

Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en la salud digestiva de la poslarva de tilapia roja *Oreochromis sp*

Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on the digestive health of the post-larvae of red tilapia *Oreochromis sp*

Hermes Rafael Pineda Santis^{1,2}, Ramón Albeiro Palacio Molina¹,
Luis Fernando Londoño Franco¹

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la suplementación de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la salud digestiva y parámetros zootécnicos en poslarvas de tilapia roja *Oreochromis sp* en la fase de reversión, en un sistema de cultivo con bajo recambio de agua, en San Jerónimo (Antioquia, Colombia). El ensayo se realizó durante cuatro semanas. Se utilizaron nueve canaletas en fibra de vidrio (tres repeticiones) para un grupo Control (T1) y dos tratamientos del probiótico (T2: 16 g/kg alimento = 16%) y (T3: 31 g/kg alimento = 31%). Se analizaron las características fisicoquímicas del agua y se tomaron datos zootécnicos de las poslarvas. La salud intestinal fue evaluada mediante histopatología. Los resultados indicaron que los parámetros fisicoquímicos del agua fueron similares entre tratamientos y estuvieron dentro del rango aceptable para el híbrido (oxígeno promedio 9.1 ± 0.4 mg/l, temperatura 27.6 ± 0.1 °C, pH constante = 8.9 ± 0.4 y baja turbidez). El porcentaje de sobrevivencia varió entre 46.0 ± 7.7 (T1) y 53.4 ± 6.0 % (T2), sin diferencias significativas entre tratamientos. El incremento en peso fue de 0.95 ± 0.46 , 0.71 ± 0.26 y 1.32 ± 0.58 g para el Control, T1 y T2, respectivamente ($p < 0.05$) y la tasa específica de crecimiento fue de 12.1 ± 2.0 , 11.4 ± 1.4 y 13.3 ± 1.7 %/día para el Control, T1, y T2, respectivamente ($p < 0.05$). Se observaron lesiones en el intestino anterior compatible con necrosis subaguda de vellosidades, alteración de los hepatocitos en hígado y sinusoides hepáticos por infiltración glucogénica (T2).

Palabras clave: calidad del agua; probióticos; productividad; salud animal

¹ Grupo de Investigación Acuícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia

² E-mail: hrpineda@elpoli.edu.co

Recibido: 21 de febrero de 2019

Aceptado para publicación: 13 de febrero de 2020

Publicado: 22 de junio de 2020

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on digestive health and zootechnical parameters in postlarvae of red tilapia *Oreochromis* sp in the reversion phase, in a culture system with low water turnover, in San Jerónimo (Antioquia, Colombia). The trial was carried out for four weeks. Nine fiberglass channels (three repetitions) were used for a Control group (T1) and two probiotic treatments (T2: 16 g/kg feed = 16%) and (T3: 31 g/kg feed = 31%). The physicochemical characteristics of the water were analysed and zootechnical data were taken from the post-larva. Intestinal health was evaluated by histopathology. The results indicated that the physicochemical parameters of the water were similar between treatments and were within the acceptable range for the hybrid (average oxygen 9.1±0.4 mg/l, temperature 27.6±0.1 °C, constant pH = 8.9±0.4 and low turbidity). The survival percentage varied between 46.0±7.7 (T1) and 53.4±6.0% (T2), without significant differences between treatments. The increase in weight was 0.95±0.46, 0.71±0.26 and 1.32±0.58 g for the Control, T1 and T2, respectively ($p < 0.05$) and the specific growth rate was 12.1±2.0, 11.4±1.4 and 13.3±1.7%/day for the Control, T1, and T2, respectively ($p < 0.05$). Injuries were observed in the anterior intestine consistent with subacute villi necrosis, liver hepatocyte abnormality, and liver sinusoids due to glycogenic infiltration (T2).

Key words: water quality; probiotic; productivity; animal health

INTRODUCCIÓN

Los probióticos son microorganismos vivos que, al administrarse en cantidades apropiadas, confieren un beneficio para la salud del huésped (FAO, 2006; Steenbergen *et al.*, 2015). Estos microorganismos emergen como una alternativa viable para la acuicultura mundial, debido a que pueden prevenir y controlar patógenos gastrointestinales y mejorar el rendimiento y la productividad de los animales de producción mediante una mejor digestión y absorción de nutrientes (Zhang y Kim, 2014; García-Naranjo *et al.*, 2015; Loh, 2017), la promoción de una microflora favorable (Romero *et al.*, 2014), la producción de sustancias antimicrobianas (Lei *et al.*, 2015), la alteración en la expresión génica en microorganismos patógenos (Hughes y Sperandio, 2008), la modulación, estimulación o supresión del sistema inmune (Harikrishnan *et al.*, 2010; Pagnini *et al.*, 2010; Andani *et al.*, 2012; Bai *et al.*, 2013) y la resistencia a la colonización gastrointestinal (Johnson-Henry *et al.*, 2007).

Los probióticos más comunes utilizados en la acuicultura son bacterias lácticas (*Lactobacillus* y *Carnobacterium*) y representantes de los géneros *Vibrio* (*V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus*), *Bacillus*, *Pseudomonas* y otros, incluyendo *Aeromonas* y *Flavobacterium* (Balcázar *et al.*, 2006, 2007; Das *et al.*, 2012; Banerjee y Ray, 2017). Por otra parte, *Saccharomyces cerevisiae* es la levadura más frecuente, debido a su contenido en compuestos inmunoestimulantes como β -glucanos, ácidos nucleicos y mananos, con capacidad para estimular una respuesta inmune (Ortuño *et al.*, 2002, Ruiz-González *et al.*, 2018), que coloniza y promueve el desarrollo del intestino como mecanismo de acción para la maduración del sistema digestivo (Gatesoupe, 2007; Abdel-Tawwab *et al.*, 2008; Lara-Mantilla *et al.*, 2016). De igual forma, es un potencial sustituto como alimento vivo en la producción (Nayar *et al.*, 1998), o como remplazo de proteína animal (Ozorio *et al.*, 2012).

La tilapia roja (*Oreochromis* sp) es uno de los peces más cultivados en el mundo y Colombia tuvo una producción de 100 000 t (FAO, 2017). Por sus condiciones favorables para la producción, experimentación, docilidad, fácil manejo y alta demanda en el mercado interno, es necesario promover su cultivo, considerando las Buenas Prácticas de Producción Acuícola, desde la primera fase de crecimiento (reversión en el caso del híbrido de tilapia roja *Oreochromis* sp), para el mejoramiento de la condición corporal y resistencia a fenómenos adversos (Díaz y Gallego-Alarcón, 2016; Lara-Mantilla *et al.*, 2016).

Por otro lado, se plantea la optimización y estandarización del empleo de probióticos, tipo levadura, para la mejora en el crecimiento y sobrevivencia de poslarvas, en busca de la rentabilidad y sostenibilidad de la producción para el fortalecimiento de la acuicultura (ICA, 2012). Por ello, se planteó como objetivo del presente estudio utilizar dos dosis experimentales del probiótico *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de poslarvas de tilapia roja *Oreochromis* sp, con el fin de observar su efecto en la salud digestiva y variables zootécnicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Centro Experimental Piscícola (CEPI), Vereda Loma Hermosa, en el municipio de San Jerónimo (Antioquia, Colombia) (6°26'49.88" N, 75°43'55.42" W), a 780 msnm, con temperatura media de 28 °C, humedad relativa del 50% y medioambiente clasificado como Bosque seco tropical (bs-T) (Holdridge, 1979). El agua se obtuvo de la quebrada Guaracú, perteneciente a la cuenca del río Cauca, con los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura: 23-25 °C, pH: 7.5-9.0, dureza 120 ppm, oxígeno 7.8 mg/l, amonio 1.46 ppm, cloro 6 ppm, topografía pendiente, 900 mm de precipitación anual y alta turbidez en épocas de invierno.

Se utilizaron 9000 poslarvas, 1000 poslarvas/canaleta, de tilapia roja *Oreochromis* sp en fase de reversión, con un peso promedio inicial de 0.022±0.001 g, distribuidas en nueve canaletas de fibra de vidrio (3.07 m largo x 0.35 m alto x 0.32 m ancho), con un volumen de agua efectivo de 0.25 m³. El ensayo tuvo tres repeticiones y el diseño experimental correspondió a un modelo 3x3. Los tratamientos fueron: Control (T1) (alimento comercial hormonado con 17- α -metiltestosterona) y Tratamientos 1 (T2) y 2 (T3) como el Control más un suplemento de 16 y 31 g/kg de alimento (1.6 y 3.1%, respectivamente) del probiótico *Saccharomyces cerevisiae* (Levapan®). Los reportes en la literatura científica han indicado inclusiones en la dieta que oscilan entre 1-5 g/kg (0.1-0.5%) (Abdel-Tawwab *et al.*, 2008) hasta 100-400 g/kg (10-40%) (Ozorio *et al.*, 2012), con el objetivo de obtener beneficios productivos y protección inmunitaria. Por lo anterior, se quiso medir el efecto de *S. cerevisiae* sobre la incidencia productiva y la salud digestiva en los animales, mediante dos dosis experimentales. Las dosis fueron suministradas en base húmeda (activa), buscando una mayor efectividad en los tratamientos.

El alimento comercial ofrecido contenía 45% de proteína en una cantidad que correspondió al 15% de la biomasa, dividida en ocho raciones al día. La corrección de la alimentación se realizó a los 15 días. Las canaletas tuvieron un recambio individual de 7%/hora del volumen de agua y estuvieron cubiertas con malla para controlar depredadores. Se tomaron las siguientes variables fisicoquímicas del agua: nivel de oxígeno (mg/l) con el oxímetro PinPoint II® (American Marine, USA), temperatura (°C) y pH con el medidor multiparámetro (Oakton®, México) y la turbidez del agua registrado con el disco de Secchi. El tiempo de experimentación fue de 30 días que correspondió a la etapa de reversión de las poslarvas. Una vez finalizado el ensayo, se procedió a contar y pesar las poslarvas.

Las fórmulas para establecer los parámetros zootécnicos fueron:

- Porcentaje de sobrevivencia (%) = (Número final / Número inicial) * 100
- Incremento en peso (g) = Peso final (g) - Peso inicial (g)
- Tasa específica de crecimiento (%/día) = $[(\text{Ln Peso final} - \text{Ln Peso inicial}) / (T_1 - T_0)] * 100$, donde Ln = Logaritmo natural, T_1 = Tiempo final, T_0 = Tiempo inicial

Al final del experimento se hizo la necropsia en el Laboratorio de Histopatología de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia) de seis individuos por tratamiento para evaluar el tracto intestinal anterior (duodeno) y el hepatopáncreas. Las muestras se colocaron en formol buferado al 10% para su fijación durante 24 h y se procesaron mediante la técnica de inclusión en parafina y coloración de Hematoxilina Eosina. Para establecer lesiones o patologías se observó la estructura de la mucosa intestinal, la distribución del epitelio con sus vellosidades y la lámina propia, alteraciones de los hepatocitos, sinusoides hepáticos y de los acinos del páncreas en microscopio óptico con objetivo de 20x y 40x. Para las descripciones se siguieron las recomendaciones de Jubb *et al.* (2016).

Los datos cumplieron con el supuesto de normalidad de la prueba Shapiro-Wilk. Se realizó estadística descriptiva y análisis de varianza entre los tratamientos, y se hizo las comparaciones de medias con la prueba de Tukey entre las variables numéricas continuas. Todos los datos fueron procesados en el paquete estadístico PAST®.

RESULTADOS

Parámetros Físicoquímicos del Agua

Los valores observados se encontraron dentro de los rangos óptimos para el cultivo del híbrido de tilapia roja *Oreochromis* sp. No se presentaron diferencias significativas

entre las variables por efecto de los tratamientos (Cuadro 1). La temperatura del agua varió entre 27.48 ± 3.0 °C (Control) y 27.74 ± 3.1 °C (Tratamiento 2), lo cual está dentro de lo esperado en el cultivo de peces en aguas cálidas. El nivel de oxígeno varió entre 8.7 ± 3.1 mg/l (Control) y 9.4 ± 2.9 mg/l (Tratamiento 1), muy superior a lo requerido (>0.5 mg/l) (Alcántar-Vázquez *et al.*, 2014). El pH no tuvo ninguna variación, siendo muy homogéneo entre los tratamientos (8.9 ± 0.35). La turbidez fue baja (visibilidad de fondo a través de una columna de agua superior a 20 cm, según el disco de Secchi), con ningún material particulado (Cuadro 1).

Parámetros Zootécnicos

Se encontraron diferencias significativas en el incremento en peso y en la tasa específica de crecimiento ($p < 0.05$) entre tratamientos. Por otro lado, el porcentaje de sobrevivencia osciló entre 46.0% (T1) y 53.4% (T 2) (Cuadro 2).

Salud Digestiva

El efecto de *Saccharomyces cerevisiae* fue notorio en los tejidos bajo evaluación. El grupo Control presentó leve estratificación de la lámina epitelial con poco infiltrado de leucocitos en lámina propia, con un diagnóstico leve de enteritis, a diferencia de los tratamientos 1 y 2 donde se observó necrosis apical multifocal de las vellosidades, infiltrado leucocitario mixto de lámina propia con exocitosis y estratificación de lámina propia, con un diagnóstico de enteritis necrótica subaguda (Figura 1).

En la integridad hepática y del páncreas se observó en el grupo Control hepatocitos con vacuolas bien formadas, de tamaño variable intracitoplasmática, sinusoides típicas, bien definidas y normales. En el hepatopáncreas de los individuos del Tratamiento 1 se observó infiltración grasa moderada, mientras que en el Control se observaron hepatocitos típicos, normales y sinusoides normales, considerándose como hepatopáncreas con

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos promedio del agua en las canaletas de crianza de poslarvas de tilapia roja *Oreochromis* sp (Antioquia, Colombia)

	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Número (n)	60	60	60
Temperatura (°C)	27.48 ± 3.0 ^a	27.72 ± 3.1 ^a	27.74 ± 3.1 ^a
Nivel de oxígeno (mg/l)	8.7 ± 3.1 ^a	9.4 ± 2.9 ^a	9.2 ± 2.9 ^a
pH	8.9 ± 0.35 ^a	8.9 ± 0.35 ^a	8.9 ± 0.35 ^a
Turbidez	Baja	Baja	Baja

Superíndices diferentes dentro de filas indican diferencia significativa (p<0.05)

Control (alimento comercial con 17- α -metil-testosterona), Tratamientos 1 y 2: como el Control más 16 y 31 g/kg (1.6 y 3.1%) de probiótico *Saccharomyces cerevisiae* (Levapan®), respectivamente

Cuadro 2. Parámetros zootécnicos obtenidos en el cultivo de poslarvas de tilapia roja *Oreochromis* sp con dos dosis de *Saccharomyces cerevisiae*

	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Número (n)	30	30	30
Sobrevivencia (%)	50.5 ± 0.8 ^a	46.0 ± 7.7 ^a	53.4 ± 6.0 ^a
Incremento en peso (g)	0.95 ± 0.46 ^a	0.71 ± 0.26 ^b	1.32 ± 0.58 ^c
Tasa específica de crecimiento (%/día)	12.1 ± 2.0 ^a	11.4 ± 1.4 ^b	13.3 ± 1.7 ^c

Superíndices diferentes dentro de filas indican diferencia significativa (p<0.05)

Control (alimento comercial con 17- α -metil-testosterona), Tratamientos 1 y 2: como el Control más 16 y 31 g/kg (1.6 y 3.1%) de probiótico *Saccharomyces cerevisiae* (Levapan®), respectivamente

características normales. En el hepatopáncreas de los individuos del Tratamiento 2 se observaron hepatocitos tumefactos, con apariencia turbia del citoplasma. espacios sinusoides reducidos, páncreas típico, considerándose como hepatopáncreas compatible con infiltración glucogénica (Figura 2).

Los resultados de la mucosa intestinal e hígado de tilapia roja manifiestan los efectos ocasionados por la dieta suplementada con el probiótico *Saccharomyces cerevisiae* en exceso. Se observaron lesiones sobre la lámina propia y en el epitelio de las vellosidades, resultando una enteritis necrótica subaguda.

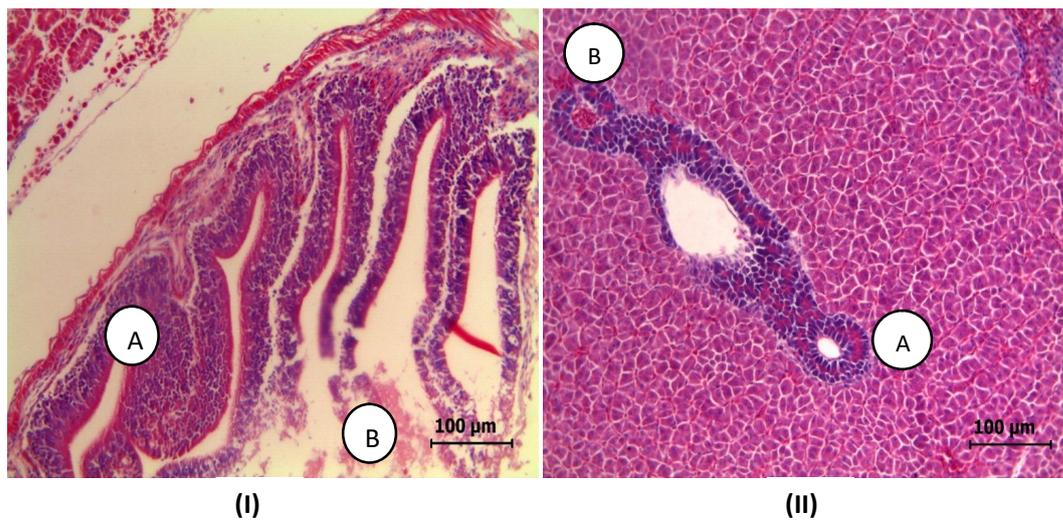


Figura 1. Intestino anterior e hígado de tilapia roja *Oreochromis* sp suplementadas con *Saccharomyces cerevisiae* mostrando lesiones histopatológicas. (I) Intestino anterior: (A) lámina propia: con abundante infiltrado leucocitario mixto. (B) epitelio intestinal con necrosis apical de vellosidades multifocal. Diagnóstico: Enteritis necrótica subaguda; (II) Hígado: (A). Hepatocitos tumefactos. Apariencia turbia de citoplasmas. (B). Espacios sinusoides reducidos. Diagnóstico compatible con infiltración glucogénica

DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos del agua estuvieron dentro de los niveles establecidos por otros autores, quienes coinciden con las características ajustadas del cultivo en aguas cálidas para el híbrido de tilapia roja (Hussain, 2004; Nicovita, 2015). Las tilapias soportan grandes variaciones de temperatura (20-35 °C) para un desarrollo normal (Alcántar-Vázquez *et al.*, 2014). La temperatura es uno de los parámetros más importantes y limitantes en los procesos productivos, ya que afecta las actividades metabólicas, crecimiento, alimentación, reproducción y el comportamiento en general de los organismos acuáticos (Meyer, 2004).

Los niveles de oxígeno disuelto en el agua pueden cambiar radicalmente en pocas horas, desde niveles óptimos hasta letales para los peces, debido a aspectos tales como

la alta tasa de descomposición de la materia orgánica, disminución del recambio de agua, alta densidad de siembra y lenta difusión en el agua en atmósferas tranquilas (García-Ortega y Calvario-Martínez, 2008). En este ensayo, el porcentaje de recambio fue suficiente para el volumen de agua utilizado, proporcionando niveles de oxígeno apropiado. Los valores fueron superiores a 5 mg/l, debido en parte, a la época del año (sin lluvias), por lo cual la radiación solar permitió que los procesos fotosintéticos oxigenaran el agua de ingreso.

Alcántar-Vázquez *et al.* (2014) sugieren que el rango óptimo recomendado de pH para las tilapias se encuentra entre 6.5 y 9.0. Si bien el resultado obtenido tiene una tendencia a la alcalinidad, no llegó al rango de peligro de 10.5 (Kubitza, 2009; Perdomo-Carrillo *et al.*, 2012); por lo tanto, los animales no presentaron evidencia de estar afectados y tuvieron una secreción normal de mucus sobre

la piel. Del mismo modo, la turbidez no tuvo ningún efecto sobre las poslarvas. Por otro lado, no hubo diferencias en el porcentaje de sobrevivencia entre los grupos experimentales, pero se observó una mayor tendencia en T2.

Diversos autores sostienen que los peces alimentados con probióticos muestran una mayor ganancia de peso, longitud, biomasa final, eficiencia en la conversión de alimento, mejora de la microbiota gastrointestinal y estado inmunológico, así como mayor sobrevivencia en comparación con dietas control o sin probiótico (Bidhan *et al.*, 2014, Zhang y Kim, 2014; Lei *et al.*, 2015), lo cual refuerza el concepto benéfico de estas sustancias cuando se dan en dosis apropiadas a los peces. No obstante, se deben considerar los riesgos potenciales del uso de los probióticos en la alimentación (Doron y Snyderman, 2015).

La dosis de 31 g/kg (3.1%) de *S. cerevisiae* como suplemento en T2 presentó mejores resultados de crecimiento, lo cual concuerda con otros reportes (Abu-Elala *et al.*, 2013, Díaz *et al.*, 2014, Lara-Mantilla *et al.*, 2016). Abdel-Tawwab *et al.* (2008) encontraron un mayor crecimiento con la inclusión en la dieta de 1 g/kg de alimento (0.1%), una dosis más baja que la empleada en este trabajo. Por otra parte, Ozorio *et al.* (2012) manifestaron que la inclusión de hasta 150 g/kg (15%) en sustitución de la harina de pescado promueve el crecimiento sin afectar la calidad del producto final. Medri *et al.* (2000), sugirieron que una sustitución desde 100 a 300 g/kg (10 a 30%) de *S. cerevisiae* no presentaron efectos adversos sobre el peso, pero el largo tiempo de crecimiento (11 meses para un peso de 150 g) debido a la densidad y estación climática fría, genera dudas sobre el efecto real del probiótico. Pérez-Leonard (2007) indica que la dosis óptima sería de 10 g/kg de peso (1%). Por otro lado, Hassaan *et al.* (2018) reportaron mejoras en la salud digestiva y en la ganancia de peso en alevinos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L) con dietas que contenían 5, 10 y 15 g/kg.

T1 no tuvo el resultado productivo esperado, lo cual podría deberse a un efecto externo que pudo afectar directamente los parámetros zootécnicos. Es necesario mencionar que, el peso o biomasa en general, es un registro altamente variable, porque depende de una diversidad de factores ambientales y otros que interactúan, tales como la temperatura del agua, los niveles de oxígeno disuelto, el amonio, la salinidad, el fotoperiodo, el grado de competencia, la cantidad y calidad del alimento ingerido, la edad y el estado de madurez de los peces (García-Ortega y Calvario-Martínez, 2008).

El resultado obtenido en el presente trabajo fue bueno, en términos de crecimiento de las poslarvas, pero las lesiones observadas fueron evidentes. Los resultados histopatológicos mostraron que la alta concentración de la levadura (31 g/kg = 3.1%) de *S. cerevisiae* provocó una respuesta excesiva del sistema de defensa del huésped, con un infiltrado mixto leucocitario a nivel de la mucosa intestinal (inflamación: enteritis), daño estructural en varios puntos, incluyendo necrosis sobre las vellosidades intestinales, lo cual afecta la absorción de nutrientes (Figura 1). Además, hubo daño hepático, marcando el inicio de un efecto irreversible como la necrosis, sumado al deterioro en los sinusoides hepáticos. El sistema digestivo de las tilapias del género *Oreochromis* sp, caso específico de la *Oreochromis niloticus* var. *Chitralada* oscila entre 160.51 ± 23.58 y 249.06 ± 29.91 cm (Pineda-Santis *et al.*, 2012), lo que sugiere tener muchos sectores de absorción, y tener focalizada la patología.

Por lo anterior, es necesario considerar para futuros trabajos la estandarización de la dosis apropiada mediante concentraciones puras del probiótico [$<0.6\% = (6 \text{ g/kg}) * 100$] o hasta 1×10^9 UFC], cultivo del probiótico específico extraído del mismo organismo y cantidad ajustada a los requerimientos de los animales.

CONCLUSIONES

- *Saccharomyces cerevisiae*, suministrado a poslarvas de tilapia roja *Oreochromis* sp causó lesiones en el tejido intestinal que comprometieron la integridad de las vellosidades, ocasionando enteritis y necrosis de estas. Así mismo, el hígado fue afectado a nivel de los hepatocitos y sinusoides, alterando la estructura y funcionalidad de dicho órgano.
- *S. cerevisiae* mostró resultados relevantes sobre los parámetros productivos, lo cual apoya el buen concepto de su uso como probiótico en los cultivos de peces.

Agradecimientos

Al personal administrativo y técnico del Centro Experimental Piscícola del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid en San Jerónimo (Antioquia). Al apoyo económico institucional en especie, a través del Grupo de Investigación Acuícola.

LITERATURA CITADA

1. **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. *Int J Vet Sci Med* 1: 21-29. doi: 10.1016/j.ijvsm.2013.05.001
2. **Abdel Tawwad M, Abdel Rahman AM, Ismael NEM. 2008.** Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture* 280: 185-189. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.03.055
3. **Alcántar Vázquez JP, Santos Santos C, Moreno de la Torre R, Antonio Estrada C. 2014.** Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Oaxaca, México: UNPA-PIFI. 81 p.
4. **Andani HRR, Tukmechi A, Meshkini S, Sheikhzadeh N. 2012.** Antagonistic activity of two potential probiotic bacteria from fish intestines and investigation of their effects on growth performance and immune response in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *J Appl Ichthyol* 28: 728-734. doi: 10.1111/j.1439-0426.2012.01974.x
5. **Baccarin AE, Pezzato LE, Urbinati EC. 2000.** Efeito da alimentação com levedura desidratada de álcool na glicemia e nos níveis de glicogênio e lipídeos totais hepáticos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Bol Instituto Pesca* 26: 163-167.
6. **Bai S, Wu A, Ding X, Lei Y, Bai J, Zhang K, Chio J. 2013.** Effects of probiotic-supplemented diets on growth performance and intestinal immune characteristics of broiler chickens. *Poult Sci* 92: 663-670. doi: 10.3382/ps.2012-02813
7. **Balcázar JL, De Blas I, Ruiz-Zarzuola I, Cunningham D, Vendrell D, Múzquiz JL. 2006.** The role of probiotics in aquaculture. *Vet Microbiol* 114:173-186. doi: 10.1016/j.vetmic.2006.01.009
8. **Balcázar JL, Rojas-Luna T, Cunningham D. 2007.** Effect of the addition of four potential probiotic strains on the survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* following immersion challenge with *Vibrio parahaemolyticus*. *J Invertebr Pathol* 96: 147-150. doi: 10.1016/j.jip.2007.04.008
9. **Banerjee G, Ray AK. 2017.** The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. *Res Vet Sci* 115: 66-77. doi: 10.1016/j.rvsc.2017.01.016

10. **Bidhan CD, Meena DK, Behera BK, Das P, Mohapatra PK, Sharma AP. 2014.** Probiotics in fish and shellfish culture: immunomodulatory and ecophysiological responses. *Fish Physiol Biochem.* 40: 921-971. doi: 10.1007/s10695-013-9897-0
11. **Das P, Mandal SC, Bhagabati SK, Akhtar MS, Singh SK. 2012.** Important live food organisms and their role in aquaculture. *Frontier Aquaculture* 5: 69-86.
12. **Díaz C, Medina A, Villamizar A, Palencia D. 2014.** Efecto de un suplemento líquido a base de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus casei* para la alimentación de mojarra roja (*Oreochromis* sp) en etapa de alevinaje y precría. @Limentech Cienc Tecnol Alimentaria 12: 86-92.
13. **Díaz JC, Gallego-Alarcón F. 2016.** Efecto de α -glucanos 1,3/1,6 sobre la viabilidad de larvas de *Oreochromis* sp durante la etapa de reversión sexual. *Zoociencia* 3: 18-24.
14. **Doron S, Snyderman DR. 2015.** Risk and safety of probiotics. *Clin Infect Dis* 60(Suppl 2): 129-134. doi: 10.1093/cid/civ085
15. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006.** Probióticos en los alimentos: propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 85. Córdoba, Argentina: FAO. 46 p.
16. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2017.** Visión general del sector acuícola nacional: Colombia. Item II Desempeño del sector. A Producción http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es#tc-N700C5
17. **García Naranjo R, Gutiérrez LA, David CA. 2015.** El uso de los probióticos en la industria acuícola: artículo de revisión. *Revista Alimentos Hoy* (Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias y Tecnología de Alimentos). 23(36):165-178.
18. **García Ortega A, Calvario Martínez O. 2008.** Manual de buenas prácticas de producción acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria. Mazatlán, Sinaloa, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. 155 p.
19. **Gatesoupe FJ. 2007.** Live yeast in the gut: natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture* 267: 20-30. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.01.005
20. **Harikrishnan R, Balasundaram C, Heo MS. 2010.** *Lactobacillus sakei* BK19 enriched diet enhances the immunity status and disease resistance to streptococcosis infection in kelp grouper, *Epinephelus bruneus*. *Fish Shellfish Immunol* 29: 1037-1043. doi: 10.1016/j.fsi.2010.08.017
21. **Hassaan MS, Mahmoud SA, Jarmolowicz S, El-Haroun ER, Mohammady EY, Davies SJ. 2018.** Effects of dietary baker's yeast extract on the growth, blood indices and histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L) fingerlings. *Aquaculture Nutr* 24: 1709-1717. doi: 10.1111/anu.12805
22. **Holdridge L. 1979.** Ecología basada en zonas de vida. Costa Rica: Ed IICA. 216 p.
23. **Hughes DT, Sperandio, V. 2008.** Interkingdom signalling: communication between bacteria and their hosts. *Nat Rev Microbiol* 6: 111-120. doi: 10.1038/nrmicro1836
24. **Hussain MG. 2004.** Farming of tilapia: breeding plans, mass seed production and aquaculture technique. Bangladesh: Ed. Habiba Akter Hussain. 149 p.
25. **[IICA] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2012.** Agenda Nacional de Investigación en Pesca y Acuicultura. Bogotá, Colombia: IICA. 154 p.
26. **Johnson-Henry K.C, Hagen KE, Gordonpour M, Tompkins TA, Sherman PM. 2007.** Surface-layer protein extracts from *Lactobacillus helveticus* inhibit enterohaemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 adhesion to

- epithelial cells. *Cell Microbiol* 9: 356-367. doi: 10.1111/j.1462-5822.2006.00791.x
27. **Jubb KVF, Kennedy PC, Palmer N. 2016.** Pathology of domestic animals. 6th ed. Amsterdam: Elsevier. 798 p.
 28. **Kubitza M. 2009.** Produção de tilápias em tanques de terra: estratégias avançadas no manejo. *Panorama da Aqüicultura* 115: 14-21.
 29. **Lara-Mantilla C, Vellojín Furnieles J, García Perez D, Pertúz Buelvas V. 2016.** Desempeño del crecimiento y sobrevivencia de larvas de *Oreochromis* sp utilizando un probiótico en el alimento. *Rev Colomb Biotecnol* 18: 90-94. doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57717
 30. **Lei X, Piao X, Ru Y, Zhang H, Péron A, Zhang H. 2015.** Effect of *Bacillus amyloliquefaciens*-based direct-fed microbial on performance, nutrient utilization, intestinal morphology and cecal microflora in broiler chickens. *Asian-Australas J Anim Sci* 28: 239-246. doi: 10.5713/ajas.14.0330
 31. **Loh JY. 2017.** The role of probiotics and their mechanisms of action: an aquaculture perspective. *World Aquaculture*. [Internet]. Available in: <http://www.was.org/articles/The-role-of%20probbiotics-an-aquaculture-perscpective.aspx#.Xcr1etVKjIU>
 32. **Medri V, Pereira GV, Leonhardt JH. 2000.** Growth of nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed with different levels of alcohol yeast. *Rev Brasil Biol* 60: 113-121. doi: 10.1590/s0034-71082000000100014
 33. **Meyer D. 2004.** Introducción a la acuicultura. Honduras: Zamorano. 144 p.
 34. **Nayar S, Hegde S, Rao PS, Sudha P. 1998.** Live organisms as feed in aquaculture. *Infofish Int* 4: 36-39.
 35. **Nicovita JH. 2015.** Manual de la crianza de tilapia roja. [Internet]. Disponible en: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>
 36. **Oliva Teles A, Gonçalves P. 2001.** Partial replacement of fishmeal by brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* in diets for sea bass *Dicentrarchus labrax* juveniles. *Aquaculture* 202: 269-278.
 37. **Ortuño J, Cuesta A, Rodríguez A, Esteban MA, Meseguer J. 2002.** Oral administration of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, enhances the cellular innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L). *Vet Immunol Immunopathol* 85: 41-50. doi: 10.1016/S0165-2427(01)00406-8
 38. **Ozorio ROA, Portz L, Borghesi R, Cyrino JEP. 2012.** Effects of dietary yeast (*Saccharomyces cerevisia*) supplementation in practical diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals* 2:16-24. doi: 10.3390/ani2010016
 39. **Pagnini C, Saeed R, Bamias G, Arseneau KO, Pizarro TT, Cominelli F. 2010.** Probiotics promote gut health through stimulation of epithelial innate immunity. *Proc Natl Acad Sci USA* 107: 454-459. doi: 10.1073/pnas.0910307107
 40. **Pérez-Leonard H. 2007.** Beneficios de las levaduras vivas en la obtención de productos con actividad probiótica. *ICIDCA* 41(3): 35-41.
 41. **Perdomo Carrillo DA, Corredor Z, Ramírez Iglesia L. 2012.** Características físicoquímicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis* spp) en una zona cálida tropical. *Zootecnia Trop* 30: 99-108.
 42. **Pineda-Santis H, Zuluaga-Sepulveda C, Vertel-Betancur D. 2012.** Evaluación de la morfometría y del hábito alimenticio de la tilapia roja *Oreochromis* sp y la tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* var. *Chitralada* bajo diferentes condiciones de manejo en dos grajas piscícola del Occidente Antioqueño. *Rev Politécnica* 8: 97-104.

43. **Romero J, Ringo E, Merrifield DL. 2014.** The gut microbiota of fish. In: Merrifield D, Ringo E (eds). Aquaculture nutrition: gut health, probiotics and prebiotics. Wiley-Blackwell. p 75-100.
44. **Ruiz González LE, Del Rio Zaragoza OB, Tintos Gómez A, Hernández Rodríguez M, Guzmán Dávalos L, Badillo Zapata D, Vega-Villasante F. 2018.** El uso de hongos macroscópicos como inmunoestimulantes en peces teleósteos: estado del arte al 2018. *Hidrobiológica* 28: 209-217. doi: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n2/Tintos
45. **Steenbergen L, Sellaro R, van Hemert S, Bosch JA, Colzato LS. 2015.** A randomized controlled trial to test the effect of multispecies probiotics on cognitive reactivity to sad mood. *Brain Behav Immun* 48: 258-264. doi: 10.1016/j.bbi.2015.04.003
46. **Zhang Z, Kim I. 2014.** Effects of multi strain probiotics on growth performance, apparent ileal nutrient digestibility, blood characteristics, cecal microbial shedding, and excreta odor contents in broilers. *Poult Sci* 93: 364-370. doi: 10.3382/ps.2013-03314