2000).

Se recomienda 4007, 3036 y 3075 kcal/ kg de Energía Digestible para las fases de reversión, después de la reversión hasta los 100 g de peso y para mayores de 100 g de peso respectivamente (Furuya, 2010).

d. Requerimientos de minerales

Las tilapias requieren los mismos minerales como otros peces utilizados para sus procesos vitales como la formación de tejidos, metabolismo, para la osmoregulación entre sus fluidos corporales y el agua, regulación de equilibrio ácido-base, componentes de hormonas y enzimas, activación de enzimas, regulación de la captación, almacenamiento y excreción de varios elementos inorgánicos, permitiendo un equilibrio dinámico entre el pez y el medio acuático. Además las tilapias pueden absorber algunos minerales de la dieta y también del ambiente acuático, como el calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, zinc, cobre, y selenio (Lovell, 1998; Torres y Hurtado, 2012). Se ha sintetizado los requerimientos de minerales en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Requerimientos de minerales para tilapias

| Minerales | Requerimiento |
|--------------------------|----------------------|
| | 0,75-0,46 |
| Fósforo (%) | 0,5 |
| | 0,9 |
| | 0,75 |
| | 1,10 |
| Calcio (%) | 0,04 |
| | 0,5 |
| Magnesio (%) | 0,04 |
| | 0,06 |
| Zinc (mg/kg) | 20,0 |
| | 79,51 |
| Cobre (mg/kg) | 3,5-4 |
| Manganeso (mg/kg) | 12 |

Adaptado de Torres y Hurtado (2012).

e. Requerimientos de vitaminas

Las necesidades de vitaminas se cumplen a través de vitaminas obtenidas a partir de alimentos naturales o en la ración. Una característica especial de la nutrición vitamínica de los peces es la incapacidad de la mayoría de las especies de sintetizar ácido ascórbico (vitamina C). Es de suma importancia para el crecimiento de la formación de la matriz ósea y el funcionamiento del sistema inmunológico, la vitamina C se debe obtener en el alimento natural o en el pienso. Raciones completas para sistemas de producción intensiva deben complementarse con fuentes estables de esta vitamina. (Kubitza, 1998 citado por Kubitza, 1999). Se describe en el siguiente cuadro los requerimientos de vitaminas para tilapias:

Cuadro 4. Requerimientos de vitaminas para tilapias

| Vitaminas | Tilapia |
|-----------------------------|---------------------|
| A (IU) | ND (no determinado) |
| D3 (IU) | ND |
| E (mg/kg) | 50 |
| K (mg/kg) | ND |
| B1 (mg/kg) | ND |
| B2 (mg/kg) | 6 |
| B6 (mg/kg) | ND |
| B12 (mg/kg) | NE (no exigido) |
| Niacina (mg/kg) | ND |
| Ácido fólico (mg/kg) | ND |
| Ácido Pantoténico | 10 |
| Biotina (mg/kg) | ND |
| Vitamina C (mg/kg) | 50 |

Adaptado de Kubitza, 1999 (Davis, 1991, Davis y Gatlin, 1994, NRC, 1993 citados por Kubitza, 1999)

2.8. Prebiótico Mananoligosacáridos (MOS)

Los mananoligosacáridos son productos naturales derivados de la pared celular de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, obtenida de la industria de cervecería, producto de la lisis de células de levadura después de un proceso mecánico de autólisis por enzimas endógenas y secado por spray (Beltrán, 2009; Bazay, 2010; Morán, 2004 citado por Salze y otros, 2008; González, 2003 citado por Garavito y García, 2010).

Estructura

La composición de la pared de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* es de 30% de manano, el cual sobresale en la superficie de la pared, 30% de glucano que hace parte de la matriz y 12.5% de proteína (Salgado y Sanaria, 1998 citados por Pardo y Gómez, 2010).

- Pared celular interna: glucanos.
Los b-glucanos son polisacáridos estructurales, cadenas de moléculas de glucosa con uniones b-1,3 y 1,6. Estos b-glucanos son capaces de promover la respuesta inmune natural como la adquirida, se ha sugerido que estimulan la acción de las citoquinas anti-inflamatorias (Raa, 1998 citado por Pardo, 2009). Es posible que dentro de los compuestos de naturaleza polisacárida, la estructura b-1,3 glucano sea un pre-requisito básico para que este tipo de sustancias sean inmunoestimuladores y que las ramificaciones de glucosa unidas a esta estructura básica por enlace a-1,3 glucanos confieren más potencia (Engstad y Robertsen, 1994).
- Pared celular externa: Mananoligosacáridos.
El mananoligosacárido es un carbohidrato funcional complejo, con cadenas de diferentes azúcares llamados manosa unidos entre sí por uniones a-1,6 que se extrae de la pared exterior de la célula, de las cepas de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que contiene mananos fosforilados (Ortiz, 2004 citado por Pardo, 2009).
Los azúcares de manosa están ordenados en cadenas de manano piranos altamente ramificados; a esta cadena se le atribuye la poderosa propiedad inmunoestimuladora. Los enlaces de la estructura de esta cadena son α -1,6 con cadenas laterales unidas por α -1,2 y α -1,3 (Salgado y Sanaria, 1998 citados por Pardo y Gómez, 2010).

Propiedades

- Los productos comerciales de los mananoligosacáridos pueden reducir los patógenos entéricos, modular la respuesta inmunológica de los animales y mejorar la integridad de la

mucosa intestinal (Salgado y Sanaria, 1998 citados por Pardo y Gómez, 2010).

- Los mananoligosacáridos no son degradados por las enzimas digestivas y sólo ciertos microorganismos como lactobacillus y bifidobacterias pueden utilizarlo para obtener energía (Salgado y Sanaria, 1998 citados por Pardo, 2009).
- Los MOS pueden ligar lectinas a sitios receptores de las bacterias patógenas bloqueando de este modo su implantación sobre las membranas de la célula. La unión de los agentes patógenos de la pared celular de la levadura induce un efecto protector desde el complejo *Saccharomyces cerevisiae*/ patógeno; y es entonces eliminado rápidamente en el tracto digestivo (Auclair, 2001; Ofek y otros, 1977 citado por Auclair, 2001).
- La inclusión de mananoligosacáridos en la dieta tiene como objetivo mantener una microbiota intestinal benéfica dominada por las bacterias que promueven la salud (Mul y Perry, 1994 citados por Castro y Rodríguez, 2005).

Mecanismos de acción

- El modo de acción de los mananoligosacáridos es de exclusión competitiva en la microflora intestinal. Mediante un revestimiento de la pared intestinal, las bacterias benéficas gastrointestinales evitan que los patógenos se adhieran a la pared intestinal. Éste puede ser un mecanismo de control muy efectivo, debido a que la adherencia a los tejidos de mucosa animales es un paso crucial de la colonización y del proceso de infección de muchos patógenos (Spring, 2002 citado por Pardo y Gómez, 2010).

- Protege la amplia superficie de contacto del tracto gastrointestinal, el animal dedica gran parte de su sistema inmunológico a defender ese órgano. Aproximadamente tres cuartas partes de todas las células inmunológicas en el cuerpo están localizadas dentro del intestino, como parte del tejido linfoide asociado a los intestinos, el cual proporciona protección inmunológica. Los mananoligosacáridos son capaces de inducir la activación de los macrófagos por medio de la saturación de sus lugares receptores de la manosa en las glicoproteínas de la superficie celular, que se proyectan de la superficie de la membrana celular de los macrófagos. Una vez que tres o más de esos lugares han sido saturados, se inicia una reacción en cadena que da origen a la activación de los macrófagos y la liberación de las citocinas, significando, por lo tanto, la instalación de la respuesta de inmunidad adquirida (Salgado y Sanaria, 1998 citados por Pardo y Gómez, 2010).

Utilización en tilapia

Estudios han demostrado que la inclusión de MOS en dietas de tilapia mejora el desempeño zootécnico (Ahmad y otros, 2013; Abu-Elala y otros, 2013). También se han demostrado la actividad promotora de la integridad intestinal de los mananoligosacáridos, como reportan Liranço y otros (2013) que al suministrar dietas de tilapia con 0.1% de MOS, reportando aspectos benéficos en las características morfológicas del tracto intestinal, promoviendo el incremento del área de absorción de la mucosa.

Otro estudio reportó resultados con tilapia roja alimentada con dosis de 6 g de MOS /kg (Aqua-Mos) en el alimento, y se obtuvo que el FCR (Factor de Conversión de Alimento) fue 27%

menor que los testigos (Hanley y otros, 1995 citados por Staykov y otros, 2007).

Utilización en otras especies acuáticas

Se han reportado estudios que demuestran su capacidad de aumentar la supervivencia, el crecimiento y el control de los patógenos potenciales de peces y crustáceos. Los mananoligosacáridos han demostrado ser beneficiosos en la salud intestinal mediante la mejora de la absorción y la modulación inmune en las especies objetivo, tales como: la suplementación dietética en el performance del langostas tropicales juveniles, donde se logró mejorar el rendimiento del crecimiento, supervivencia, la salud del intestino, condición fisiológica y la respuesta inmune de las langostas tropicales a la infección bacteriana (Sang y Fotedar, 2010).

Staykov y otros (2007) evaluaron los beneficios de MOS como suplemento en 2 g/kg en dietas pellets en el crecimiento, rendimiento, supervivencia y función inmune de trucha arcoíris y de carpa común, donde la suplementación de MOS (Bio-Mos) en la dieta mejoró FCR (Factor de Conversión de Alimento) de los peces criados.

2.9. Vitamina C

Entre las vitaminas estudiadas para los peces, las vitaminas A, D, E y C se destacan por estar íntimamente asociadas al desempeño del sistema inmunológico (Lazo, 2000).

La vitamina C recibe mayor atención por no ser sintetizada por la mayoría de las especies de peces, en este caso, la tilapia del Nilo no puede sintetizar la vitamina C debido a la ausencia de la enzima L-gulonolactona oxidativa para su formación a partir de glucosa (Andersen y otros, 1998; Barros y otros, 2002).

Propiedades

- Está involucrada en varias funciones fisiológicas inclusive el crecimiento, desarrollo, reproducción, cicatrización, respuesta al estrés, entre otros procesos, por ser un buen agente reductor. Los derivados de ácido ascórbico formados por esterres de fosfatos, el ascorbil monofosfato (AMP) y ascorbil polifosfato (AP) son los más usados como fuente de vitamina C debido a su mayor estabilidad (Andersen y otros, 1998).
- Tilapias alimentadas con dietas sin ácido ascórbico presentan reducido crecimiento, bajo índice de utilización de proteína digestible, menor digestibilidad aparente de materia seca, elevados niveles de humedad en la composición de la canal y bajos niveles de minerales y proteína bruta en la canal, también pueden presentar movimientos descoordinados, desequilibrio y convulsiones, anorexia, disminución del consumo, hemorragias periféricas en boca, ojos, aletas y alta mortalidad (Barros y otros, 2002).
- La deficiencia de vitamina C en tilapias ocasiona deformaciones estructurales como escoliosis y lordosis debido a que la

deficiencia está relacionada con una anormal formación de colágeno; también afecta el sistema inmune y la actividad reproductiva de la tilapia (Toyama y otros, 2000; Fundación Observatorio Español de Acuicultura, 2012).

Utilización en tilapia

Navarro y otros (2010) reportaron que la suplementación de 50, 100, 150 y 200 mg/kg de vitamina C mostró un rendimiento productivo satisfactorio en tilapia revertida. Para utilizar dietas con menos costo se recomienda el uso de 50 mg/kg Vitamina C. También estimaron que los requerimientos de vitamina C de 50 mg/kg presentan un desempeño productivo satisfactorio en la fase de pos reversión.

Estudios sugieren que suplementar vitamina C a la dieta alimenticia en tilapia y en otros peces podría proporcionar a los peces mayor resistencia a las enfermedades (Li y Lovell, 1985), tales como reporta Martins y otros (2008), donde concluyen que la suplementación con niveles elevados de vitamina C 500mg/kg y vitamina E 500mg/kg en tilapias con proceso inflamatorio inducido, provoca aumento de la actividad del sistema del complemento, un importante mediador químico, que puede influir en la respuesta inflamatoria.

Falcon (2007) determinó que la suplementación de vitamina C y β -glucanos, en dietas de tilapia, no influyen en el desempeño zootécnico de las tilapias de Nilo, pero, dietas con suplementación de 0,1% de β -glucanos y 600 mg/kg de vitamina C en la ración determinó mejores respuestas inmunológicas frente a estímulos por frío.

Cavichiolo y otros (2002) reportaron un mejor tamaño corporal (peso y talla) en la suplementación de vitamina C en dietas de larvas de tilapia, además recomiendan utilizar 1000 mg/kg de

vitamina C en la ración durante el proceso de reversión para mejorar la supervivencia y la integridad de las branquias.

Utilización en otras especies acuáticas

En la práctica, los niveles de estas vitaminas se suministran a niveles superiores a los requeridos, con la finalidad de compensar la pérdida de estos compuestos durante la fabricación de dietas. En el caso de la vitamina C para larvas de peces marinos se recomienda incluir de 2 a 3% del peso seco de la dieta, ya que las pérdidas pueden ser del orden de 20 a 80% (Person-Le Ruyet, 1989).

Algunos trabajos sugieren que la suplementación con ácido ascórbico en la dieta puede ser benéfica para los peces debido a que favorece el sistema inmunológico y la capacidad de prevención de los efectos negativos causados por el estrés (Urbinati y Carneiro, 2005 citado por Corredor y Landines, 2009). Por ejemplo, al suplementar la dieta de *Lateolabrax japonicus* con vitamina C, la respuesta inmune fue mejor, los individuos tratados tuvieron mayor ganancia de peso y sobrevivencia (Montero y otros, 1999). En otro trabajo, se comparó el L-ascorbil-2-monofosfato-Ca y L-ascorbil-2-monofosfato-Na/ Ca sobre el crecimiento de *Sebastes schlegeli*, utilizando una dieta control sin vitamina y dietas con niveles de suplementación de 50, 100, 200, 400 y 800 mg/kg de ácido ascórbico durante 12 semanas, y lograron establecer que el grupo sin suplementación mostró un crecimiento significativamente menor con respecto a los grupos con dietas suplementadas; no observaron diferencias entre las dos sustancias utilizadas durante el estudio (Wang y otros, 2003 citados por Corredor y Landines, 2009).

En otro estudio en *Cyprinus carpio*, con el fin de determinar los requerimientos de vitamina C a diferentes temperaturas de cultivo y la incidencia de este suplemento en la composición lipídica

del animal, se encontró que a mayor temperatura había mayor requerimiento de ácido ascórbico; asimismo se concluyó que la temperatura y la vitamina C influyen la composición lipídica en el hígado y el músculo (DengFwu y Tse-Kun, 2002 citados por Corredor y Landines, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución de la investigación

El experimento se realizó en un ambiente diseñado para experimentación ubicado en el Campus II de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, en la región La Libertad, en el distrito de Trujillo. Este lugar tiene una altitud media de 34 msnm y cuenta con una superficie de 39.36 km² (que representa el 2.2% de la provincia). Trujillo tiene una temperatura ambiental media 19.61°C, máxima 30.83°C y mínima 11.83°C (Huerta y Vásquez, 2012).

3.2. Instalaciones

El ambiente donde se desarrolló la investigación consistió de un galpón con 10 tanques de concreto armado de 500 L cada uno y 10 tanques de construidos de ladrillo revestidos de plástico, en donde fueron distribuidas las unidades experimentales. Las medidas de los tanques fueron 0.8 m de largo, 1 m de ancho y 0.6 m de altura. El suministro de agua, de aireación y el filtrado fueron acondicionados en cuatro grupos de cinco tanques cada uno, mediante un sistema de circulación abierta.

3.3. Animales y alimentación

Se utilizaron 320 tilapias juveniles con peso promedio de 56 gramos, las cuales fueron distribuidas en los tanques con una densidad de 16 peces/tanque en la fase de crecimiento (hasta alcanzar el peso vivo de 250 g), aproximadamente 4 meses.

Los peces recibieron dietas según el tratamiento asignado a cada tanque, el suministro fue realizado tres veces al día (9, 11, 14 horas), evitando el exceso de sobras en el tanque. La dieta base (DB) fue

formulada para atender a las necesidades de los peces, según las recomendaciones establecidas por las Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (Furuya y otros, 2010); sobre esta dieta se adicionó vitamina C y MOS, según los tratamientos (Cuadro 5).

El alimento fue humedecido y luego peletizado utilizando un molino manual, posteriormente secado en bandejas y almacenado, se preparó en cantidades para ser utilizados en un tiempo no mayor de 7 días.

Cuadro 5. Composición porcentual y nutricional de la dieta base para tilapia en la fase de crecimiento

| Ingredientes | Fase de Crecimiento | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-------|-------|--------|--------|
| | C0M0 | C6M05 | C6M10 | C12M05 | C12M10 |
| Maíz | 45,86 | 44.83 | 43.91 | 44.72 | 43.80 |
| Torta de soya | 31.97 | 32.16 | 32.32 | 32.18 | 32.34 |
| Aceite de soya | 0.00 | 0.29 | 0.54 | 0.32 | 0.57 |
| Harina de pescado | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Afrecho de trigo | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Carbonato de Ca | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 |
| Soya integral | 3.85 | 3.85 | 3.85 | 3.85 | 3.85 |
| Premezcla Proapak | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Sal | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| Fosfato bicálcico | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.13 |
| Zinc bacitracina | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Vitamina C | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 0.12 | 0.12 |
| Mananoligosacáridos | 0.00 | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 1.00 |
| Valor nutritivo | | | | | |
| Proteína, % | 29.73 | 29.73 | 29.73 | 29.73 | 29.73 |
| Energía Digestible, kcal/kg | 3036 | 3036 | 3036 | 3036 | 3036 |
| Calcio, % | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 |
| Fósforo disponible, % | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 |
| Lisina, % | 1.88 | 1.88 | 1.88 | 1.88 | 1.88 |
| Metionina, % | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 |
| Treonina, % | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 |
| Metionina + Cistina, % | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

Composición porcentual y nutricional de la dieta base para tilapia en la fase de crecimiento (Furuya y otros, 2010).

3.4. Variables independientes

- Vitamina C
- Mananoligosacáridos (MOS)

3.5. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la interacción de dos niveles de vitamina C en la dieta (C: 600 mg/kg y C12: 1200 mg/kg) y dos niveles de MOS en la dieta (M05: 0.5 % y M1: 1.0 %), adicionalmente se estableció un tratamiento control sin la adición de vitamina C y sin MOS.

C0M0 = dieta base sin vitamina C y sin MOS

C6M05 = dieta con 600 mg/kg de vitamina C y 0.5 % de MOS

C6M10 = dieta con 600 mg/kg de vitamina C y 1.0 % de MOS

C12M05 = dieta con 1200 mg/kg de vitamina C y 0.5 % de MOS

C12M10 = dieta con 1200 mg/kg de vitamina C y 1.0 % de MOS

3.6. Variables dependientes

- Consumo diario de alimento (CDA, g)
- Ganancia diaria de peso (GDP, g)
- Conversión alimenticia (CA, g/g).

3.7. Manejo de los tanques y control de la calidad del agua

Los tanques fueron sifoneados en días alternos para mantener una adecuada calidad del agua. La temperatura fue registrada diariamente; semanalmente fueron monitoreados los parámetros acuáticos como pH, concentración de nitritos y amoníaco total, utilizándose kits de determinación durante todo el periodo experimental, según las recomendaciones de Boyd y Tucker (1998).

3.8. Análisis estadístico

Las tilapias fueron distribuidas en cada tanque, utilizando un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con arreglo factorial 2 x 2 (niveles de vitamina C y niveles de MOS en la dieta), más un control sin suplementación con cinco tratamientos y cuatro bloques; el factor de bloqueo fue el peso de los peces al inicio del experimento y la unidad experimental estuvo compuesta por 16 tilapias promedio en la fase crecimiento. El peso inicial fue utilizado como co-variable.

Los resultados de cada variable evaluada se analizaron mediante el análisis de variancia y los promedios comparados por la prueba de Tukey, usando el programa estadístico Estat de la Universidad Estadual Paulista, UNESP, SP - Brasil. El modelo matemático fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + b(\bar{x} - x) + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación cualquiera, que corresponde al i-ésimo tratamiento.

μ = Media general o media poblacional.

A_i = Efecto de la suplementación con vitamina C (i: 1, 2).

B_j = Efecto de la suplementación con MOS (j: 1, 2).

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la vitamina C por el MOS.

b = Coeficiente de regresión.

$(\bar{x} - x)$ = Desvíos de las observaciones en relación a la media muestral.

E_{ijk} = Error Experimental.

IV. RESULTADOS

4.1. Calidad de agua

En el Cuadro 6 se muestra los valores promedios de temperatura, pH, amonio total y nitritos del agua de los tanques de crianza durante el experimento. También se registraron datos de la temperatura ambiental, la misma que mostró una máxima de 31.9°C y mínima de 21.8°C en promedio.

Cuadro 6. Indicadores de calidad de agua de los tanques donde fueron alojadas las tilapias durante la fase de crecimiento de tilapias

| Meses | Temperatura del agua | | pH | Amonio Total, mg/L | Nitritos (NO ₂), mg/L |
|-------|----------------------|---------|-----|--------------------|-----------------------------------|
| | 09:00 h | 12:00 h | | | |
| 1 | 25.8 | 26.1 | 7.3 | 0.01 | 0.03 |
| 2 | 26.0 | 26.3 | 7.0 | 0.01 | 0.02 |
| 3 | 26.3 | 26.6 | 6.7 | 0.01 | 0.02 |
| 4 | 26.4 | 26.6 | 7.0 | 0.01 | 0.02 |

4.2. Comportamiento productivo en la fase crecimiento

El comportamiento productivo fue medido a través de los índices de la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia (Cuadro 7), nos indican que no hubo interacción significativa ($p>0.05$) entre los niveles de vitamina C y de mananoligosacáridos, por lo mismo los análisis se realizaron sólo para los componentes principales (niveles de vitamina C y de mananoligosacáridos en la dieta de forma independiente).

Cuadro 7. Promedios de ganancia de peso, consumo de dieta y conversión alimenticia de tilapias en función de la interacción entre vitamina C y mananoligosacáridos en la dieta durante los 4 meses de experimentación

| | Vitamina C ¹ | Ganancia de peso, g | | Consumo de dieta, g | | Conversión alimenticia, g/g | |
|----------------------|-------------------------|---------------------|------------------|---------------------|--------|-----------------------------|------|
| | | M05 ² | M10 ² | M05 | M10 | M05 | M10 |
| Mes 1 | C6 | 19.12 | 20.02 | 67.61 | 61.24 | 3.62 | 3.10 |
| | C12 | 32.03 | 24.45 | 84.65 | 74.11 | 2.89 | 3.20 |
| Mes 2 | C6 | 24.16 | 21.66 | 73.96 | 72.37 | 3.37 | 3.38 |
| | C12 | 20.68 | 22.08 | 74.45 | 82.63 | 3.78 | 3.85 |
| Mes 3 | C6 | 27.47 | 24.57 | 88.70 | 76.61 | 3.43 | 3.10 |
| | C12 | 30.79 | 19.90 | 93.14 | 68.00 | 3.25 | 3.52 |
| Mes 4 | C6 | 29.14 | 23.35 | 79.09 | 65.88 | 2.77 | 2.92 |
| | C12 | 33.25 | 34.00 | 96.46 | 103.00 | 2.84 | 3.15 |
| Periodo total | C6 | 99.89 | 89.60 | 309.35 | 276.11 | 3.22 | 3.08 |
| | C12 | 116.74 | 100.43 | 348.70 | 327.74 | 3.06 | 3.25 |

¹ C6= 600mg de vitamina C/ kg de dieta, C12= 1200mg de vitamina C/kg de dieta.

² M05= 0.5% de mananoligosacáridos (MOS) en la dieta, M10= 1.0% de mananoligosacáridos (MOS) en la dieta.

En el Cuadro 8 se muestra el comportamiento productivo de las tilapias alimentadas con diferentes niveles de vitamina C y MOS durante los meses 1, 2 y 3 de la experimentación, notándose que los niveles de vitamina C y mananoligosacáridos (MOS) en la dieta no mostraron variación significativa ($p>0.05$) en ninguna de las variables evaluadas.

Cuadro 8. Comportamiento productivo de las tilapias evaluados durante los meses 1, 2 y 3 según el nivel de suplementación de Vitamina C y MOS

| Variables ¹ | Vitamina C ² | | MOS ² | | CV% |
|------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| | C6 ³ | C12 ³ | M05 ³ | M10 ³ | |
| Mes 1 | | | | | |
| GP, g | 19.57 ^a | 28.24 ^a | 25.57 ^a | 22.23 ^a | 38.16 |
| CD, g | 64.43 ^a | 79.38 ^a | 76.13 ^a | 67.68 ^a | 21.37 |
| CA, g/g | 3.36 ^a | 3.04 ^a | 3.25 ^a | 3.15 ^a | 24.32 |
| Mes 2 | | | | | |
| GP, g | 22.91 ^a | 21.38 ^a | 22.42 ^a | 21.87 ^a | 40.76 |
| CD, g | 73.16 ^a | 78.54 ^a | 74.20 ^a | 77.50 ^a | 30.93 |
| CA, g/g | 3.38 ^a | 3.81 ^a | 3.58 ^a | 3.62 ^a | 21.70 |
| Mes 3 | | | | | |
| GP, g | 26.02 ^a | 25.35 ^a | 29.13 ^a | 22.24 ^a | 48.48 |
| CD, g | 82.66 ^a | 80.57 ^a | 90.92 ^a | 72.31 ^a | 33.24 |
| CA, g/g | 3.27 ^a | 3.39 ^a | 3.34 ^a | 3.31 ^a | 19.86 |

¹ GP: Ganancia de peso, g; CD: Consumo de dieta, g; CA: Conversión alimenticia, g/g.

²Para cada factor datos seguidos de la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Tukey ($p>0.05$).

³C6= 600mg de vitamina C/kg de dieta, C12= 1200mg de vitamina C/kg de dieta, M05= 0.5% de mananoligosacáridos (MOS) en la dieta, M10= Dieta con 1.0% de mananoligosacáridos (MOS) en la dieta.

El Cuadro 9 muestra el comportamiento productivo de las tilapias alimentadas con diferentes niveles de vitamina C y MOS, durante el Mes 4 y el periodo total de la experimentación, y se observa que animales que recibieron vitamina C o mananoligosacáridos (MOS) no mostraron variación significativa ($p>0.05$) en ninguna de las variables evaluadas.

Cuadro 9. Comportamiento productivo de las tilapias evaluados durante el mes 4 y el periodo total según el nivel de suplementación de Vitamina C y MOS

| Variables ¹ | Vitamina C ² | | MOS ² | | CV% |
|------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
| | C6 ³ | C12 ³ | M05 ³ | M10 ³ | |
| Mes 4 | | | | | |
| GP, g | 26.24 ^a | 33.62 ^a | 31.19 ^a | 28.68 ^a | 37.60 |
| CD, g | 72.48 ^a | 99.73 ^a | 87.77 ^a | 84.44 ^a | 32.94 |
| CA, g/g | 2.84 ^a | 2.99 ^a | 2.80 ^a | 3.04 ^a | 14.69 |
| Periodo total | | | | | |
| GP, g | 94.74 ^a | 108.59 ^a | 108.31 ^a | 95.02 ^a | 31.38 |
| CD, g | 292.73 ^a | 338.22 ^a | 329.03 ^a | 301.92 ^a | 25.84 |
| CA, g/g | 3.15 ^a | 3.16 ^a | 3.14 ^a | 3.17 ^a | 14.57 |

¹ GP: Ganancia de peso, g; CD: Consumo de dieta, g; CA: Conversión alimenticia, g/g.

²Para cada factor datos seguidos de la misma letra no difieren entre sí por la prueba de Tukey ($p>0.05$).

³C6= 600mg de vitamina C/kg de dieta, C12= 1200mg de vitamina C/kg de dieta, M05= 0.5% de mananoligosacáridos (MOS) en la dieta, M10= Dieta con 1.0% de mananoligosacáridos (MOS) en la dieta.

Al comparar la dieta control (sin adición de vitamina C y MOS) con la combinación de vitamina C x MOS (Cuadro 10), se encontró que en todos los meses y en el periodo total las dietas con suplementación de vitamina C y MOS mostraron, respecto a la dieta control, mejores respuestas ($p < 0.05$ y $p < 0.01$).

Cuadro 10. Promedio de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de tilapias alimentadas con dietas con o sin suplementación de vitamina C y mananoligosacáridos, cuyas comparaciones resultaron con variación significativa

| Variable | Dieta control | Dieta con vit. C y MOS | Significancia¹ |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Mes 1 | | | |
| Ganancia de peso, g | 13.62 | 23.90 | * |
| Conversión alimenticia, g | 4.34 | 3.20 | * |
| Mes 2 | | | |
| Consumo de alimento, g | 34.01 | 75.85 | ** |
| Ganancia de peso, g | 7.72 | 22.14 | ** |
| Mes 3 | | | |
| Consumo de alimento, g | 42.13 | 81.61 | * |
| Ganancia de peso, g | 9.76 | 25.68 | * |
| Conversión alimenticia, g | 4.43 | 3.33 | * |
| Mes 4 | | | |
| Ganancia de peso, g | 12.98 | 29.93 | ** |
| Conversión alimenticia, g | 4.36 | 2.92 | ** |
| Periodo total | | | |
| Consumo de alimento, g | 187.01 | 315.47 | ** |
| Ganancia de peso, g | 44.08 | 101.66 | ** |
| Conversión alimenticia, g | 4.32 | 3.15 | ** |
| ¹ Nivel de significancia: | ** = | $p < 0.01$, | * = $p < 0.05$ |

Evaluando el periodo total en relación al tratamiento control (Figura 1), se observó que peces que consumieron vitamina C o mananoligosacáridos (MOS) en la dieta consiguieron obtener mayor ganancia de peso ($p < 0.01$) que aquellos que no recibieron ningún aditivo.

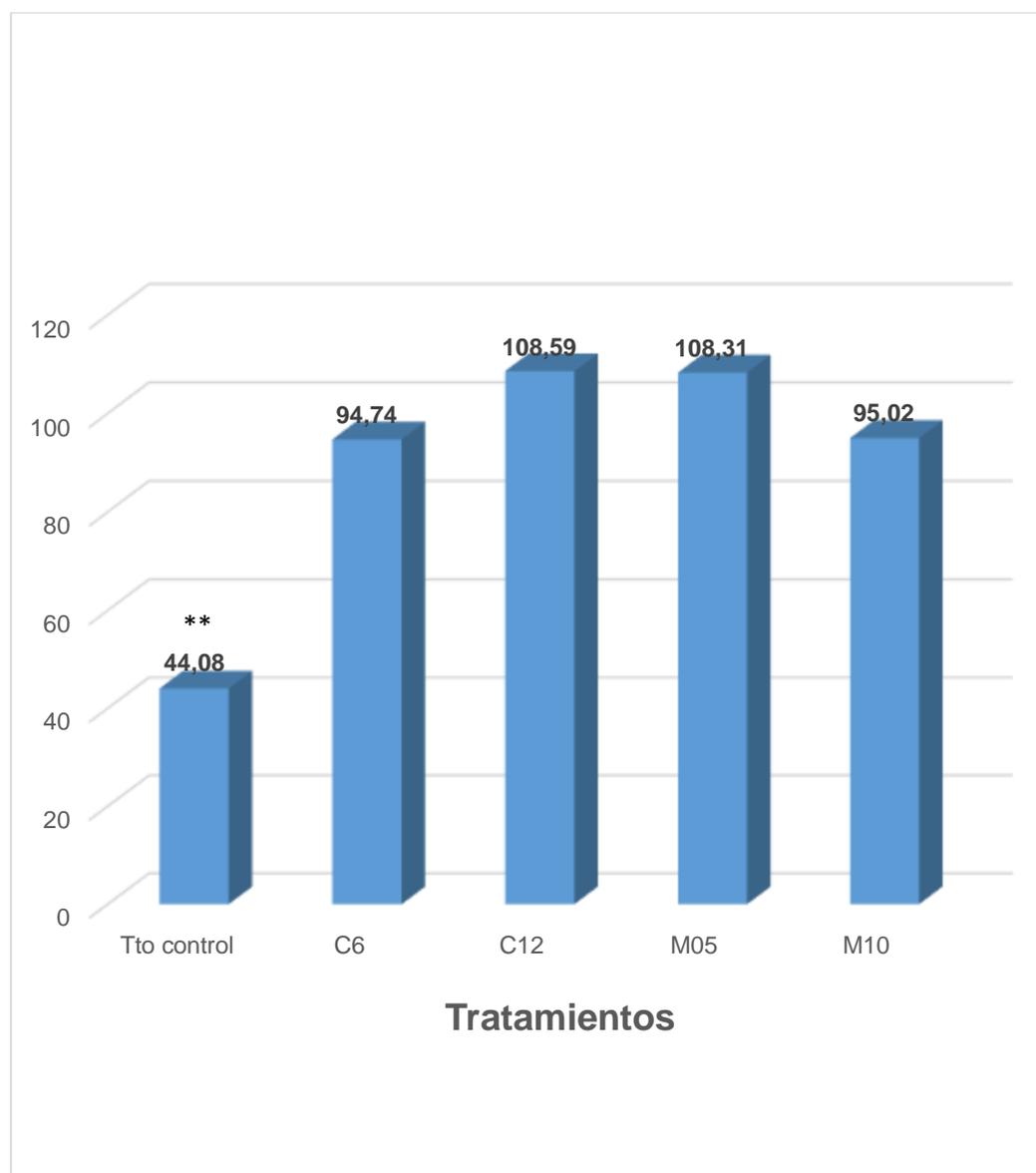


Figura 1. Ganancia de peso en el periodo total según el nivel de suplementación de vitamina C y MOS, en la dieta (**: $p < 0.01$)

En la comparación del periodo total frente al tratamiento control (Figura 2), se observa que peces que consumieron vitamina C o mananoligosacáridos (MOS) en la dieta consiguieron obtener mayor consumo de alimento ($p < 0.01$) que aquellos que no recibieron ningún aditivo.

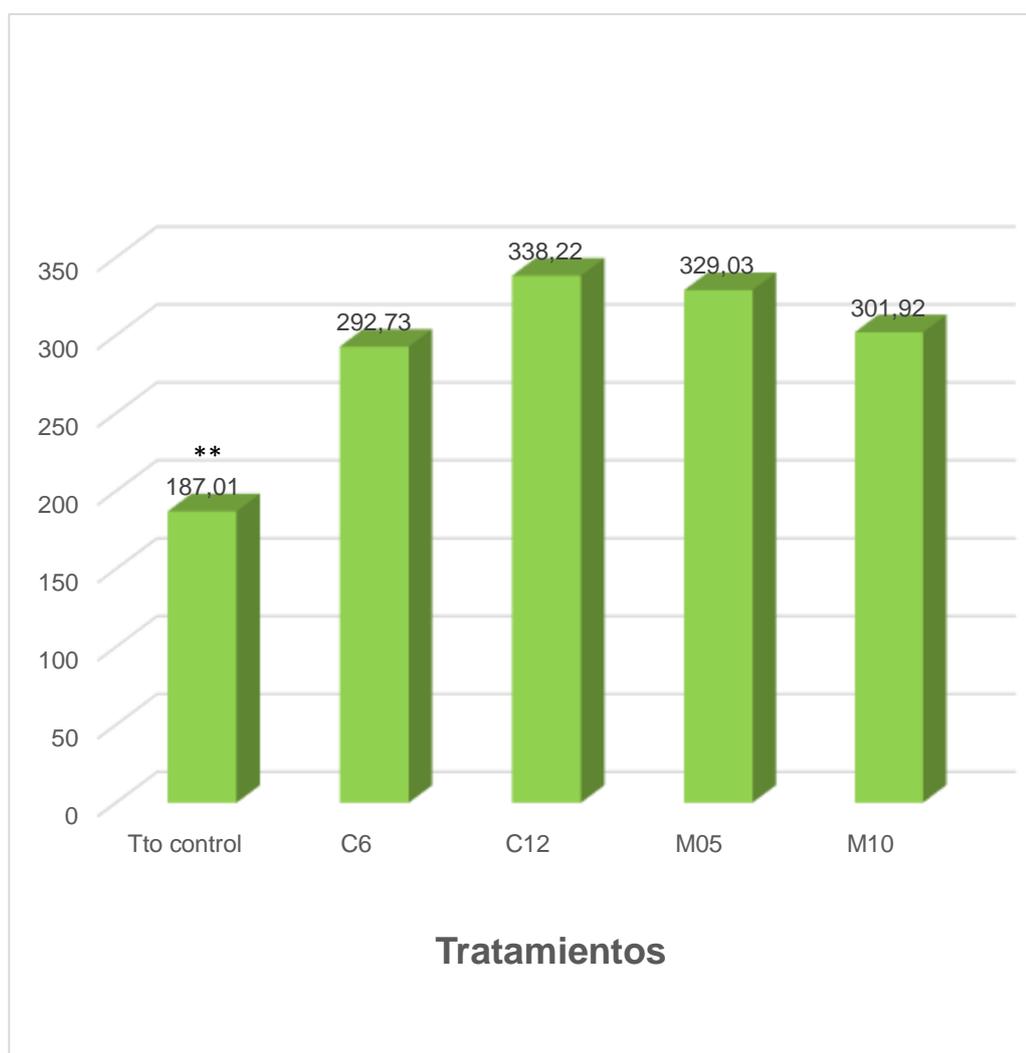


Figura 2. Consumo de alimento en el periodo total según el nivel de suplementación de vitamina C y MOS, en la dieta (**: $p < 0.01$)

En la evaluación del periodo total en relación al tratamiento control (Figura 3), es destacable que peces que consumieron vitamina C o mananoligosacáridos (MOS) en la dieta consiguieron obtener mejor conversión alimenticia ($p < 0.01$) que aquellos que no recibieron ningún aditivo.

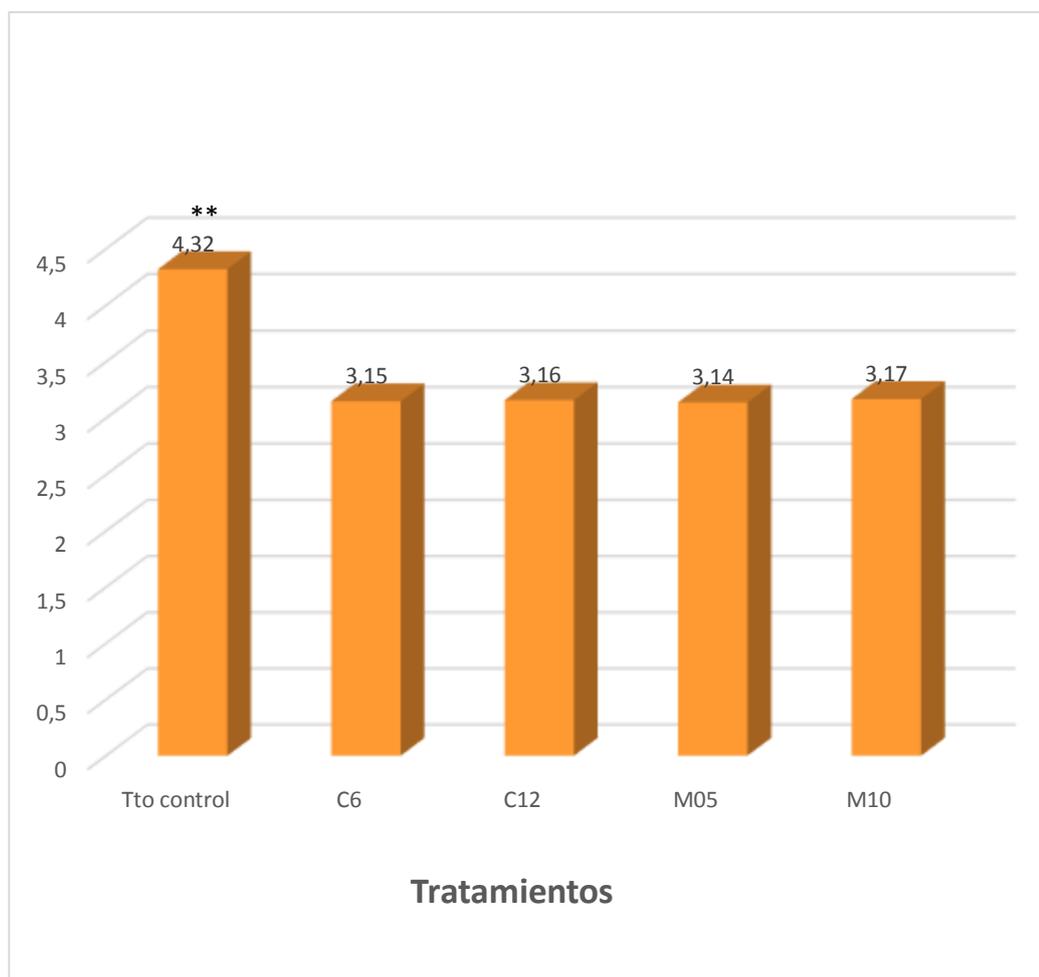


Figura 3. Conversión alimenticia en el periodo total según el nivel de suplementación de vitamina C y MOS, en la dieta (**: $p < 0.01$)

V. DISCUSIÓN

5.1. Calidad de agua

Se observó que la temperatura del agua de cultivo fluctuó entre 25.8-26.4°C para las 9:00 horas y entre 26.1- 26.6°C para las 12:00 horas. Se ha informado que temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 40°C son letales para la mayoría de tilapias, sin embargo temperaturas iguales o inferiores a 24°C producen problemas en la reproducción, cese o disminución de consumo de alimento, y mortalidad como consecuencia de enfermedades; y temperaturas sobre 37°C causa enfermedad inducida por estrés y mortalidad. Se indica que la temperatura del agua preferida para el óptimo crecimiento de la tilapia es de aproximadamente 29 a 31°C, de 26 a 30°C y de 25 a 30°C (Popma y Lovshin, 1996, Cantor, 2007, Bocek, 1992).

Referente al pH del agua de cultivo se registraron valores entre 6.7-7.3 valores dentro de los parámetros ideales, tal como lo expresa Colt (1991), quien reportó que el pH en aguas cálidas el rango debe de estar entre 6.0 a 10.0. Sin embargo, Kubitzka (1999) indica que el pH debe ser mantenido entre 6 a 8.5, además sugiere que en pH menor a 4.5 y sobre 10.5 la mortalidad es significativa.

La concentración de amonio total en el agua de cultivo fue de 0.01 mg/L de agua, y respecto a la concentración de nitritos en el agua se encontró valores de 0.02 a 0.03 mg/L. Los niveles tolerables de amonio, según Liñan (2007), se encuentran en el rango de 0.6 a 2.0 ppm. El nivel de amonio del agua de cultivo en esta investigación fue de 0.01mg/L de agua, manteniéndose en el rango óptimo saludable para la sobrevivencia de los peces. Los niveles de nitritos según Liñan (2007), deben mantenerse por debajo de 0.1 ppm, indicativo de que el agua de cultivo

del presente experimento se mantuvo con concentraciones que no significó peligro para los peces.

5.2. Comportamiento productivo

Tilapias alimentadas con suplementación de diferentes niveles de vitamina C (600 mg y 1200 mg/ kg de alimento) y con mananoligosacáridos (0.5% de MOS y 1.0% de MOS) no mostraron interacción significativa ($p > 0.05$) entre ambos suplementos en la dieta, lo cual sugiere que no existió efecto sinérgico entre vitamina C y MOS, y que los peces han respondido independientemente al uso de los aditivos.

En la evaluación de factores independientes mostrada en los cuadros 8 y 9, durante los meses 1, 2, 3, 4 y el periodo total de la experimentación, las tilapias suplementadas con niveles de vitamina C y mananoligosacáridos (MOS) en la dieta no mostraron variación significativa ($p > 0.05$) en ninguna de las variables evaluadas para las dietas que recibieron estos aditivos. Barros y otros (2002) reportaron en la investigación realizada con alevines de tilapia de Nilo a quienes suplementaron sus dietas con tratamientos dispuestos en esquema factorial con 3 niveles de vitamina C (125, 375 y 1115 mg/kg) y tres niveles de hierro (30, 90 y 270 mg/kg), además del tratamiento control (0 mg/kg de suplementación de vitamina C y hierro), donde las variables evaluadas de ganancia de peso, conversión alimenticia y sobrevivencia no fueron influenciadas por los diferentes niveles de suplementación de vitamina C y hierro.

Existen estudios que presentan resultados contradictorios en la suplementación de mananoligosacáridos en las dietas sobre la influencia del desempeño zootécnico de las tilapias, tales como, Raulino y otros (2012), quienes adicionaron durante 30 días 0,2%; 0,4%; 0,8% de MOS

en dietas de tilapias de Nilo juveniles, y observaron que tilapias suplementadas con 0,4% y 0,8% de MOS tuvieron mayor consumo de alimento ($p < 0.05$), pero la inclusión de MOS no influenció a las variables de ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y tasa de crecimiento específico. Los carbohidratos no digeribles podrían acumularse en la membrana citoplasmática de los enterocitos, teniendo efectos destructivos en la organización de las microvellosidades, como Olsen y otros (2001) encontraron en salvelino ártico, *Salvelinus alpinus*, alimentándolo con inulina en la dieta, otra fuente de carbohidrato no digestible.

Sin embargo, Ahmad y otros (2013), resumen que al incluir MOS en dietas de alevines de tilapia durante 12 semanas, la dieta con inclusión de 0,2%, obtuvo un rendimiento más alto de crecimiento y FCR (Factor de Conversión de Alimento). Así mismo, Abu-Elala y otros (2013) suplementaron MOS (Bio-Mos) en 2g/kg de ración en *Oreochromis niloticus* con un peso inicial de 80 ± 5 g, reportando un relativo incremento en parámetros de crecimiento ($p < 0.05$). Además, Méndez (2015) reporta en su estudio que al incluir 0.5% de MOS en dietas de tilapias le conllevó a tener una mayor longitud de intestino.

Navarro y otros (2010) observaron que la adición de vitamina C en tratamientos de 50, 100, 150 y 200 mg de vitamina/kg de ración para tilapias revertidas, obtuvo un mejor resultado en cuanto a conversión alimenticia aparente ($p < 0.05$), en todo su estudio de 2 meses de duración. Además, Toyama y otros (2000) estudiaron la suplementación de vitamina C en dietas de tilapias de Nilo en estado pos larval y su efecto sobre la etapa de reversión sexual, con los siguientes tratamientos: 0, 50, 100, 200, 400, 600, 800 y 1.000 mg de vitamina C por kg de dieta (niveles de suplementación) por 30 días, de los cuales obtuvieron que las mejores tasas de ganancia de peso se observaron en los niveles de suplementación por encima de 800 mg de vitamina C/kg de dieta, y los

alevines obtenidos al final del experimento estaban en el rango de peso y longitud adecuada para la comercialización y dentro de los patrones de crecimiento normales. Por lo que se demostró, que el aumento de los niveles de suplementación con vitamina C en la dieta proporciona mejores índices de rendimiento.

Al comparar la dieta control (sin adición de vitamina C y MOS) con la combinación de vitamina C x MOS (Cuadro 10), se puede observar que en los Meses 1 y 3 se mostró un mejor comportamiento productivo ($p < 0.05$) en los tratamientos suplementados con vitamina C y MOS, que la dieta control (0% MOS y 0 mg de vitamina C). En el Mes 2, Mes 4 y periodo total se puede observar variación altamente significativa ($p < 0.01$) en los tratamientos suplementados con vitamina C y MOS demostrando un mejor comportamiento productivo. La diferencia entre la dieta control y la dieta con adición de vitamina C y MOS manifestó el efecto de estos suplementos en la respuesta de los peces, sin embargo el efecto de cada tratamiento suplementado no se sostuvo de mes a mes (Mes 2 y Mes 4) pero sí en el periodo total (Cuadro 10).

Sánchez (2015), utilizando la adición de 600 mg de vitamina C y 1200 mg de vitamina C y 0.5% de MOS y 1.0% de MOS en dietas de alevines de tilapias durante el invierno en la región La Libertad, no visualizó variación significativa entre los niveles de vitamina C y tampoco entre los niveles de MOS. Aunque observó una tendencia de mejor comportamiento en la adición de 1200 mg de vitamina C/kg de alimento en las variables en cuanto a ganancia de peso, consumo de dieta y conversión alimenticia; y una ligera tendencia de mejor comportamiento con el 0.5% de MOS, en cuanto a la ganancia de peso y conversión alimenticia, y en el consumo de dieta con la suplementación de 1.0% de MOS. Más, al evaluar el efecto de los aditivos, expresó que el efecto no fue uniforme de mes a mes y no se sostuvo al evaluar el periodo total, a

comparación de los resultados obtenidos para este estudio, diferencia que puede ser otorgada a la estación (invierno) en que se realizó dicho estudio.

Según Newman (2007) citado por Sado y otros (2008), la complejidad de la estructura de carbohidrato en la pared celular de la levadura, las diferentes cepas de levadura, el procesamiento de la fermentación y métodos de procesamiento pueden alterar su función. Además, dependiendo de la concentración de MOS, periodo de administración, y el estado de la población pueden presentar diferentes resultados (Pryor y otros, 2003 citado por Sado y otros, 2008).

VI. CONCLUSIONES

- El uso de vitamina C y MOS en la dieta de tilapias mejora el comportamiento productivo (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia) en relación a aquellas que no reciben estos aditivos.
- El uso combinado de vitamina C y MOS en la dieta de tilapias no mostró interacción significativa.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con suplementación de vitamina C y MOS evaluando el efecto en cuanto a la integridad y densidad de las vellosidades intestinales.
- Realizar estudios de cultivo de tilapia en diferentes fases de crecimiento, sistemas de crianza y alimentación en diversas zonas de la región La Libertad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Elala, N., Marzouk, M., Moustafa, M. 2013. Use of different *Saccharomyces cerevisiae* biotic forms as immune-modulator and growth promoter for *Oreochromis niloticus* challenged with some fish pathogens. International Journal of Veterinary Science and Medicine. Egypt. 1(1): 21-29
- Ahmad, M., El-Mousallamy, Awad, S., Abd El-Naby, A. 2013. Evaluation of Bio-Mos as a feed additive on growth performance, physiological and immune responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Journal Applied Science and Research. Egypt. 9(1): 6441-6449
- Andersen, F., Lygren, B., Maage, A., Waagbø. 1998. Interaction between two dietary levels of iron and two forms of ascorbic acid and the effect on growth, antioxidant status and some non-specific immune parameters in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Aquaculture. Noruega. 161(1): 437-451
- Auclair, E. 2001. Yeast as an example of the mode of action of probiotics in monogastric and ruminants species. Rev. Options Méditerranéennes, serie Cahiers Options Méditerranéennes, Zaragoza. 54 (1): 45-53.
- Bardach, J., Ryther, J., Mclarney, W. 1986. Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. Trad. por Linda Westrup. 1ed. México, D.F., A.G.T. Editor, S.A. 288-316
- Balan, T. y Martínez, D., 2007. Uso de Microorganismos Eficientes (EM) en la alimentación de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis proyecto Linc. En Ciencias Agrarias, Ing. Agrónomo. Limón, Costa

Rica. Universidad Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. 57p.

Baltazar, P. 2007. La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista Peruana de Biología*, Perú. 13(3): 267-273

Baltazar, P., Palomino, A. 2007. Manual de cultivo de Tilapia. 1 ed. Perú. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, Gerencia de Acuicultura. 113 p.

Barros, M. Pezzato, L., Kleemann, G., Hisano, H., Jordão de Magalhães, G. 2002. Níveis de Vitamina C e Ferro para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *R. Bras. Zootec. Brasil*. Vol. 31, n. 6. 2149-2156

Basualdo, L., Jiménez, F., Jiménez, A., Macal, F., Mendoza, E., Montaña, D., Urcelay, E. 2012. Criterios técnicos y económicos para la producción sustentable de tilapia en México; PIC Tilapia 2012. 1ed. México. Comité sistema producto tilapia de México AC. 184 p.

Bazay, G. 2010. Uso de los probióticos en la alimentación animal con énfasis en *Saccharomyces cerevisiae*. *Rev. Sirivs*, Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Medicina Veterinaria. 13 p.

Beltrán, M. 2009. Utilización de mananos oligosacáridos en cría y acabado de pollos de ceba como promotor de crecimiento. Tesis Ing. Zootecnista. Riobamba, Ecuador. Escuela de Ingeniería Zootécnica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 45 p.

- Bocek, A. 1992. Introducción del cultivo de la tilapia. Acuicultura y Aprovechamiento del Agua para el Desarrollo Rural. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University. EE.UU. 12 p.
- Boscolo, W., Signor, A., Feiden, A., Bombardelli, R., Signor, A., Reidel, A. 2005. Energia digestível para larvas de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. R. Bras. Zootec. Brasil. 34(6): 1813-1818
- Boyd, C. E. y Tucker, C. S. 1998. Pond water quality management. Boston: Kluwer Academic. 700 p.
- Cabrera, T., Millán, J., Rosas, J. 1998. Tres experiencias de cultivo de tilapias en la Isla de Margarita, Venezuela. Nota técnica. 16(1):127-145, [en línea]: Zootecnia trop., (http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical, sumario de la colección, 1998, 1; 30 junio 2015).
- Cantor, F. 2007. Manual de cultivo de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla, México. 135 p.
- Castillo, L. 2003. Tilapia roja 2003 una evolución de 22 años, de la incertidumbre al éxito. Universidad de Arizona. Colombia. 94 p.
- Castro, M., Rodríguez, F., 2005. Levaduras: probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. Rev. Corpoica, Tibaitatá. 6(1): 26-38
- Cavichiolo, F., Vargas, L., Ribeiro, R., Marques, H., Rizzo da Rocha, B., Maehana, K., Pohv, J., Leonardo, J. 2002. Efeito da suplementação de vitamina C e vitamina E na dieta, sobre a ocorrência de

ectoparasitas, desempenho e sobrevivencia em larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a reversão sexual. Rev. Maringá, Brazil. 24(2):943-948

Corredor, A., Landines, M. 2009. Efecto del ácido ascórbico sobre la respuesta de los peces ante condiciones de estrés. Rev. Med. Vet. Zoot. Bogotá, Colombia. 56(1): 53-66

Colt, J. 1991. Aquacultural production systems. Journal of animal science. USA. 69(10): 4183-4192.

Decreto Supremo N° 002-91-PE. 1991. Prohíben la siembra y cultivo de las diferentes especies y variedades de "Tilapia" en ambientes naturales o artificiales en toda la cuenca del Amazonas. Diario Oficial El Peruano. Perú.

El-Sayed, A., Mansour, C., Ezzat, A. 2003. Effects of dietary protein level on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. Aquaculture, Alexandria. 220(1): 619-632.

El-Sayed, A. Protein nutrition of farmed tilapia: searching for unconventional sources. *In*: International Symposium on Tilapia in Aquaculture (6. 2004, Manila, Philippines). 2004. *Proceedings*. Alexandria, University of Alexandria. p. 364-378.

Engstad, R., Robertsen, B. 1994. Specificity of a 13-glucan receptor on macrophages from atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Rev. Developmental & Comparative Immunology, USA. 18(5): 397-408.

Falcon, D. 2007. β -glucano e vitamina C no desempenho produtivo e

parâmetros fisiopatológicos em juvenil de tilápia do Nilo: nível de suplementação e tempo de administração. Tesis Doutor em Aqüicultura. Jaboticabal, SP, Brasil. Universidade Estadual Paulista. 159 p.

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. 2006. Cultivo de tilapia y gamitana en jaulas flotantes en el Lago Sauce, Región San Martín. 1ed. Lima (Perú). Informe Técnico Final. 39 p.

Fundación Observatorio Español de Acuicultura. 2012. La nutrición y alimentación en piscicultura. España. [en línea]: Editorial Paraninfo, (<https://books.google.com.pe>, 12 Jun. 2015).

Furuya, W., Pezzato, L., Barros, M., Boscolo, W., Possebon, J., Barriviera, V., Feiden, A. 2010. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Editado por Wilson M. Furuya. Toledo, Brasil, GFM. 101 p.

Fraga, I., Flores, E., Reyes, R., Llanes, Y. 2012. Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba. Rev. Invest. Mar. 32(1): 16-23.

Garavito, L. y García, L. 2010. Evaluación de la inclusión de oligosacáridos mananos en la etapa de levante en reproductoras pesadas ROSS 308 y su incidencia en los principales parámetros de producción. Tesis Ing. Zootecnista. Bogotá D.C., Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad De La Salle. 82 p.

Guerrero, M. 2014. Un estudio bibliográfico y recomendaciones técnicas para el cultivo de tilapia en estanques en Honduras. Honduras. SAHG, UNAH. 64p.

- Gunasekera, R., Shim, K., Lam, T. 1996a. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. Singapore. 146(1): 121-134
- Gunasekera, R., Shim, K., Lam, T. 1996b. Influence of protein content of broodstock diets on larval quality and performance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, Singapore. 146(1): 245-259
- Hepher, B., Pruginin, Y. 1991. Cultivo de peces comerciales: Basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. México. Ed LIMUSA. 5: 63-105
- Huerta, G, Vásquez, J. 2012. Estudio de caracterización de los residuos sólidos urbanos, distrito de Trujillo. Trujillo, Perú. Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo, Municipalidad de Trujillo. 50 p.
- Jauncey, K. 2000. Nutritional requirements. In: *Tilapias: Biology and Exploitation*. Ed. por M. Beveridge, B. McAndrew, Scotland. Springer Science & Business Media. 1Ed. p. 327-375. [en línea]: Google Libros, (<https://books.google.com.pe>, 25 Jun. 2015).
- Kubitza, F. 1999. Nutrição e Alimentação de Tilápias - Parte 1. Panorama da aqüicultura. Brasil. 9(52): 42-50
- Lara, M., Escobar, L., Olvera, M. Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). In: *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola (2002, Cancún, México)*. 2002. *Proceedings*. Yucatán, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. p. 314-335.

- Lazo, J. Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. In: Simposium Internacional de Nutrición Acuícola (5., 2000, Yucatán, México). 2000. *Proceedings*. Tijuana, Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada. p. 300-312.
- Li, Y., Lovell, R. 1985. Elevated Levels of Dietary Ascorbic Acid Increase Immune Responses in Channel Catfish. *J. nutr.* Auburn University, Alabama, EE.UU. 10(1): 123-131.
- Lin, M., Shiau, S. 2005. Dietary l-ascorbic acid affects growth, nonspecific immune responses and disease resistance in juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*, *Aquaculture*, National Taiwan Ocean University, Taiwan. 244 (1-4): 215-221.
- Liñan, W. 2007. Crianza de tilapia. 1ed. Lima, Perú, Macro EIRL. 110 p.
- Liranço, A., Ciarlini, P., Moraes, G., Camargo, A., Romagosa, E. 2013. Mannan oligosaccharide (mos) and β -glucan (β -glu) in dietary supplementation for Nile tilapia juveniles kept in cages. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, Brazil. 8(2): 112-125.
- Lovell, T. 1998. Nutrition and feeding of fish. Springer Science & Business Media. 2ed. EE.UU. [en línea]; Google Libros, (<http://books.google.com.pe>, 13 Julio 2015).
- Luchini, L. 2006. Tilapia: su cultivo y sistemas de producción. [en línea]: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina., (<http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura>, cultivos, especies, tilapias, Introducción de las tilapias pdf, 27 junio 2015).

- Martino, R., Cyrino, J., Portz, L., Trugo, L. 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. *Aquaculture, Brasil*. 209(1): 209-218.
- Martins, M., Miyazaki, D., Moraes, F., Ghiraldelli, L., Adamante, W., Mouriño, J. 2008. Ração suplementada com vitaminas C e E influencia a resposta inflamatória aguda em tilápia do Nilo. *Ciência Rural, Brasil*. 38(1): 213-218.
- Melo, D., Oliveira, D., Ribeiro, L., Teixeira, C., Sousa, A., Coelho, E., Crepaldi, D., Teixeira, E. 2006. Caracterização genética de seis plantéis comerciais de tilápia (*Oreochromis*) utilizando marcadores microssatélites. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Brasil*. 58(1):87-93.
- Mendez, R. 2015. Suplementación de vitamina C y mananoligosacáridos (MOS) en la dieta de tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre parámetros hematológicos y salud intestinal, criadas en época de verano en la región La Libertad. Tesis Med. Veterinario Zootecnista. Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 51 p.
- Mendoza, D. 2011. Informe: Panorama de la acuicultura mundial, en América Latina y el Caribe y en el Perú. Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 66 p.
- Meyer, D. y Triminio, S., 2002. Manual Producción de tilapia en fincas integradas; Utilizando insumos de bajo costo. 2 ed. Tegucigalpa, Honduras, Zamorano. 44 p.
- Montero, D., Marrero, M., Izquierdo, M., Robaina, L., Vergara, J., Tort, L. 1999. Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. *Aquaculture, España*. 171(1): 269-278

- Navarro, R., Ferreria, W., Ribeiro, O., Botion, L., Pereira, F., Silva, R., Maciel, T. 2010. Desempenho de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) suplementada com vitamina C. Rev. Archivos de Zootecnia, España. 59(228): 589-596.
- Olsen, R., Myklebust, R., Kryvi, H., Mayhew, T., Ringo, E. 2001. Damaging effect of dietary inulin on intestinal enterocytes in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). Aquaculture Research, Noruega. 32(11): 931-934
- Ordoñez, O. 2005. Estudio comparativo del engorde del híbrido rojo de tilapia (*Oreochromis sp.*) utilizando dietas de Azolla y soya. Tesis Ing. Acuicultor. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 106 p.
- Pardo, M. 2009. Comparación económica de la inclusión de manano oligosacárido en pollos de engorde de la línea ROSS 308 en una producción comercial. Tesis Ing. Zootecnista. Santafé de Bogotá D.C., Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad De La Salle. 106 p.
- Pardo, M., Gómez, J. 2010. Utilización de oligosacáridos mananos (BioMos®) en producción de pollo de engorde de la línea ROSS 308 en Arbelaez y Sylvania Cundinamarca. Universia, Cundinamarca, Colombia. 9 p.
- Person-Le Ruyet, J. Early weaning of fish larvae onto microdiets: constraints and perspectives. In: Advances in tropical aquaculture, Workshop at Tahiti, French (59, 1989, Tahiti). 1989. *Proceedings*. France, AQUACOP IFREMER. Actes Colloq. (9): 625-642.

- Pillay, T. 1997. *Acuicultura; Principios y prácticas*. Trad. Por Roberto Palacios. 1ed. México, D.F., Editorial LIMUSA. 699 p.
- Poot-López, G., Gasca-Leyva, E., Olvera-Novoa, M. A. (2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Latin american journal of aquatic research*, México. 40(4): 835-846.
- Popma, T., Lovshin, L. 1996. *Worldwide prospects for commercial production of tilapia*. Research and Development Series No. 41. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, Alabama. 26 p.
- Raulino, F., Sado, R., Cechín, F. Desempenho de juvenis de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* alimentados com níveis crescentes de prebiótico, *In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR* (2012, Paraná, Brasil). 2012. *Proceedings*. Paraná, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 8 p.
- Rakocy, J. E. 2005. *Oreochromis niloticus*, Programa de información de especies acuáticas. [En línea]: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO Roma, (<http://www.fao.org>, 01 Junio 2015)
- Saavedra, M.. Manual del cultivo de Tilapia. *In: Capacitación sobre cultivo de tilapia* (2006, Managua, Nicaragua). 2007. *Proceedings*. Nicaragua. Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos de la Universidad Centroamericana. 24 p.

- Sado, R., Bicudo, Á., Cyrino, J. 2008. Feeding dietary mannan oligosaccharides to juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, has no effect on hematological parameters and showed decreased feed consumption. *Journal of the world Aquaculture Society, Brasil*. 39(6): 821-826.
- Salze, G., McLean, E., Schwarz, M., Craig, S. 2008. Dietary mannan oligosaccharide enhances salinity tolerance and gut development of larval cobia. *Aquaculture, USA*. 274(1): 148-152.
- Samrongpam, C., Areechon, N., Yonpundh, R., Sirsapoome, P. Effects of mannan oligosaccharide on growth survival and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus linnaeus*) fry. *In: International Symposium on Tilapia in Aquaculture (8, 2008, Cairo, Egypt)*. 2008. *Proceedings*. Thailand, Kasetsart University. p. 345-353.
- Sánchez, O. 2015. Efecto de la suplementación de vitamina C y mananoligosacáridos (MOS) en la dieta sobre el comportamiento productivo de la tilapia, *Oreochromis Niloticus*, criadas a temperaturas inferiores a su hábitat en la región La Libertad. Tesis Med. Veterinario Zootecnista. Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 44 p.
- Sang, H., Fotedar, R. 2010, Effects of mannan oligosaccharide dietary supplementation on performances of the tropical spiny lobsters juvenile (*Panulirus ornatus*, Fabricius 1798). *Fish & Shellfish Immunology, Australia*. 28(1): 483-489
- Sarmiento, A., Weiland, J., Gómez, J., Gómez, G., Vargas, M. 2009. Evaluación del efecto de un mananoligosacárido (MOS) en los parámetros zootécnicos, microbiológicos, patológicos e histológicos

en pollos de engorde frente a *Salmonella enteritidis*. Rev. Ciencia Animal, Colombia. (2): 67-77

Schwarz, K., Furuya, W., Natali, m., Gaudezi, C., Gonçalves, P. 2011. Mananoligossacarídeo em dietas para larvas de tilapia. Rev. Bras. Zootec., Brasil. 40(12): 2634-2640

Soto, G. 2005. Visión general del sector acuícola nacional – Perú. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO Roma. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org>, 17 de Junio 2015)

Staykov, Y., Spring, P., Denev, S. Influence of dietary Bio-Mos_ on growth, survival and immune status of rainbow trout (*Salmo gairdneri irideus* G.) and common carp (*Cyprinus carpio* L.). In: Nutritional biotechnology in the feed and food industries. Proceedings of Alltech's 21st Annual Symposium (2005, Kentucky, USA). 2007. *Proceedings*. Trakia Univ./Swiss College of Agric. 333-343 [En línea]: Aquaculture (<http://en.engormix.com/MA-aquaculture/>, technical articles, 17 julio 2015)

Torres, D., Hurtado, V. 2012. Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Orinoquia, Universidad de Los Llanos, Colombia. 16(1): 63-68

Toyama, G., Corrente, J., Possebon, J. 2000. Suplementação de vitamina c em rações para reversão sexual da tilápia do nilo. Rev. Scientia Agricola, Brasil. 57(2): 221-228