



EVALUACIÓN DE UN ADITIVO ALIMENTICIO COMERCIAL EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE LA TILAPIA DEL NILO CULTIVADA EN JAULAS FLOTANTES

Evaluation of a commercial feed additive on the productive performance of the Nile tilapia cultivated in floating cages

Grecia Virgen Hidalgo^{1,2}, Gerardo Virgen Rodríguez², Juan Pablo Alcántar Vázquez^{3*} 

¹ Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, Oaxaca, México.

² Centro Acuícola Cultivo Virgen, Oaxaca, México

³ Laboratorio de Acuicultura, Universidad del Papaloapan (UNPA), Oaxaca, México.

* E-mail: jupasoul@hotmail.com

Recibido: 21/01/2024; Aceptado: 13/05/2024; Publicado: 31/08/2024

ABSTRACT

The production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) has gained great importance in Latin American aquaculture systems, being considered an excellent option for local producers and large companies. However, its commercial growth has generated problems associated with the appearance of diseases that cause an increase in mortality. Due to the above and in order to reduce the use of antibiotics, in recent years producers have begun to use food additives from natural sources. The objective of this study was to evaluate the effect of commercial feed additive on the productive performance of Nile tilapia grown in floating cages. Two treatments were evaluated, commercial food (control) and commercial food + food additive (0.5%), both fed three times a day for a period of 30 days. After the 30 days, the experiment was continued for another 30 days. In total, 450 fish per floating cage were used. Each treatment was carried out by quadruplicate. Biometrics were performed every 15 days, recording wet weight (PH) and total length (LT). The final survival was calculated, and with the PH and LT data obtained, the biomass gained (BG), the daily growth rate (TCD) and the condition factor (FC) were calculated. The results showed that the values of PH, BG, TCD and final survival were significantly higher ($P < 0.05$) in the treatment that received the feed additive compared to the control treatment from day 30 until the end of the experiment. The growth and survival obtained provide evidence supporting the use of food additives as a strategy by Nile tilapia producers to reduce mortality in commercial culture, without resorting to the use of antibiotics or similar substances.

Keywords: Nile tilapia | commercial feed additive | floating cages | growth | survival.

RESUMEN

La producción de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) ha cobrado gran importancia en los sistemas acuícolas latinoamericanos, considerándose una excelente opción para productores locales y grandes empresas. Sin embargo, el crecimiento de su cultivo comercial ha generado problemas asociados a la aparición de enfermedades que provocan un incremento en la mortalidad. Debido a lo anterior y con la finalidad de reducir el uso de antibióticos, en los últimos años se han comenzado a utilizar aditivos alimenticios de fuentes naturales. El objetivo del presente trabajo fue

evaluar el efecto de un aditivo alimenticio comercial en el desempeño productivo de la tilapia del Nilo cultivada en jaulas flotantes. Se evaluaron dos tratamientos, alimento comercial (control) y alimento comercial + aditivo alimenticio (0.5%), ambos alimentados tres veces al día durante un periodo de 30 días. Una vez terminados los 30 días, el experimento se mantuvo por otros 30 días. Se sembraron 450 peces por jaula flotante. Cada tratamiento se llevó a cabo por cuadruplicado. Se realizaron biometrías cada 15 días, registrando el peso húmedo (PH) y la longitud total (LT). Se calculó la supervivencia final (SF), y con los datos de PH y LT se obtuvieron la biomasa ganada (BG), la tasa de crecimiento diario (TCD) y el factor de condición (FC). Los resultados obtenidos mostraron que los valores de PH, BG, TCD y SF fueron significativamente superiores ($P < 0.05$) en el tratamiento que recibió el aditivo alimenticio en comparación con el tratamiento control, a partir del día 30 y hasta el final del experimento. El crecimiento y supervivencia obtenidos proporcionan evidencia que apoya el uso de aditivos alimenticios como una estrategia por parte de los productores de tilapia del Nilo, para reducir la mortalidad presente en el cultivo comercial sin recurrir al uso de antibióticos o sustancias similares.

Palabras clave: Tilapia del Nilo | aditivo alimenticio comercial | jaulas flotantes | crecimiento | supervivencia.

Forma de citar el artículo (Formato APA):

Virgen Hidalgo, G., Virgen Rodríguez, G., & Alcántar Vázquez, J.P. (2024). Evaluación de un aditivo alimenticio comercial en el desempeño productivo de la tilapia del Nilo cultivada en jaulas flotantes. *Anales Científicos*. 85(1), 50-59 <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v85i1.858>

Autor de correspondencia (*): Juan Pablo Alcántar Vázquez. Email: jupasoul@hotmail.com

© Los autores. Publicado por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

This is an open access article under the CC BY

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la acuicultura ha tenido un crecimiento exponencial superando a la pesca como principal proveedor de alimentos de origen acuático para el consumo humano (FAO, 2022). La acuicultura es identificada internacionalmente como una de las mejores alternativas para producir alimentos por lo cual ha presentado desde la década de los 90 una marcada tendencia al alza. Es una actividad dependiente de un nivel tecnológico relativamente elevado, por lo que su auge coincide con la etapa de mayores avances científicos de la humanidad (Vázquez-Vera & Chávez-Carreño, 2022).

El rápido crecimiento de la producción acuícola en todos los niveles se ha acompañado de problemas ambientales y dificultades para mantener su sustentabilidad, a pesar de que se considera una actividad que produce proteína de alta calidad con un impacto ambiental bajo en comparación con otras actividades agroalimentarias. Debido a lo anterior, se ha vuelto un tema relevante atender estándares sustentables que abarquen aspectos ambientales, económicos, sociales (Yacout-Dalia *et al.*, 2016), así como el estado físico y bienestar de los animales bajo cultivo respecto a su entorno (Qiang *et al.*, 2016).

En México, el crecimiento de la acuicultura viene dado por pocas especies, entre las que destaca la tilapia del Nilo. Para el 2020, la CONAPESCA reportó una producción de esta especie de 72 mil 595 toneladas, con valor de 2 mil 66 millones de pesos (SADER, 2021). El estado de Oaxaca, ocupa el lugar número 15 en producción acuícola nacional, con una producción aproximada de 2,800 toneladas anuales; siendo la Cuenca del Papaloapan la de mayor productividad, con 1,862 jaulas flotantes instaladas en los embalses de las presas “Miguel Alemán” y “Miguel de la Madrid” (INAPESCA, 2019).

El cultivo realizado en jaulas flotantes en el embalse de la presa Miguel Alemán, a pesar de ser rentable, ha sufrido en los últimos años condiciones poco favorables para la supervivencia de la tilapia del Nilo, disminuyendo entre un 30% a 50% la producción comercial, ya sea por cambios en la temperatura del agua, poca oxigenación y/o enfermedades que se propagaron por la introducción de alevines contaminados. Lo anterior sumado a las características de la presa, el crecimiento en el número de productores en el área, así como el crecimiento en los poblados cercanos que también usan el agua del embalse. Es por lo anterior que los productores regionales buscan reducir riesgos adoptando buenas prácticas para la producción de tilapia del Nilo, enfocadas en la

prevención de enfermedades con la finalidad de disminuir la mortalidad y favorecer el crecimiento de los peces.

Una de las estrategias que están cobrando importancia a nivel mundial para abordar la prevención de riesgos, es el desarrollo de nuevas alternativas enfocadas en la suplementación de aditivos alimenticios de origen natural, que reemplacen el uso de químicos y antibióticos que representan un riesgo sanitario al generar resistencia bacteriana, así como efectos negativos en el alimento (Ortega, 2018).

Los aditivos alimenticios son ingredientes nutritivos o no nutritivos y que funcionan por métodos directos o indirectos en el animal de cultivo que los consume. Los aditivos se suplementan en los pellets para garantizar la ingestión, digestión y absorción de los nutrientes de la dieta (Bai *et al.*, 2015). Los aditivos más utilizados en la acuicultura actualmente son los probióticos (bacterias viables), tales como *Bacillus* spp. y *Lactobacillus* spp., y los prebióticos, tales como los fructooligosacáridos, glucanos y los productos extraídos de plantas en forma de polvo, extracto acuoso y aceites esenciales (Hai, 2015; Carbone y Faggio, 2016).

El uso de aditivos alimenticios tiene como propósito fortalecer el sistema inmunológico del pez, reduciendo el riesgo de enfermedades y/o la mortalidad a causa de las mismas (Ceulemans *et al.*, 2009; Ornelas-Luna *et al.*, 2017). Debido a lo anterior, una inversión inicial en aditivos comerciales podría significar la supervivencia de los peces en cultivo, reduciendo las pérdidas y maximizando el rendimiento al final de la cosecha.

En la tilapia del Nilo existen reportes previos que relacionan el uso de aditivos alimenticios con efectos positivos en el desempeño productivo de la tilapia del Nilo (Toyama *et al.*, 2000; Cavichiolo *et al.*, 2002; Bombardelli *et al.*, 2005, de Araújo *et al.*, 2018; Rahman *et al.*, 2019; Zamora-Vera, 2020; Jo-Rivero & Espinoza, 2020; Fuentes & Sierra, 2021), por lo que como una medida para reducir la mortalidad observada y fomentar el crecimiento, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el rendimiento productivo de la tilapia del Nilo cultivada en jaulas flotantes, suplementada con un aditivo alimenticio comercial. El aditivo empleado es un postbiótico producto de la

fermentación de *Saccharomyces cerevisiae*, evaluado en condiciones experimentales con éxito (He *et al.*, 2009; Fuentes & Sierra, 2021; Cacot, 2023) y que actualmente está siendo empleado por varios productores de tilapia del Nilo de la presa Miguel Alemán (Oaxaca, México) sin conocer los beneficios reales para su cultivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la unidad piscícola Cultivo Virgen ubicado en el municipio de San Pedro Ixcatlán, Tuxtepec, Oaxaca. La unidad Cultivo Virgen desarrolla desde hace más de 20 años el cultivo de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) en jaulas flotantes dentro del embalse de la presa Miguel Alemán. Se seleccionaron ocho jaulas flotantes con 450 ejemplares de tilapia del Nilo en cada jaula. Se emplearon juveniles provenientes de la granja acuícola “Tlalixcoyan” localizada en el municipio de Tlalixcoyan, Veracruz. Las dimensiones de las jaulas flotantes empleadas fueron de 3 m por lado y 4 m de profundidad. Las jaulas se manejaron de acuerdo con el proceso de siembra que realiza en cada ciclo de cultivo el centro acuícola Cultivo Virgen. Las ocho jaulas utilizadas se dividieron en dos grupos de cuatro jaulas cada uno (replicas). El grupo control y el grupo alimentado con el aditivo comercial. Estas fueron designadas C1, C2, C3 y C4 (control) y P1, P2, P3 y P4 (aditivo comercial) y repartidas aleatoriamente en una fila quedando de la siguiente manera: C1, C2, P1, P2, C3, P3, P4 y C4 (Figura 1).



Figura 1. Acomodo de las ocho jaulas empleadas en el presente experimento, dentro del embalse de la presa Miguel Alemán.

La alimentación se llevó a cabo tres veces al día en un horario de 8:00, 11:00 y 15:00, iniciando los primeros 15 días con 250 g de alimento Silver Cup (El Pedregal®, 3.5 mm con 32% de proteína y 5% de lípidos). El alimento se suplementó con aditivo alimenticio comercial (SC) al día, preparando las tres raciones diarias. Por cada kilogramo de alimento comercial se agregaron 5 g de aditivo (0.5%). Para llevar a cabo lo anterior, se disolvió el aditivo en 1.5 L de agua con 6 mL de aceite vegetal para mejorar la adherencia y se dejó secar durante 30 minutos (Figura 2).



Figura 2. Suplementación del aditivo alimenticio al alimento comercial de tilapia del Nilo.

Las biometrías se realizaron un día antes del inicio del experimento (biometría inicial) y cada 15 días hasta el final de experimento (60 días). En cada biometría se seleccionaron 30 peces aleatoriamente de cada una de las jaulas flotantes (replicas). Se registró el peso húmedo, utilizando una báscula granataria (Just-Home ACS-209), y la longitud total con un ictiómetro (Figura 3). Los peces utilizados en cada biometría se mantuvieron en una tina con capacidad de 100 L, en donde se disolvieron dos kg de sal como medida profiláctica.

El incremento en la ración alimenticia se realizó conforme al peso promedio obtenido en cada biometría. Dicho incremento se realizó tomando en cuenta las tablas de alimentación comerciales disponibles para la tilapia del Nilo (El Pedregal®). La suplementación del alimento comercial con SC tuvo una duración de 30 días. Posteriormente, se inició la alimentación sin aditivo por otros 30 días, siguiendo los mismos protocolos de alimentación comercial.

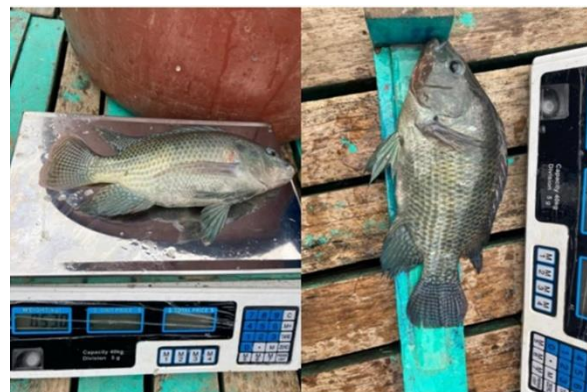


Figura 3. Registro durante las biometrías de peso húmedo y longitud total de la tilapia del Nilo suplementada con un aditivo alimenticio y cultivada en jaulas flotantes.

Con los datos obtenidos en cada una de las biometrías se obtuvo la biomasa ganada por jaula, la tasa de crecimiento diario y el factor de condición a través de las siguientes formulas:

Biomasa ganada:

$$BG = \text{Biomasa final (Kg)} - \text{Biomasa inicial (Kg)}$$

Tasa de crecimiento diaria:

$$TCD = [\text{Peso húmedo final (g)} - \text{Peso húmedo inicial (g)}] / \text{Días de cultivo}$$

Factor de condición:

$$CF = [\text{Peso húmedo promedio (g)}] / [\text{Longitud total promedio}^3 \text{ (cm)}] \times 100$$

La supervivencia se obtuvo a través de la siguiente formula:

$$FS = [\text{Número de peces sembrados} / \text{Número de peces cosechados}] \times 100$$

Se verificaron los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homocedasticidad (Levene) para el uso de pruebas estadísticas paramétricas. Las diferencias en peso húmedo, longitud total, porcentaje de supervivencia (datos transformados mediante la función arcoseno), así como los índices obtenidos (BG, TCD, FC) se determinaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) (Zar, 2010). Las diferencias entre los tratamientos se compararon mediante una prueba *a posteriori* de Tukey con un nivel de significancia del 95%. Todos los análisis se realizaron empleando el programa Minitab.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra el peso húmedo (PH) y la longitud total (LT) obtenidos en cada biometría. No se observaron diferencias significativas en el PH y LT entre el grupo control y el grupo que recibió el aditivo comercial durante los primeros 15 días. Sin embargo, a partir del día 30 fue posible observar diferencias significativas ($P < 0.05$) en PH y LT entre ambos grupos, con el grupo que fue suplementado con SC registrando los valores significativamente más elevados.

En cuanto a la supervivencia final, ambos grupos registraron una supervivencia superior al 90%; sin embargo, se observó un valor significativamente ($P < 0.05$) más alto en el grupo que fue suplementado con SC en comparación con el grupo control (Tabla 1).

Tabla 1. Peso húmedo (PH), longitud total (LT) y porcentaje de supervivencia final (SF) de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) suplementada con un aditivo alimenticio comercial durante su cultivo en jaulas flotantes. C = control, SC = aditivo alimenticio comercial. Prom. \pm Desv. Std. n = 120.

Día		Tratamiento	
		C	SC
0	PH	58.37 \pm 21.05 ^a	59.57 \pm 21.87 ^a
	LT	14.26 \pm 1.42 ^a	14.21 \pm 1.32 ^a
15	PH	92.13 \pm 27.39 ^a	97.68 \pm 31.07 ^a
	LT	16.46 \pm 1.80 ^a	16.48 \pm 1.87 ^a
30	PH	159.70 \pm 46.58 ^a	209.44 \pm 50.19 ^b
	LT	20.37 \pm 2.11 ^a	22.14 \pm 1.83 ^b
45	PH	234.5 \pm 37.74 ^a	319.12 \pm 48.96 ^b
	LT	22.40 \pm 1.76 ^a	24.73 \pm 1.75 ^b
60	PH	284.13 \pm 41.51 ^a	420.43 \pm 61.14 ^b
	LT	23.63 \pm 1.02 ^a	27.08 \pm 1.86 ^b
	SF	94.27 \pm 2.34 ^a	97.72 \pm 0.11 ^b

*Superíndices diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Finalmente, en lo que respecta a la biomasa ganada y la tasa de crecimiento diario, al igual que para los parámetros de crecimiento (PH y LT), se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para el día 30 (Tabla 2), con el grupo que fue suplementado con SC

registrando los valores significativamente más altos hasta el final de experimento (60 días). El factor de condición no registró diferencias significativas entre los dos grupos evaluados a lo largo de los 60 días de experimentación (Tabla 2).

Tabla 2. Biomasa ganada por jaula (BG, kg), tasa de crecimiento diario (TCD) y factor de condición (FC) obtenidos en la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) suplementada con un aditivo alimenticio comercial durante su cultivo en jaulas flotantes. C = control, SC = Aditivo alimenticio comercial. Prom. \pm Desv. Std. n = 120.

Día		Tratamiento	
		C	SC
15	BG	17.03 \pm 1.91 ^a	21.53 \pm 4.24 ^a
	TCD	2.52 \pm 0.28 ^a	3.19 \pm 0.62 ^a
	FC	2.01 \pm 0.11 ^a	2.07 \pm 0.10 ^a
30	BG	33.49 \pm 6.04 ^a	50.45 \pm 2.37 ^b
	TCD	4.96 \pm 0.88 ^a	7.11 \pm 0.43 ^b
	FC	2.06 \pm 0.21 ^a	2.18 \pm 0.23 ^a
45	BG	33.98 \pm 62.18 ^a	50.49 \pm 4.07 ^b
	TCD	4.72 \pm 0.97 ^a	7.27 \pm 0.73 ^b
	FC	1.79 \pm 0.19 ^a	1.92 \pm 0.20 ^a
60	BG	23.55 \pm 7.15 ^a	45.95 \pm 9.11 ^b
	TCD	3.48 \pm 1.06 ^a	6.80 \pm 1.35 ^b
	FC	2.15 \pm 0.22 ^a	2.11 \pm 0.25 ^a

*Superíndices diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

4. DISCUSIÓN

Los aditivos alimenticios comerciales, como el evaluado en el presente trabajo, son una alternativa real para optimizar el crecimiento y supervivencia de la tilapia del Nilo cultivada en sistemas semi-intensivos con problemas de calidad de agua, como es el caso de la presa Miguel Alemán. El crecimiento y supervivencia observado en nuestro trabajo muestra, que, a la concentración utilizada, el aditivo alimenticio tiene la capacidad de ser un aliado de los productores de la región, en especial de aquellos que realizan su cultivo en jaulas flotantes donde el control de la calidad del agua es mínimo.

Existe un gran número de trabajos que han evaluado los efectos de diversos tipos de aditivos alimenticios en parámetros fisiológicos, del crecimiento, así como la supervivencia. Al igual que en nuestro trabajo, varios autores han observado que después de la suplementación del aditivo, a través del alimento comercial, el peso húmedo final, la longitud total, así como índices como la BG y la TCD han mostrado diferencias significativas con respecto al grupo control (Toyama *et al.*, 2000; Shalaby *et al.*, 2006; Kalyankar *et al.*, 2013; Naftal-Gabriel *et al.*, 2019; Rahman *et al.*, 2019; Ghafoor *et al.*, 2020; Habiba *et al.*, 2021; Fattahi *et al.*, 2021; Pérez-Jiménez *et al.*, 2022; Faust *et al.*, 2023). Por otro lado, diversos autores, a pesar de observar diferencias en parámetros hematológicos, digestivos, químicos o inmunológicos no han obtenido diferencias en el crecimiento entre el grupo control y aquellos suplementados con aditivos alimenticios (Bombardelli *et al.*, 2005; Samrongpan *et al.*, 2008; Kalko-Schwarz *et al.*, 2011; Abdelhamid *et al.*, 2012; Sakaguti-Graciano *et al.*, 2014; Mörschbacher *et al.*, 2014; de Araújo *et al.*, 2018; de la Cruz-Marín *et al.*, 2023). Las diferencias en crecimiento observadas entre los diferentes estudios probablemente dependen de la especie, la concentración del aditivo alimenticio evaluado, la duración del tratamiento y finalmente, el tipo de aditivo alimenticio empleado (prebiótico, probiótico, postbiótico, etc.) (Dawood *et al.*, 2018).

Empleando el mismo aditivo comercial que el utilizado en el presente trabajo (SC), He *et al.* (2009) y Cacot (2023) no observaron en la tilapia del Nilo y/o sus híbridos (*O. niloticus* ♀ x *O. aureus* ♂), mejoría en el desempeño productivo al final del periodo experimental. En un estudio similar, Ferreira *et al.* (2019), empleando un probiótico comercial a base *S. cerevisiae* no observaron diferencias significativas en varios parámetros del crecimiento en juveniles de tilapia del Nilo, sin embargo, la concentración empleada fue de 0.1% (1 g Kg⁻¹) en comparación con el 0.5% (5 g Kg⁻¹) empleado en nuestro experimento. En contraste, Fuentes & Sierra (2021), empleando el mismo aditivo comercial (SC) a una concentración elevada (50 g Kg⁻¹) en juveniles (1.34 g) de tilapia del Nilo, observaron diferencias significativas en la biomasa neta, la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia a partir del día 14 de suplementación. En nuestro trabajo, se observaron diferencias significativas a partir del día 30 de

suplementación, las cuales se mantuvieron hasta el día 60, a pesar de que se dejó de suministrar el aditivo comercial al día 30. Lo anterior nos indica que los efectos del aditivo se mantienen por varias semanas, extendiendo su efecto positivo en el crecimiento y supervivencia. Lo anterior es importante porque permite a los productores de tilapia del Nilo planear una estrategia de suplementación a lo largo del ciclo de cosecha.

En lo que respecta a la supervivencia, varios estudios han observado una mejoría al final del periodo experimental en los grupos suplementados con distintos tipos de aditivos alimenticios (Toyama *et al.*, 2000, Cavichiolo *et al.*, 2002, Samrongpan *et al.*, 2008; Sakaguti-Graciano *et al.*, 2014; García-Curbelo *et al.*, 2017; Opiyo *et al.*, 2019; Pérez-Jiménez *et al.* 2022; de la Cruz-Marín *et al.*, 2023; Faust *et al.*, 2023). Utilizando el mismo aditivo alimenticio comercial que el empleado en el presente trabajo (SC), Fuentes & Sierra (2021) observaron, en la tilapia del Nilo, una mejoría significativa a partir de los 14 días de utilización del aditivo alimenticio. En este caso, el aditivo alimenticio logró, en promedio, una mejoría del 12% en comparación con el grupo control en la supervivencia observada al final del experimento. Resultados similares han sido observados por Cacot (2023), con una supervivencia 19% superior en la tilapia del Nilo alimentada con una dieta que incluyó un nivel de inclusión del 4% del aditivo comercial (SC) y exponiéndola a una infección de *Streptococcus iniae*.

Por el contrario, He *et al.* (2009) no observaron diferencias significativas en los porcentajes de supervivencia obtenidos en un híbrido de tilapia (*O. niloticus* ♀ x *O. aureus* ♂) entre el grupo control y los grupos suplementados con el aditivo alimenticio (SC). Probablemente las diferencias observadas entre los diferentes estudios se relacionen, además de las condiciones experimentales, al porcentaje de suplementación del aditivo alimenticio. He *et al.* (2009) emplearon bajos niveles de inclusión (máxima inclusión 0.2%), en comparación con Fuentes & Sierra (2021) (5%) y Cacot (2023) (4%). En nuestro caso, empleando una suplementación del 0.5% (5 g Kg⁻¹), la diferencia en el porcentaje de supervivencia, aunque significativa, fue de solo un 3.5% en comparación con el grupo control.

Es importante indicar qué en nuestro experimento, la supervivencia del grupo control puede considerarse excelente, pues fue superior al 94%, lo que indica que, a pesar de los problemas recurrentes en la presa, las condiciones de cultivo fueron adecuadas para el desarrollo de la tilapia del Nilo. Será necesario realizar estudios posteriores para evaluar si la mejoría en la supervivencia se mantiene en condiciones más hostiles o en presencia de infecciones bacterianas, recurrentes en la zona, pues en el caso de los productores de la región de la presa Miguel Aleman lo que más se busca al emplear aditivos alimenticios es la reducción de la mortalidad durante el ciclo de cosecha, seguido de un efecto positivo en el crecimiento. De igual forma, será necesario realizar un análisis costo-beneficio del aditivo alimenticio comercial, a diferentes niveles de suplementación, incluyendo un nivel de suplementación más alto, como el empleado por Fuentes y Sierra (2021) y Cacot (2023) para determinar si es factible emplearlo a gran escala dentro de las unidades de producción.

5. CONCLUSIÓN

El aditivo alimenticio comercial evaluado mostró, a la concentración utilizada, un efecto positivo en el crecimiento y la supervivencia, incluso después de varias semanas de detener su suplementación. Su uso permitirá a los productores de tilapia de la zona, mejorar su rendimiento y reducir la mortalidad asociada a las infecciones bacterianas recurrentes en la zona. Sin embargo, se requieren más estudios para determinar la concentración y duración más adecuadas, así como el costo asociado a su suplementación a un gran número de jaulas flotantes (unidades de producción).

AGRADECIMIENTOS

Los coautores del presente trabajo agradecen el apoyo brindado por la unidad de producción "Cultivo Virgen" por su apoyo durante el desarrollo del experimento.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores firmantes del presente trabajo de investigación declaran no tener ningún potencial conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

GVH, GVR, JPAV: Concepción y diseño del experimento. GVR: Financiamiento del experimento. GVH: Adquisición de datos. JPAV: Supervisión del estudio. GVH, JPAV: Análisis e interpretación de los datos. GVH, GVR, JPAV: Redacción del artículo. JPAV: Edición del artículo.

6. REFERENCIAS

- Abdelhamid, A.M., El-Barba. R.Y., M.I., & Hasan, M. (2012). Effect of dietary supplementation with Bio-mos® or T-Protophyt 2000 with and without hormone treatment on performance, chemical composition, and hormone residues of mono-sex Nile tilapia. *Journal of Animal and Poultry Production*, 3, 99-113. <http://doi.org/10.21608/jappmu.2012.82779>
- Bai, S. C., Katya, K., & Yun, H. (2015). Additives in aquafeed: An overview. In D. A. Davis (eds.) *Food science, technology and nutrition, feed and feeding practices in aquaculture*. Woodhead Publishing, 171-202.
- Bombardelli, R.A., Boscolo, W. R., Olivetti de Mattos, B., Sanches, E.A., Syperreck, M.A., Feiden, A., & Rodrigues-Reis, M. (2005). Suplementação de metionina sintética em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a fase de reversão sexual. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 27, 541-546.
- Cacot, G. (2023). Evaluation of dietary immunostimulants and probiotics on growth performance and health indices of channel catfish, tilapia, and shrimp. Tesis de maestría. Auburn University. 80pp. Accesado 20/10/2023. <https://etd.auburn.edu/xmlui/handle/10415/8938>
- Carbone D., & Faggio C. (2016). Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. *Fish Shellfish Immunology*, 54, 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.011>
- Cavichiolo, F., Vargas, L., Ribeiro, R. P., Moreira, H. L. M., da Rocha-Loures, B. R., Maheana, K.,

- Aparecido-Povh, J., & Leonardo, J. M. L. O. (2002). Efeito da suplementação de vitamina C e vitamina E na dieta, sobre a ocorrência de ectoparasitas, desempenho e sobrevivência em larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a reversão sexual. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 24, 943-948. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v24i0.2444>
- Ceulemans, S., Coutteau, P., & Robles. R. (2009). Innovative feed additives improve feed utilization in Nile tilapia. *Global Aquaculture Advocate*, Nov/Dec, 1-7.
 - Dawood, M.A., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2018). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10, 950-974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>
 - de Araújo, E. R. L., Barbas, L. A. L., Ishikawa, C. M., de Carla-Dias, D., Rosa-Sussel, F., de Almeida-Marques, H.L., & Tachibana, L. (2018). Prebiotic, probiotic, and symbiotic in the diet of Nile tilapia post-larvae during the sex reversal phase. *Aquaculture International*, 26: 85-97. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0201-7>
 - de la Cruz-Marín, E., Martínez-García, R., López-Hernández, J.F., Méndez-Marín, O., de la Rosa-García, S.C., Peña-Marín, E.S., Tovar-Ramírez, D., Sepúlveda-Quiroz, C.A., Pérez-Jiménez, G.M., Jiménez-Martínez, L.D., Asencio-Alcudia, G. G., & Álvarez-González, C.A. (2023). Inulin supplementation in diets for tropical gar (*Atractosteus tropicus*) larvae: effects on growth, survival, and digestive and antioxidant enzyme activities. *Aquaculture Journal*, 3, 43-55. <https://doi.org/10.3390/aquacj3010006>
 - FAO. (2022). Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* - Consultado 11 de octubre de 2023, de https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles_de_las_especies/nile_tilapia/tilapia_del_nilopagina_principal/es/
 - Faust, M., Owatari, M.S., de Almeida, M. V. S., Leite dos Santos, A., Martins, W., Vicente, L. R. M., & Jatobá, A. (2023). Dietary *Saccharomyces cerevisiae* improves survival after thermal and osmotic challenge during sexual reversal of post-larvae Nile tilapia. *North American Journal of Aquaculture*, 85, 271-276. <https://doi.org/10.1002/naaq.10298>
 - Fattahi, A., Faghani, H., Mohammad-Nejad, M., & Mousavi-Sabet, S. H. (2021). The effects of adding cinnamon powder (*Cinnamomum verum*) on some blood and growth factors in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juvenile. *Journal of Animal Biology*, 13, 87-99.
 - Ferreira, A. L., Amorim, M. P. S., Souza, E. R., Schorer, M., Castro, G. H. F., Pedreira, M.M. (2019). Probiotic, antibiotic and combinations in Nile tilapia juveniles culture. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(4), e20180169. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180169>.
 - Fuentes, C.E.O., & Sierra, M.P.V. (2021). Evaluación de DVAQUA® en la alimentación de la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 29pp. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b94935f7-99da-4e6b-8646-534caea71517/content>
 - Ghafoor, F., Roy, H., Khan, F., Munawar, M., Jamil, B., Maqsood, Z., & Ghafoor, A. (2020). Effect of 0.5% and 1.5% dietary supplementation of cinnamon (*Cinnamomum verum*) on growth performance and blood parameters of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 7, 113-120. <https://doi.org/10.22192/ijarbs>
 - García-Curbelo, Y., Iglesias, J. L., Pérez, T.J., Dorta, A.N., Salabarría, B.R., Yoslaydi, F.A., & Villafranca, H.M. (2017). Efecto prebiótico de fructanos de *Agave fourcroydes* en indicadores productivos de alevines de tilapias del Nilo GIFT (*Oreochromis niloticus*). *Livestock Research for Rural Development*, 29, 1-8.
 - Habiba, M.M., Hussein, E.E., Ashry, A.M., El-Zayat, A.M., Hassan, A.M., El-Shehawi, A.M., Sewilam, H., Van Doan, H., & Dawood, M.A.O. (2021). Dietary cinnamon successfully enhanced the growth performance, growth hormone, antibacterial capacity, and immunity of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Animals (Basel)*, 11, 2128. <https://doi.org/10.3390/ani11072128>
 - Hai, N.V. (2015). The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*, 119(4), 917-935. <https://doi.org/10.1111/jam.12886>

- He, S., Zhou, Z., Liu, Y., Shi, P., Yao, B., Ringø, E., & Yoon, I. (2009). Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) cultured in cages, *Aquaculture*, 294(1-2), 99-107. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.043>.
- INAPESCA. (2019). Gobierno de México. Buscan impulsar maricultura en Oaxaca. Revisado octubre 2021: <https://www.gob.mx/inapesca/prensa/buscan-impulso-de-maricultura-en-oaxaca-21>
- Jo-Rivero, C. L., & Espinoza, Á. M. (2020). Respuesta productiva a tres niveles de incorporación de un nutraceutico en la alimentación de alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758. Tesis de Bachiller, Universidad Nacional del Callao. 125pp. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6277>
- Kalko-Schwarz, K., Massamitu-Furuya, W., Marçal-Natali, M. R., Gaudezi, M.C., & Gonçalves-de Lima, P.A. (2011). Mananoligosacarídeo em dietas para larvas de tilápia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2634-2640. <https://doi.org/10.1590/S1516-3598201100120000>
- Kalyankar, A.D., Gupta, R.K., Bansal, N., Sabhlok, V.P., & Singh, D. (2013). Effect of garlic (*Allium sativum*) against *Aeromonas hydrophila* and health management of swordtail, *Xiphophorus helleri*. *Journal of Environmental Science and Sustainability*, 1, 41-48. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2009.01100.x>
- Mörschbacher, E. F., Garcia-Marengoni, N., & Menezes, D. (2014). Mannan oligosaccharidae during the sex reversal of Nile tilapia. *Bioscience Journal*, 30, 1168-1176.
- Naftal-Gabriel, N., Wilhelm, M.R., Habte-Tsion, H. M., Chimwamurombe, P., & Omoregie, E. (2019). Dietary garlic (*Allium sativum*) crude polysaccharides supplementation on growth, haematological parameters, whole body composition and survival at low water pH challenge in African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Scientific African*, 5, e00128. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00128>
- Ornelas-Luna, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J.Á., & Godínez-Siordia, D.E. (2017). Un enfoque sostenible para la acuicultura de tilapia. *Acta Universitaria*, 27, 19-25. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1231>
- Ortega, S. S. (2018). Evaluación del efecto de aceites esenciales en alimentos balanceados para la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25pp. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6015dabc-713e-4e03-aa9e-5415a964cf17/content>
- Opiyo, M. A., Jumbe, J., Ngugi, C. C., & Charo-Karisa, H. (2019). Different levels of probiotics affect growth, survival and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in low input ponds. *Scientific African*, 4, 2-7. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00103>
- Pérez-Jiménez, G. M., Peña-Marín, E. S., Maytorena-Verdugo, C. I., Sepúlveda-Quiroz, C. A., Jiménez-Martínez, L. D., De la Rosa-García, S., Asencio-Alcudia, G. G., Martínez, R., Tovar-Ramírez, D., Galaviz, M. A., Martínez-Burguete, T., Álvarez-González, C. A., & Álvarez-Villagomez, C. S. (2022). Incorporation of fructooligosaccharides in diets influence growth performance, digestive enzyme activity, and expression of intestinal barrier function genes in tropical gar (*Atractosteus tropicus*) larvae. *Fishes*, 7, 137. <https://doi.org/10.3390/fishes7030137>
- Qiang, J., He, J., Yang, H., Xu, P., Habte-Tsion, H. M., Ma, X. Y., & Zhu, Z. X. (2016). The changes in cortisol and expression of immune genes of GIFT tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) at different rearing densities under *Streptococcus iniae* infection. *Aquaculture International*, 24(5), 1365-1378. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-9995-y>
- SADER. (2021). La conapesca promueve la producción y el consumo de tilapia en el país.
- Revisado del Gobierno de México junio 2022: <https://www.gob.mx/agricultura/yucatan/articulos/la-conapesca-promueve-la-produccion-y-consumo-de-tilapia-en-el-pais?idiom=es>
- Sakaguti-Graciano, T., Michelato, M., Hertes-Neu, D., Oliveira-Vidal, L. V., Orlandi-Xavier, T., Batista-Moura, L., & Massamitu-Furuya, W.

- (2014). Desempenho produtivo e composição corporal de tilápias do Nilo alimentadas com AminoGut® no período de reversão sexual. *Semina Ciências Agrárias*, 35, 2779-2788. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2779>
- Samrongpan, C., Areechon, N., Yoonpundh, R., Srisapoome, P., Elghobashy, H., Fitzsimmons, K., & Diab, A.S. (2008). Effects of mannan-oligosaccharide on growth, survival and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) fry. Eighth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, October 12-14, Cairo, Egypt, 345-353.
 - Shalaby, A. M., Khattab, Y. A., & Abdel-Rahman, A. M. (2006). Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 12, 172-201. <https://doi.org/10.1590/S1678-91992006000200003>
 - Toyama, G. N., Corrente, J. E., & Possebon-Cyrino, J. E. (2000). Suplementação de vitamina C em rações para reversão sexual da tilápia do Nilo. *Scientia Agricola*, 57, 221-228.
 - Vázquez-Vera, L., & Chávez-Carreño, P. (eds.) (2022). Diagnóstico de la acuicultura en México. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. México. <https://fmcn.org/es/noticia/diagnostico-de-la-acuicultura-en-mexico#:~:text=El%20%20Diagnóstico%20de%20la%20acuicultura,fortalezas%20y%20áreas%20de%20oportunidad.>
 - Yacout, D. M., Soliman, N. F., & Yacout, M. M. (2016). Comparative life cycle assessment (LCA) of tilapia in two production systems: semi-intensive and intensive. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 806-819. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1061-5>
 - Zamora-Vera, M. (2020). Evaluación del efecto equivalente de probióticos y promotores de crecimiento en la dieta de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) durante abril-julio del 2019. Tesis de Bachiller, Universidad de Guayaquil. 33 pp. https://biblioteca.semisud.org/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=20365
 - Zar, J. H. (2010). Biostatistical analysis. (5th ed.). Prentice Hall. 620 pp.