

# Vitamina C y Mananoligosacaridos (MOS) en dietas de tilapia, *Oreochromis niloticus*, sobre el comportamiento productivo, parámetro hematológicos y salud intestinal, criadas a temperaturas inferiores al confort

## Vitamin c and mannanoligosaccharides (MOS) in diets tilapia, *Oreochromis niloticus*, on production performance, hematological parameters and intestinal health, reared to temperatures below its confort

Wilson Castillo Soto<sup>1</sup>, Cesar Lombardi Pérez<sup>2</sup> y Oyuky Sánchez Raico<sup>3</sup>

Recibido: 18 de junio de 2015  
Aceptado: 17 de agosto de 2015

### Resumen

Se evaluó el efecto de la adición de vitamina C y mananoligosacáridos (MOS) en la dieta sobre la performance productiva, integridad intestinal y constantes hematológicas de tilapias criadas durante 4 meses a temperaturas inferiores a su confort. Se utilizaron 400 alevinos (8.5 + 2.95 g) distribuidos en 20 tanques. El experimento fue conducido a través de un diseño de bloques completo al azar con arreglo factorial 2 x 2 compuesto de dos niveles de vitamina C (600 y 1200 mg/kg) y dos niveles de MOS (0.5 y 1.0%) en comparación a una dieta sin suplementación de vitamina C y MOS, con un total de 5 dietas. El uso de vitamina C y MOS en las dietas condujeron a mejor comportamiento productivo, integridad intestinal

y mejores constantes hematológicas, frente a dieta sin suplementos. La interacción de 1200 mg de vitamina C/kg y 0.5 % de MOS en la dieta mostró mejor respuesta en ganancia de peso, conversión alimenticia, longitud de intestino y concentración de glucosa sanguínea. Las mejores respuestas en la integridad intestinal fueron atribuidas al MOS, la vitamina C fue responsable por los mayores valores en las constantes hematológicas; la ausencia de suplementos en la dieta disminuyó el nivel de glucosa, hemoglobina y ganancia de peso.

**Palabras clave:** Hematología, MOS, nutrición, tilapia, vitamina C.

### Abstract

The effect of the addition of vitamin C and mannanoligosaccharides (MOS) in the diet on the productive performance, haematological constants and gut integrity of tilapia reared for 4 months at temperatures below comfort. 400 fingerlings (8.5 + 2.95 g) distributed in 20 tanks were used. The experiment was conducted through a design completely randomized block with factorial arrangement 2 x 2 consists of two levels of vitamin C (600 and 1200 mg/kg) and two levels of MOS (0.5 and 1.0 %) compared to a diet with no supple-

mentation of vitamin C and MOS, making a total of 5 diets. The use of vitamin C and MOS in diets resulted in better growth performance, gut integrity and better hematological constants versus diet without supplements. Interaction of Vitamin C 1200 mg/kg and 0.5 % dietary MOS showed better response in weight gain, feed conversion, length of intestine and blood glucose concentration. The best responses in the intestinal integrity were attributed to MOS, vitamin C was responsible for the highest values in haematological

1. Doctor en Producción Animal, docente de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO).  
2. MSc. en patología veterinaria, docente de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UPAO.  
3. Alumna de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UPAO.

constants; the absence of dietary supplements decreased the level of glucose, hemoglobin and weight gain.

**Key words:** Hematology, MOS, Nutrition, Tilapia, Vitamin C.

## I. INTRODUCCIÓN

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez introducido y adaptado a las condiciones tropicales, se cultiva en la selva alta y en la costa norte del país, vinculada al aprovechamiento de represas, pero también se cultiva en jaulas (Ministerio de la producción, 2009). Es la segunda especie que se cultiva en el Perú, después de la trucha, habiéndose incrementado de 46 t del año 2000, para 2013 t al 2010 (Mendoza, 2011). La región La Libertad no aparece como productora de este pez (Ministerio de la producción, 2009), a pesar de tener una amplia zona costera y de valles donde podría desarrollarse la crianza. Las principales dificultades que se enfrenta son las características climáticas estacionales, principalmente la temperatura del agua en otoño e invierno, que fluctúa entre 18 a 24 °C, inferiores a las que requiere habitualmente la tilapia. Esta puede ser una limitante para un óptimo crecimiento. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que la crianza de tilapia en temperaturas entre 22 a 24 °C, puede ser factible, con un manejo adecuado (Moura et al., 2009).

Es común la producción de tilapia en sistemas extensivo y semi intensivo, caracterizados por adoptar estrategias de alimentación basada solamente en la productividad natural del ambiente o, por la combinación de dietas artificiales y alimento natural (Tacon, 1989; Castagnolli, 1992). Sin embargo, la crianza en sistema intensivo ha ganado espacio en los últimos años, con la construcción de estanques, buscando obtener máxima producción de peces por área, utilizando dietas balanceadas (Marengoni, 2006).

En este sistema, los peces son expuestos a diversos agentes estresantes, que pueden ocasionar alteraciones perjudiciales en su condición fisiológica. Muchos agentes están relacionados a las características físico-químicas del agua, como la temperatura, que puede sufrir cambios repentinos, principalmente durante el invierno (como es el caso de la región La Libertad), y disminuir la resistencia orgánica, y sobre todo inmunológica, de los peces. Temperaturas debajo del confort (menores a 26 °C) conllevan a disminución en las constantes hematológicas (Fernandes Junior et al., 2010 y Signor et al., 2010), cuyo resultado es la reducción del consumo de alimento, eficiencia

alimenticia y ganancia de peso, siendo mayor el efecto cuanto más disminuye la temperatura del agua. El estado nutricional del animal, como respuesta de la cantidad y calidad de los nutrientes disponibles en la dieta, puede ser diversamente alterado. De ese modo, en virtud de la amplia participación metabólica, varios aspectos de la dieta pueden preparar al pez para situaciones adversas (Araujo et al., 2011 y Garcia et al., 2012).

Algunas sustancias tienen la capacidad de aumentar la respuesta inmunológica del organismo, siendo denominadas de inmunoestimulantes o adyuvantes (Sakai, 1999). Entre ellas, la vitamina C, y los mananoligosacáridos (MOS), que ejercen en los peces funciones esenciales y dinámicas en el mantenimiento del crecimiento, de la salud, de la eficiencia alimenticia (Falcon et al., 2007, Schwarz et al., 2011) y, consecuentemente, favorece el equilibrio orgánico.

La ausencia de la enzima L-gulonolactona oxidasa en peces conlleva a deficiencia en la capacidad de síntesis de vitamina C, y como consecuencia, la necesidad de suplementación en la dieta, en cantidades adecuadas de esta vitamina, para atender las necesidades metabólicas de la especie (Lovell, 1998). Es aún más crítica esta deficiencia cuando los peces son sometidos a situaciones de estrés por el frío (Li y Robinson, 1994; Falcon et al., 2007). Pezzato et al. (2004) y Lim et al. (2005) demostraron que dietas suplementadas con elevados niveles de vitamina C pueden tener efecto benéfico no solo en la prevención de enfermedades en peces, sino también en el aumento de resistencia a infecciones en peces inmunocomprometidos.

Por su parte, los mananoligosacáridos (MOS) provenientes de la pared celular de la levadura *Sacharomyces cerevisiae* han sido utilizados en dietas con la finalidad de mejorar la salud de los peces (Robertsen et al., 1994; Sakai, 1999), fortalecer su sistema inmunológico y en la prevención de la colonización de bacterias patógenas en el tracto gastrointestinal del animal (Staykov et al., 2007; Refstie et al., 2010), lo cual mejora la integridad de la mucosa intestinal (Yilmaz et al., 2007; Schwarz et al., 2011), y con ello resulta una mejor utilización de algunos nutrientes (Hisano, 2005), mejor conversión alimenticia, desempeño productivo y ganancia económica (Li y Gatlin III, 2004; Staykov et al., 2007; Sado et al., 2008; Schwarz et al., 2010).

Trabajos realizados con vitamina C (Falcon et al., 2007) y con prebióticos en peces (Schwarz et al., 2011) han demostrado resultados satisfactorios en periodos cortos de estrés del animal por frío,

en donde los peces previamente han sido preparados para afrontar este desafío o han salido rápidamente de ello; sin embargo la respuesta de la tilapia a periodos largos de invierno no es conocida. Es por ello que buscamos evaluar el efecto de la suplementación de las dietas con vitamina C y prebiótico mananoligosacárido (MOS), sobre el comportamiento productivo, la integridad de la mucosa intestinal y las constantes hematológicas, con la finalidad de que los peces afronten este desafío durante el invierno y puedan responder satisfactoriamente la temperatura del agua existente en nuestra región.

## II. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, bajo condiciones de clima de la costa de la región La Libertad, con altitud media de 34 msnm, temperatura en los meses de verano de 20 °C a 30 °C y en otoño e invierno de 18 a 24 °C.

Se utilizaron 20 tanques de concreto armado de 500 L cada uno en donde fueron distribuidas las unidades experimentales. El suministro de agua, de aireación y el filtrado se acondicionó en dos grupos de diez tanques cada uno, mediante un sistema de circulación abierta. Los tanques fueron sifoneados cada dos días para mantener una adecuada calidad de agua. La temperatura fue registrada diariamente; semanalmente fueron monitoreados el pH, oxígeno disuelto y concentración de nitritos y nitratos, según las recomendaciones de Boyd y Tucker (1998).

Se utilizaron 400 alevinos de tilapia procedentes de un criadero de la ciudad de Tarapoto. Los alevinos con peso promedio de 8.5 + 2.95 g fueron distribuidos en los tanques en una densidad de 20 peces/tanque, donde permanecieron durante el experimento (4 meses).

Los peces recibieron dietas según el tratamiento asignado a cada tanque, el suministro fue realizado ad libitum cuatro veces al día. 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 (2010); sobre esta dieta se adicionó vitamina C y MOS, según los tratamientos (cuadro 1). El alimento fue humedecido y luego pelletizado utilizando un molino manual con diámetro de pellet de 300 µm, posteriormente secado en bandejas y almacenado.

Los tratamientos consistieron en la combinación de dos niveles de vitamina C (C: 600 mg/kg y C12: 1200 mg/kg) y dos niveles de MOS (M05: 0.5 % y M1: 1.0 %) en la dieta, adicionalmente se estable-

ció un tratamiento control sin adición de vitamina C y MOS.

C0M0 = dieta base sin vitamina C y sin MOS

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

C6M1 = 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

C12M1 = dieta con 1200 mg/kg de vitamina C y 1.0 % de MOS

**Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de la dieta base para tilapia en la fase de inicio, hasta 100 g de peso vivo<sup>1</sup>**

Ingredientes	Tratamientos <sup>2,3</sup>				
	C0M0	C6M05	C6M1	C12M05	C12M1
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
Prem. minerales y vitaminas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sal	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Fosfato bicalcico	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
Mananoligasacáridos	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
Fosforo 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

<sup>1</sup> Composición nutricional y valores de requerimientos tomados de las tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias (2010).

<sup>2</sup> C0 = dieta sin vitamina C, C6 = dieta con 600mg de vitamina C /kg, C12 = dieta con 1200mg de vitamina C /kg.

<sup>3</sup> M0 = dieta sin mananoligasacáridos (MOS), M05 = dieta con 0.5% de MOS, M10 = dieta con 1.0% de MOS.

Los indicadores de performance fueron evaluados mensualmente, las constantes hematológicas fueron evaluadas a los 120 días después de iniciado el experimento. Para los análisis hematológicos, fueron retirados aleatoriamente 5 peces por tratamiento. Los peces fueron anestesiados con benzocaína, 1.0 g de anestésico en 15 L de agua, colectada la sangre por medio de punción de la vena caudal a través de jeringa conteniendo anticoagulante (EDTA 3.0%). El conteo de eritrocitos y leucocitos fue realizado a través de cámara de Neubauer. La hemoglobina (Hb) fue determinada por el método de cianometahemoglobina utilizando un kit comercial. El hematocrito (Htc) se determinó por el método de microhematócrito. El conteo diferencial de leucocitos fue realizado por medio de extensiones en láminas sometidas a tinción con colorante May-Grunwald Giemsa utilizando la metodología descrita por Tavares-Díaz y Moraes (2004).

Junto a la colecta de sangre se colectaron muestras de intestino delgado a través de una incisión longitudinal ventral. El intestino fue medido y pesado, los segmentos de intestino fueron lavados con solución salina helada al 0,9%, abiertos en sentido longitudinal y colocados en solución de formol para su conservación hasta procesarlas para confeccionar los cortes en láminas y posterior lectura.

Los alevinos fueron distribuidos 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 20 alevinos. 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.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Calidad del agua

En el cuadro 2 se muestra los valores promedios de oxígeno disuelto, amonio total, nitritos y temperatura del agua de los tanques donde se criaron las tilapias, durante el experimento, se observa que, a excepción de la temperatura del agua, que se encontraba disminuida y fue aumentando con el transcurso de los meses, los otros indicadores se encontraron en niveles aceptables para la crianza de las tilapias.

**Cuadro 2. Valores promedio mensuales de las variables de calidad de agua**

Meses	Temperatura del agua, °C	Oxígeno disuelto, mg/L	Nitritos (NO <sub>2</sub> ), mg/L	Amonio Total, mg/L	pH
1	24.8	5.8	0.02	0.01	6.9
2	24.9	6.3	0.04	0.01	7.1
3	25.1	5.6	0.04	0.01	7.0
4	25.4	5.4	0.03	0.01	6.9
Valores Recomendados <sup>1</sup>	28-30	> 4.5	< 0.10	<0.1	6.5-9.0

<sup>1</sup> Fuentes: Palomino (2004) y Saavedra (2006).

#### 3.2 Comportamiento productivo

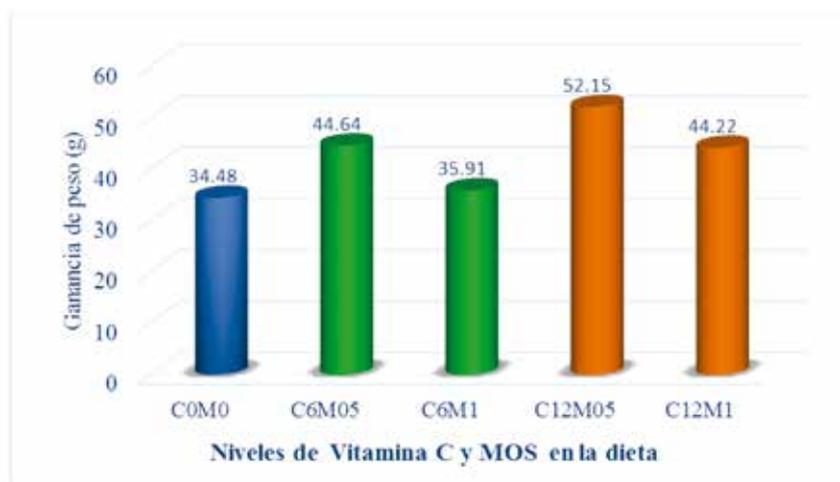
El comportamiento productivo de las tilapias evaluado en el periodo total no mostró interacción significativa ( $P > 0.05$ ) entre vitamina C y mananligosacáridos, los análisis se realizaron solo para los componentes principales (niveles de vitamina C y de MOS en la dieta, en forma independiente), observándose (cuadro 3) que los niveles utilizados no consiguieron influir significativamente ( $P > 0.05$ ) en la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los peces.

**Cuadro 3. Comportamiento productivo de tilapias, en función del uso de vitamina C y MOS, evaluado como factores independientes, durante el periodo total**

Variables	Vitamina C (mg/kg) <sup>1</sup>		MOS (%) <sup>1</sup>		CV (%)
	600	1200	0.5	1.0	
Ganancia de peso, g	40.27 a	50.69 a	50.90 a	40.06 a	29.48
Consumo de alimento, g	150.96 a	159.17 a	154.12 a	156.00 a	13.06
Conversión alimenticia	3.85 a	3.33 a	3.27 a	3.90 a	15.75

<sup>1</sup> Para cada factor, letras iguales en la misma línea no difieren entre sí ( $P > 0.05$ ) por la prueba de Tukey.

Aun cuando no se ha demostrado interacción significativa entre aditivos utilizados, se observó que peces que consumieron dieta con adición de 1200 mg de vitamina C/ kg y 0.5 % de MOS en la dieta superaron en 51.3% en ganancia de peso a aquellos que no recibieron ningún aditivo (figura 1); de igual modo, el consumo de alimento y conversión alimenticia se vieron favorecidos en 4.2 y 29.20%, respectivamente, en aquellos que recibieron el mismo tratamiento con aditivos frente al grupo control (figuras 2 y 3).



**Figura 1. Ganancia de peso de tilapia en función de los tratamientos en el periodo total**

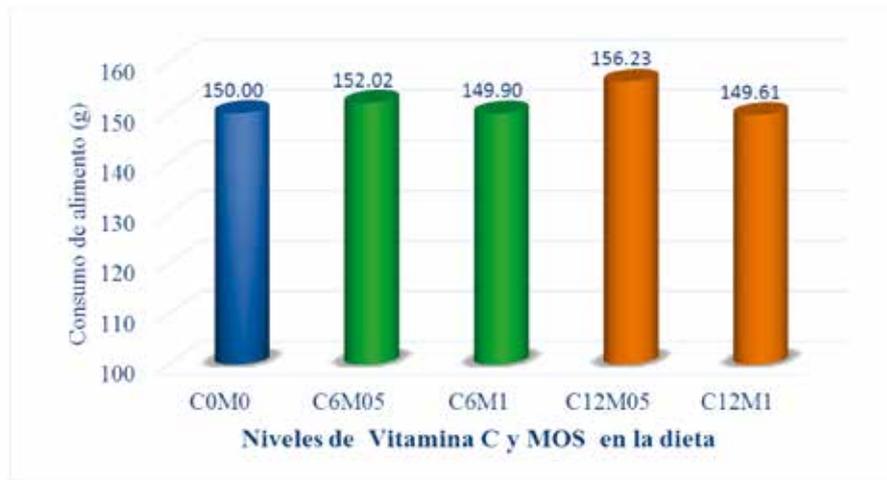


Figura 2. Consumo de alimento de tilapias en función de los tratamientos en el periodo total

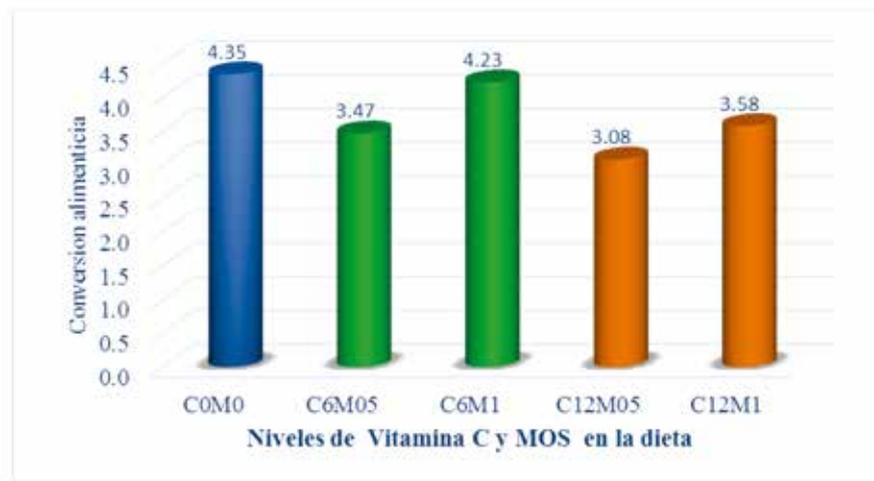


Figura 3. Conversión alimenticia de tilapias en función de los tratamientos en el periodo total

### 3.3. Indicadores de desarrollo intestinal y constantes hematológicas

El peso y longitud de intestino y glucosa sanguínea mostraron interacción significativa ( $P < 0.05$ ) entre vitamina C y mananoligosacáridos. En el volumen corpuscular medio y glóbulos rojos se observó (cuadro 4) que los niveles utilizados de vitamina C no consiguieron influir significativamente ( $P > 0.05$ ); en tanto que peces que recibieron 600 mg de vitamina C/kg mostraron mayores valores de hemoglobina, hematocrito y leucocitos totales y menores valores de linfocitos en comparación con aquellos que recibieron 1200 mg de vitamina C/kg. El uso del MOS en la dieta no influyó significativamente ( $P > 0.05$ ) sobre las constantes hematológicas. De igual modo, el tratamiento sin aditivos (control) mostró constantes hematológicas disminuidas en relación al uso de vitamina C y MOS en la dieta.

**Cuadro 4. Comportamiento intestinal y constantes hematológicas de tilapias, en función del uso de vitamina C y MOS, evaluados como factores independientes.**

Variables	Vitamina C (mg/kg) <sup>2</sup>		MOS (%) <sup>2</sup>		Control	SEM
	600	1200	0.5	1.0		
Peso del intestino, % pv. <sup>1</sup>	4.4	4.0	3.8	4.6	4.5	1.11
Longitud del intestino, cm <sup>1</sup>	113.3	125.3	150.3	88.3	36.0	20.33
Glucosa, mg/dL <sup>1</sup>	205.5	294.0	290.3	209.3	108.0	49.55
VCM, fL	219.8 a	194.8 a	230.9 a	183.6 a	175.0	59.07
Glóbulos rojos, x10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup>	1.93 a	1.63 a	1.62 a	1.94 a	1.71	0.39
Hemoglobina, g/dL	13.0 a	10.3 b	11.7 a	11.5 a	10.0	1.53
Hematocrito, %	38.6 a	31.0 b	35.0 a	34.6 a	30.0	5.07
Linfocitos, %	72.9 b	93.0 a	83.0 a	82.9 a	74.0	8.77
Leucocitos totales, /uL	43566 a	20425 b	29848 a	34144 a	29070	10503

<sup>1</sup> Mostraron interacción significativa entre los niveles de vitamina C y MOS.

<sup>2</sup> Para cada factor, letras iguales en la misma línea no difieren entre sí ( $P>0.05$ ) por la prueba de Tukey.

En las interacciones se ha encontrado que peces que consumieron dieta con 600 mg de vitamina C/kg y 1.0 % de MOS mostraron mayor peso relativo de intestino (cuadro 5), sin embargo, mayor longitud de intestino y mayor concentración de glucosa en la sangre fueron mostrados por aquellos que recibieron 1200 mg de vitamina C/kg y 0.5 % de MOS en la dieta.

**Cuadro 5. Desdoblamiento de la interacción del peso y longitud de intestino y glucosa sanguínea de tilapias, en función del uso de vitamina C y MOS.**

Niveles de MOS (%)	Peso del intestino <sup>1</sup>		Longitud del intestino, cm		Glucosa, mg/dL	
	Vitamina C (mg/kg)		Vitamina C (mg/kg)		Vitamina C (mg/kg)	
	600	1200	600	1200	600	1200
0.5	3.03 b A	4.55 a A	129.5 a A	171.0 a B	187.5 a B	393.0 a A
1.0	6.04 a A	3.49 a B	97.0 a A	79.5 b A	223.5 a A	195.0 b A
Promedio	4.54	4.02	113.3	125.3	205.5	294.0

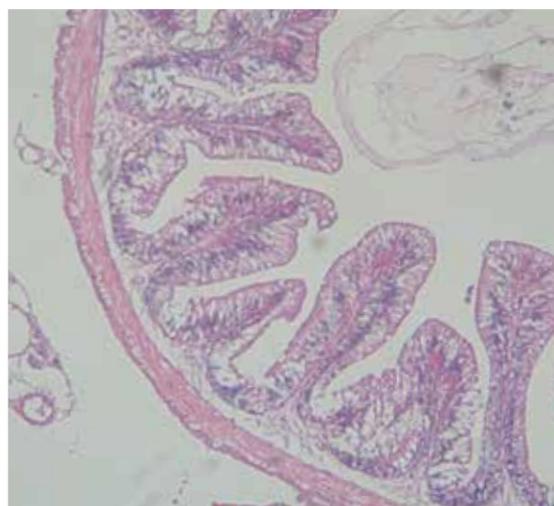
<sup>1</sup> Peso del intestino, expresado como porcentaje del peso vivo (pv).

Para cada variable, letras mayúsculas (minúsculas) iguales en la misma línea (columna) no difieren entre sí ( $P>0.05$ ) por la prueba de Tukey.

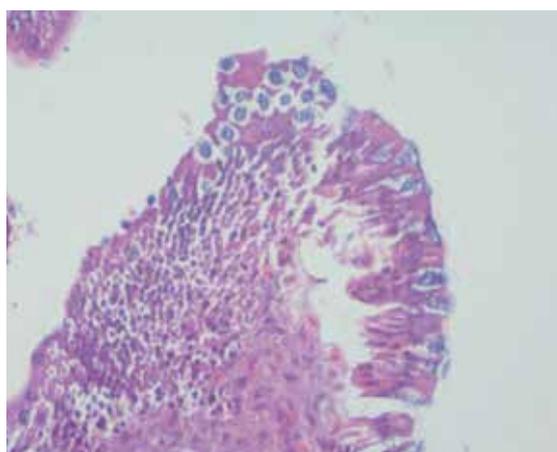
En la evaluación microscópica de la integridad intestinal (figura 4) se observó que peces que recibieron dietas con aditivos (vitamina C y MOS) mostraron vellosidades intestinales con desarrollo homogéneo (b) y menor presencia de linfocitos en las vellosidades (d) frente a aquellos que no recibieron aditivos en la dieta (a y c).



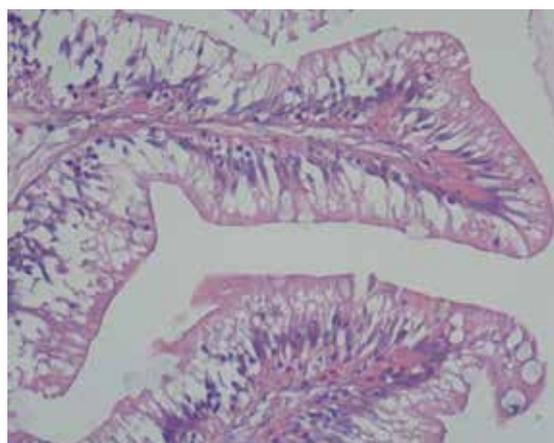
a. C0M0, 100x



b. C12M05, 100x



c. C0M0, 400x



d. C12M05, 400x

**Figura 4. Micrografía de intestino delgado de peces alimentados con 1200 mg de vitamina C/ kg y 0.5 % de MOS (C12M05) en la dieta y sin aditivos (C0M0).**

#### **IV. DISCUSIÓN**

##### **4.1 Calidad del agua**

Con excepción de la temperatura, los otros indicadores de calidad del agua evaluados se encontraron dentro de los rangos aceptables (Palomino, 2004), los cuales garantizaron un buen estado de salud y el desarrollo normal de las tilapias (Saavedra, 2006), demostrando que no hubo acumulación de excretas y descomposición de alimento y que el recambio de agua se hizo de manera adecuada. La temperatura se mantuvo por debajo de los niveles recomendados (28 a 30 ° C), si bien, los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica (Kubitza, 2000) y disminución en las constantes hematológicas (Fernandes Junior et al., 2010 y Signor et al., 2010), se busca minimizar el efecto con el uso de vitamina C y MOS.

## 4.2 Comportamiento productivo

Si bien la respuesta en el comportamiento productivo de los peces que recibieron dietas con vitamina C y MOS no generaron valores que muestren interacción significativa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, los peces que consumieron dieta con adición de 1200 mg de vitamina C/kg y 0.5 % de MOS al haber presentado ganancia de peso y conversión alimenticia 51.3 % y 29.2 %, respectivamente, mayor a aquellos que no recibieron vitamina y MOS (figura 1 y 3), conlleva a inferir que se presentó un efecto favorable como respuesta de la acción conjunta de ambos aditivos; considerando aún más, que cuando se evaluó vitamina C y MOS de manera independiente (cuadro 3), estos no mostraron variación significativa entre sus respectivos niveles.

Resultados similares fueron reportados por Falcon et al. (2007), utilizando vitamina C en dietas preparatorias de invierno para tilapias. Li y Robinson (1994) evaluaron niveles de suplementación de vitamina C a diferentes temperaturas y observaron reducción significativa de un 44,0 % en la concentración de esta vitamina en el hígado cuando los peces estaban bajo estrés, similar al paso del verano para el invierno. Se resalta así, la importancia de mantener alta la reserva de vitamina C en periodos que anteceden a la reducción de temperatura. Del mismo modo, Pezzato et al. (2004) y Lim et al. (2005) reportaron que dietas suplementadas con elevados niveles de vitamina C pueden tener efecto benéfico no solo en la prevención de enfermedades en peces como también en el aumento de la resistencia a infecciones en peces inmunocomprometidos.

Por otro lado, mejores conversiones alimenticias encontradas probablemente está relacionado al mejor aprovechamiento de las dietas con vitamina C y MOS, en razón del tiempo de tránsito, de la digestibilidad y de la tasa de absorción de los nutrientes de la dieta. Además de los efectos de la vitamina C, se destaca la acción del MOS en mejorar la salud de los peces (Robertsen et al., 1994; Sakai, 1999; Staykov et al., 2007), pues actúa sobre el sistema inmunológico y en la prevención de la colonización de bacterias patógenas en el tracto gastrointestinal (Spring, 2001; Refstie et al., 2010). También por mejorar la utilización de algunos nutrientes (Hisano et al., 2008), los cuales repercuten en el comportamiento productivo de los animales (Li y Gatilin III, 2003; Schwarz et al., 2010 y Schwarz et al., 2011).

## 4.3 Indicadores de desarrollo intestinal y constantes hematológicas

El desarrollo intestinal de la tilapia se vio favorecido con la adición de vitamina C y MOS en la dieta frente a los que no recibieron suplementación (cuadro 4). Por otro lado, peces que consumieron 1200 mg de vitamina C/kg y 0.5% de MOS mostraron mayor longitud del intestino delgado, demostrando un efecto sinérgico de ambos suplementos (cuadro 5). El peso del intestino de peces que no recibieron suplemento fue similar a los que sí recibieron; sin embargo, a nivel microscópico (figura 4) se observó un mayor engrosamiento de las capas musculares así como disminución en la densidad y atrofia de vellosidades en peces que no recibieron suplemento; a mayor aumento se observó elevada concentración de linfocitos en la parte apical de las vellosidades de peces sin suplemento en la dieta. El uso del MOS en la dieta tiene influencia positiva en la densidad de las vellosidades y en la longitud del intestino, resultando en una mucosa con mayor integridad (Refstie et al., 2010 y Schwarz et al., 2011). En este trabajo, los efectos del MOS sobre la longitud del intestino y la densidad de las vellosidades pueden ser explicados por la reducción de la colonización de bacterias, porque actúa inhibiendo su adherencia a los enterocitos, por medio de la unión con el glicocalix (Furlan, 2005).

Sobre los parámetros sanguíneos, peces suplementados con vitamina C y MOS presentaron elevados niveles de glucosa frente a los no suplementados, en la interacción significativa ( $P < 0.05$ ), mayor concentración de glucosa fue encontrada en peces que recibieron dietas con 1200 mg de vitamina C/kg y 0.5% de MOS; estos valores mayores son indicadores de una adecuada integridad intestinal promovida por los suplementos que conllevaron a mejor digestión y absorción de nutrientes. Por otro lado, los valores de volumen corpuscular medio, hemoglobina y hematocrito obtenidos con la dieta sin suplementación fueron inferiores al promedio de las dietas suplementadas, sin embargo, no se observaron diferencias para glóbulos rojos, linfocitos y leucocitos totales. La reducción del hematocrito en ausencia de suplementación o en deficiencia de vitamina C fue observada en híbridos de tilapia (Shiau y Jan, 1992), en juveniles de gamitana, *Colossoma macropomum* (Chagas y Val, 2003) y en tilapia (Falcon et al., 2007).

Los niveles de suplementación de vitamina C no influyeron sobre los valores de volumen corpuscular medio y glóbulos rojos; sin embargo, 600 mg de vitamina C/kg de dieta fueron suficientes para promover mayores valores ( $P < 0.05$ ) de hemoglobina, hematocrito y leucocitos totales. Mayores valores de linfocitos mostraron aquellos peces que recibieron 1200 mg de vitamina C/kg. Estos valores encontrados no concuerdan con los resultados obtenidos por Lim et al. (2001) y Chen et al. (2004), que no detectaron efecto significativo de los niveles de vitamina C en hematocrito. Al contrario de lo observado en esta investigación, Barros et al. (2002) observaron influencia del nivel de vitamina C en el porcentaje de hematocrito, que aumentó con el aumento del nivel de vitamina C; estos autores observaron, sin embargo, que el aumento fue ocasionado por el mayor volumen corpuscular medio de las células.

La deficiencia de vitamina C puede causar anemia en los peces, por la reducción y redistribución del ion hierro, con consecuente disminución de la síntesis de hemoglobina, y por la presencia de hemorragias (Adham et al., 2000). La absorción del ion hierro en el intestino y su redistribución para los diferentes tejidos, incluyendo la síntesis de hemoglobina, es facilitada por la vitamina C. Al haber encontrado efecto significativo del nivel de vitamina C en el hígado de peces suplementados frente a los no suplementados y efecto significativo en la suplementación de vitamina C, Falcon et al. (2007) comprobó que la deficiencia de esta vitamina no influye apenas sobre el comportamiento productivo, sino también la reserva necesaria para promover su utilización normal por el organismo y su aporte para otros tejidos cuando se genera situaciones adversas.

El uso del MOS en la dieta no influyó significativamente ( $P > 0.05$ ) sobre las constantes hematológicas, demostrando su acción principal a nivel de intestino (Dominguez-Vergara et al., 2009; Schwarz et al., 2011).

## **V. CONCLUSIONES**

Tilapias criadas en temperaturas del agua inferiores a las de su confort (24.8 – 25.4 °C) y alimentadas con dietas suplementadas con vitamina C y MOS presentan mejor comportamiento productivo, mejor integridad intestinal y mejores constantes hematológicas frente a peces que recibieron dieta sin suplementos.

La interacción de 1200 mg de vitamina C/kg y 0.5 % de MOS en la dieta mostró mejor respuesta a nivel de ganancia de peso y conversión alimenticia, mayor longitud de intestino y mayor concentración de glucosa sanguínea.

Las mejores respuestas en la integridad intestinal fueron atribuidas al MOS, la vitamina C fue responsable por los mayores valores en las constantes hematológicas; la ausencia de ambos suplementos en la dieta perjudicó el nivel de glucosa sanguínea, hemoglobina y ganancia de peso.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

- Adham, K.G., Hashem, H.O., Abu-Shabana, M.B., Kamel, A.H., 2000. Vitamin C deficiency in the catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Nutrition*. 6(2):129-139.
- Araujo, D., Pezzato, A., Barros, M., Pezzato, L., Nakagome, F. 2011. Hematología de tilapias-do-nilo alimentadas com dietas com óleos vegetais e estimuladas pelo frio. *Pesq. agropec. bras.* 46(3):294-302.
- Barros, M.M., Pezzato, L., Kleemann, G.K. 2002. Níveis de vitamina C e ferro para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31:2149-2159.
- Boyd, C. E. y Tucker, C. S. 1998. *Pond water quality management*. Boston: Kluwer Academic. 700 p.
- Castagnolli, N. 1992. *Piscicultura de água doce*. FUNEP/FCAVJ/UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. 189 p.
- Chagas, E. C.; Val, A. L. 2003. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38 (3):397-402.
- Chen, R., Lochmann, R., Goodwin, A., Praveen, K., Dabrowski, K., Lee, K. 2004. Effects of dietary

vitamins C and E on alternative complement activity, hematology, tissue composition, vitamin concentrations and response to heat stress in juvenile golden shiner (*Notemigonus crysoleucas*). *Aquaculture*. 242:553-569.

Domínguez-Vergara, A., Vázquez-Moreno, L. y Ramos-Clamont, G. 2009. Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 59(4): 358-368.

Falcon, D.; Barros, M.; Pezzato, L. y Valle, L. 2007. Lipídeo e vitamina C em dietas preparatórias de inverno para tilápias-do-nylo. *R. Bras. Zootec*. 36(5): 1462-1472. (supl.)

Fernandes Junior, A.; Pezzato, L.; Guimarães, I.; Teixeira, C.; Koch, J. y Barros, M. 2010. Resposta hemática de tilápias-do-nylo alimentadas com dietas suplementadas com colina e submetidas a estímulo por baixa temperatura. *R. Bras. Zootec*. 39(8):1619-1625.

Furlan, R.L. 2005. Avaliação e uso de pré e probióticos. In: Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 6., 2005, Chapecó. Anais... Chapecó, 2005. p. 58-74.

Garcia, F.; Schalch, S.; Onaka, E.; Fonseca, F. y Batista, M. 2012. Hematología de tilápia-do-nylo alimentada com suplemento à base de algas frente a desafios de estresse agudo e crônico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 64 (1):198-204.

Hisano, H., Sampaio, F., Barros, M. 2008. Composição nutricional e digestibilidade aparente da levedura íntegra, da levedura autolisada e da parede celular pela tilápia-do-Nilo. *Ciência Animal Brasileira*. 9 (1):43-49.

Kubitza, F. 2000. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Sao Paulo, Fernando Kubitza. 289 p.

Li, P., Gatlin III, D.M. 2004. Dietary brewers yeast and the prebiotic Grobionic™ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. *Aquaculture*. 231:445-4456.

Li, M., Robinson, E.H. 1994. Effect of dietary vitamin C on tissue vitamin C concentration in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, and clearance rate at two temperatures - a preliminary investigation. *J. of Applied Aquac.*, 4(2):59- 71.

Lim, C.; Shoemaker, C. A. y Klesius, P. H. 2001. The effect of ascorbic acid on the immune response in fish. In: Ascorbic acid in aquatic organisms. Ed. por K. Dabrowski. Boca Raton, CRC Press. p. 149-166.

Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P. H. 2005. Nutrition, immune response and disease resistance in fish. In: Simpósio de nutrição e saúde de peixes, 1., 2005, Botucatu. Anais... Botucatu, p. 46-83.

Lovell, R.T. 1998. Nutrition and feeding of fish. 2a. ed. Massachusetts: Academic Press. 267p.

Marengoni, N. G. 2006. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitraladra), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia*. 55 (210):127-138.

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.

Ministerio de la producción. 2009. Plan nacional de desarrollo acuícola. Dirección General de Acuicultura. Lima. 89 p.

Moura, G.; Oliveira, M.; Lanna, E.; Maciel Junior, A. y Maciel, C. 2007. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nylo submetidas a diferentes temperaturas. *Pesq. agropec. bras*. 42(11):1609-1615.

Palomino, A. 2004. Manual de cultivo de tilapia. Lima, Fondepes. 112 p.

Pezzato, L.E., Barros, M.M., Fracalossi, D.M. 2004. Nutrição de peixes. In: Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Ed. Por J. Cyrino, E. Urbinati, D. Fracalossi. São Paulo: TecArt. p. 74-169.

Refstie, S., Baeverfjord, G., Seim, R. Elvebø, O. 2010. Effects of dietary yeasty cell wall  $\beta$ -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon

- (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal. *Aquaculture*. 305:109-116.
- Robertsen, B., Engstad, R., Jorgensen, J.B. 1994.  $\beta$  Glucans as immunostimulants in fish. In: *Modulators of fish immune responses*. Ed. por J. Stolen, T.C. Fletcher. Fair Haven, NJ: SOS Publications. p. 83-99.
- Saavedra, M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. 24p.
- Sado, R., Almeida Bicudo, A., 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*. 39 (6):821-826.
- Sakai, M. 1999. Current status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, Amsterdam, 172:63-92.
- Schwarz, K., Furuya, W., Natali, M., Gaudezi, M., Gonçalves de Lima, P. 2010. Mananligosacarídeo em dietas para juvenis de tilapia do Nilo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 32 (2):197-203.
- Schwarz, K., Furuya, W., Natali, M., Gaudezi, M., Gonçalves de Lima, P. 2011. Mananligosacarídeo em dietas para larvas de tilapia. *R. Bras. Zootec.*, 40(12):2634-2640.
- Shiau, S.Y. y Jan, F. L. 1992. Dietary ascorbic acid requirement of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Fisheries Science*. 58: 671-675.
- Signor, A., Pezzato, L., Falcon, D., Guimarães, I. y Barros, M. 2010. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-nilo: efeito da dieta suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frio. *Ci. Anim. Bras.*, Goiânia. 11 3):509-519.
- Spring, P. 2001. Yeast's secret wear on aids animal production. *Feed Mix*. 22:32.
- Staykov, Y., Spring, P., Sweetman, J. 2007. Effect of a mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*. 15: 153-161.
- Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. 2010. Editado por Wilson M. Furuya. Toledo, Brasil, GFM. 100 p.
- Tacon, A. G. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. FAO. Proyecto GCP/RLA/102/ITA, Proyecto Aquila II, Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y Caribe. Documento de Campo N° 4. Brasília, Brasil. 516 p.
- Tavares-Dias, M. y Moraes, F. R. 2004. Hematología de peixes teleósteos. Ribeirão Preto: Willimpres Complexo Gráfico. 144 p.
- Yilmaz, E., Genc, M.A., Genc, E. 2007. Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, and intestine and liver histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Israeli Journal of Aquaculture*. 59:182-188.