

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Evaluación del uso de concentrado ME-PRO® en *Oreochromis* spp. en la etapa
de pre-engorde**

Estudiantes

Luis Raul Acosta Perez

Mauro Josue Platero Martinez

Asesores:

Patricio E. Paz, Ph.D.

María Fernanda Oyuela López, M.Sc.

Honduras, julio 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos	11
Ubicación	11
Unidades Experimentales	11
Siembra	11
Tratamientos.....	11
Alimentación	13
Muestreo.....	13
Monitoreo de Calidad de Agua	13
Variables Evaluadas	13
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	13
Sobrevivencia (%).....	14
Resultados y Discusión.....	15
Calidad de Agua	15
Temperatura	15
Oxígeno Disuelto (OD)	16
Amonio.....	16
pH.....	17
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	18
Sobrevivencia.....	19

Ganancia de Peso Promedio	20
Conclusiones	21
Recomendaciones.....	22
Referencias.....	23

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tratamientos evaluados en el experimento para tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>) en la etapa de pre-engorde.	12
Cuadro 2 Formulación de la dieta Zamorano de 32% de P.C para tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>) con el producto ME-PRO® a 0, 3 y 5% nivel de inclusión.	12
Cuadro 3 Niveles promedio de amonio en los tanques para cada uno de los tratamientos.	17
Cuadro 4 Valores máximos y mínimos y promedio del pH del agua en los tanques de plástico durante las 20 recolecciones de muestras a lo largo del experimento.	17
Cuadro 5 Índice de conversión alimenticia (ICA) de tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>) comparando una dieta comercial vs una dieta formulada en Zamorano con la inclusión de ME-PRO® en distintos porcentajes.	19
Cuadro 6 Porcentaje de sobrevivencia de tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>) comparando en la etapa de pre-engorde.	19
Cuadro 7 Ganancia de peso (g) de tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>) comparando en la etapa de pre-engorde.	20

Índice de Figuras

Figura 1 Valores máximos y mínimos de la temperatura del agua en tanques de plástico de diciembre 2021 a febrero de 2022, en Zamorano, Honduras.	15
Figura 2 Valores máximos y mínimos de la concentración de oxígeno disuelto en el agua en tanques de plástico de diciembre 2021 a febrero de 2022.	16

Resumen

La tilapia (*Oreochromis*) es un pez originario de zonas de África y Medio Oriente. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto nutricional de diferentes concentrados formulados, en la unidad de acuicultura Daniel E. Meyer de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Esto se realizó con la inclusión de distintos porcentajes del producto comercial ME-PRO® y se compararon con el alimento comercial utilizado, normalmente, en la unidad de acuicultura, en *Oreochromis* spp. en la etapa de pre-engorde. El experimento se utilizó 156 individuos con un peso promedio de 33g, mismos que fueron distribuidos con un diseño completamente al azar (DCA) en 12 tanques de 0.32 m³. La duración del experimento fue de 62 días. Los parámetros evaluados fueron: ganancia de peso/ días, índice de conversión alimenticia, sobrevivencia y calidad de agua. En cuanto a los resultados, se encontraron diferencias significativas en el parámetro de nitrógeno amoniacal en la calidad de agua donde el tratamiento uno (Control Comercial) demostró unos niveles de amonio mayores en comparación al resto de tratamientos en un menor tiempo. Sin embargo, para las variables de ICA, ganancia de peso total y sobrevivencia no se encontraron diferencia significativa. El uso de Control EAP + ME-PRO® redujo la producción de amonio, demostrando un mejoramiento en la calidad de agua, pudiendo reducir la cantidad de recambios de agua.

Palabras claves: Dietas, índice de conversión alimenticia, pre-engorde, tilapia roja

Abstract

Tilapia (*Oreochromis*) is a fish native from areas of Africa and the Middle East. The objective of the present study was to evaluate the nutritional effect of different formulated concentrates on *Oreochromis* spp., in the aquaculture unit “Daniel E. Meyer” in Zamorano University. This was done with the inclusion of different percentages of the commercial product ME-PRO®, then these diets were compared with the commercial feed normally used in the aquaculture unit, in *Oreochromis* spp. at the grow out stage. The experiment used 156 individuals with an average weight of 33g, which were distributed with a completely random design (CRD) in 12 tanks of 0.32 m³. The duration of the experiment was 62 days. The parameters evaluated were weight gain/days, feed conversion ratio, survival and water quality. Regarding the results, significant differences were found in the ammoniacal nitrogen parameter in the water quality where the treatment one (commercial control) showed higher ammonium levels compared to the rest of the treatments in a shorter time. However, for the variables of FCR, total weight gain and survival, no significant difference was found. The use of Control EAP + ME-PRO® reduced ammonium production, demonstrating an improvement in water quality, reducing the number of water changes.

Keywords: Diets, feed conversion ratio, pre-fattening, red tilapia

Introducción

La tilapia es un pez perteneciente a la familia Cichlidae y es originario de zonas de África y Medio Oriente. Se tiene conocimiento de que esta familia fue una de las primeras en ser cultivadas en la acuicultura (Pompa y Masser 1999). Los cíclidos en general son peces, robustos de poca exigencia respiratoria, además, soportan altas temperaturas y son de fácil manejo y transporte. Han sido cultivadas por más de 4000 años y es una fuente de alimento popular en muchas partes del mundo, particularmente en las regiones tropicales de África y Asia (Alvarez et al. 2000).

Actualmente, la acuicultura latinoamericana, presenta una serie de problemas relacionados a la alimentación y nutrición de la tilapia. Por un lado, uno de los principales es la ausencia de una metodología correcta, en las técnicas de alimentación, y el déficit de alimentos artificiales de calidad a bajo costo, mismos que puedan satisfacer las necesidades nutricionales de los peces en cultivo (Valladão et al. 2018). Consecuentemente, estos factores inciden como puntos críticos para la creación de dietas balanceadas, mismas que permitan mejorar los ciclos y rendimientos productivos, además de optimizar los recursos que potenciarán el desarrollo de proyectos de producción, enfocados en alternativas de alimento que, sean más sostenibles y sustentables frente a diversas condiciones (Ortiz Tirado 2008).

En Honduras, se acostumbra a practicar la acuicultura a pequeña y mediana escala y con recursos limitados. Los concentrados a base de harina de pescado y de soya, son la principal fuente de proteína, pero estos llegan a presentar problemas de producción, ambientales y económicos (Kurbis 2000). Adicionalmente, los precios altos de las materias primas y escasez en concentrados, así como la baja calidad nutricional de los mismos, efectúa en un impacto negativo en los medios de vida de los productores de tilapia. A su vez, esta variabilidad en la calidad de algunos concentrados puede repercutir directamente en cosechas de peces pequeños y baja rentabilidad en la producción. Ante esta problemática, el objetivo principal es utilizar una base de concentrado que tenga un precio accesible y un buen aporte nutricional.

La tilapia tiene la capacidad de consumir una gran variedad de alimentos, tales como organismos naturales de su ambiente, subproductos de la agricultura o alimentos concentrados. El éxito económico, de la crianza de tilapia, depende en gran parte de la alimentación, el uso de alimentos balanceados comerciales, sin embargo, representa el 60% de los costos totales de producción (Pantoja et al. 2011). El precio del alimento balanceado, es influenciado por el contenido de proteína cruda, por ende, al incrementar su valor, se reduce la rentabilidad del cultivo, sobre todo en aquellos productores que no cuentan con capital para comprarlo (Pantoja et al. 2011).

ME-PRO® es una de las fuentes alternativas de proteína cruda con mayor probabilidad de sustituir el uso tradicional de fuentes de proteína cruda, como la harina de pescado, representando una mejora en la producción y disponibilidad de nutrientes reduciendo costos (White B et al. 2020). El producto elaborado promete ser altamente digestible y palatable, en términos de sabor, color y olor neutro. Además, reduce la producción de fitatos, aumenta la biodisponibilidad de nutrientes de fósforo para mejorar la salud animal, reduce compuestos antinutritivos y es libre de granos modificados genéticamente.

El presente estudio evaluó la producción de tilapia en su estadio de pre-engorde, mismo que comprende entre 8 y 80 gramos, el cual es alimentado con concentrado balanceado a 32 o 38% en proteína, distribuidos en cuatro raciones al día. El objetivo del presente estudio fue evaluar el uso de ME-PRO® (Praire Aquatech) para el pre-engorde en tilapia (*Oreochromis spp.*)

Materiales y Métodos

Ubicación

El estudio se llevó a cabo durante los meses de diciembre de 2021 a febrero de 2022 en la Unidad de Acuicultura Daniel E. Meyer de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (EAP), ubicada a 32 Km al este de la Ciudad de Tegucigalpa. La unidad se encuentra a una altitud de 800 msnm y una temperatura promedio de 24 °C.

Unidades Experimentales

Se usaron 12 tanques circulares de plástico de 0.88 m de diámetro superior, 0.80 m de diámetro inferior, 0.56 m de altura y una capacidad total de 0.32 m³. Durante esta fase se utilizaron los tanques de plástico a capacidad efectiva de 0.3m³ y se utilizó una malla protectora para evitar depredación o escape de los individuos en estudio.

Siembra

Se seleccionaron 156 individuos en la fase de pre-engorde, usando como criterio su peso el cual debía ser aproximadamente de 33 g. Se sembraron 13 individuos en cada uno de los 12 tanques de plástico. Adicionalmente, cada tanque recibió un flujo constante de oxígeno a través de piedras difusoras, con el propósito de mantener los niveles de oxígeno en un nivel óptimo. Los 12 tanques fueron cubiertos con dos mallas para evitar el escape y mezcla de los individuos con otros tanques cercanos.

Tratamientos

Se utilizó la dieta comercial Tilapia Alcón 32 como control y a su vez se formularon tres dietas en base al contenido proteico para la sustitución de la dieta comercial. El primer tratamiento consto de concentrado Tilapia Alcón 32 molido sin inclusión de ME-PRO®. Los tratamientos 2,3 y 4 constaron del concentrado formulado en Zamorano con una diferencia en los niveles de inclusión del producto

a base de soya hidrolizada ME-PRO® en un 0, 3 y 5% respectivamente. Se establecieron cuatro tratamientos con tres repeticiones para cada tratamiento.

Cuadro 1

*Tratamientos evaluados en el experimento para tilapia roja (Oreochromis spp.) en la etapa de pre-
engorde.*

Tratamiento	Descripción
Control COM	Alimentación control en base a concentrado Comercial de 32% de PC
Control EAP	Alimentación en base a formulación en Zamorano de 32% de PC
ME-PRO® 3%	Control EAP + ME-PRO® al 3%
ME-PRO® 5%	Control EAP + ME-PRO® al 5%

Nota. PC: Proteína cruda

Cuadro 2

*Formulación de la dieta Zamorano de 32% de P.C para tilapia roja (Oreochromis spp.) con el producto
ME-PRO® a 0, 3 y 5% nivel de inclusión.*

Ingredientes	Tratamiento		
	Control EAP	Control EAP + ME- PRO® 3%	Control EAP + ME- PRO® 5%
Maíz amarillo	19.826	21.615	23.331
Harina de soya	66.578	62.339	58.143
Aceite de palma africana	10.736	10.726	10.726
ME-PRO®	0	2.5	5
Premezcla	0.8	0.8	0.8
Enzimas exógenas	0.1	0.1	0.1
Carbonato	0.1	0.1	0.13
Biofost	1.71	1.69	1.67
DL-Metionina	0.07	0.06	0.05
L-Treonina	0.08	0.07	0.05
Total	100	100	100
Zeolita	3	3	3
Costo (USD/t)	503.34	521.07	538.59
Aportes			
Lípidos	12.55	12.54	12.55
Proteína cruda	32	32	32
Calcio	0.5	0.5	0.5
P disponible	0.5	0.5	0.5
Lisina	1.6	1.62	1.6
Metionina	0.83	0.83	0.83
Treonina	1.1	1.1	1.1

Alimentación

La tasa de alimentación y frecuencia de alimentación fue determinada a partir de la biomasa de los individuos utilizando como guía la tabla de alimentación de Alcón. Durante el inicio del experimento se proporcionó el 6% del peso vivo con una frecuencia de alimentación de cuatro porciones/día (7:00 am; 10:00 am; 1:00 pm y 4:00 pm). El alimento fue entregado en forma de harina ya que no se cuenta con una maquina peletizadora.

Muestreo

Para el registro de los parámetros de crecimiento, se realizaron un total de seis muestreos, realizados con intervalos de 10 días. En cada muestreo se utilizó se utilizó una balanza electrónica Truper® 15241 BASE-40.

Monitoreo de Calidad de Agua

Durante el experimento se monitorearon diariamente las propiedades fisicoquímicas del agua dos veces al día por tanque. Los parámetros de oxígeno disuelto (mg/l) y temperatura (°C) fueron medidos con un medidor galvánico marca YSI® Pro-20. A su vez, se realizaron análisis de nitrógeno amoniacal total (NAT) expresados en mg/L y pH cada dos días utilizando un kit de prueba rápida marca API® Freshwater master test kit.

Variables Evaluadas

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El ICA se midió con base a parámetros acuícolas tanto para los tratamientos como para el control, donde se estimó el índice de conversión alimenticia propuesto por Pruginin y Hepher (1989), la cual establece que la cantidad de alimento representada en una unidad de peso se convierte en peso vivo en un determinado tiempo usando la ecuación 1.

$$\text{Indice de conversion alimenticia} = \frac{\text{Alimento Consumido (g)}}{(\text{biomasa final} - \text{biomasa inicial})} \quad [1]$$

Sobrevivencia (%)

Es el porcentaje de animales sobrevivientes durante las fases del experimento. Su análisis se realizó convirtiendo los valores a arcoseno, como lo establecen Fraga et al. (2012). Finalmente, transformando los resultados a seno nuevamente y convirtiendo los mismos en porcentaje en el programa Microsoft Excel®.

Ganancia de Peso (GP)

Esta variable indica el peso ganado por cada animal (g) al final del experimento. El cálculo de esta variable se realizó restando el peso final promedio por animal menos el peso inicial promedio por animal, reflejado en la ecuación 2.

$$\text{Ganancia de peso} = \text{Peso final promedio} / \text{animal} - \text{Peso inicial promedio} / \text{animal} \quad [2]$$

Resultados y Discusión

Calidad de Agua

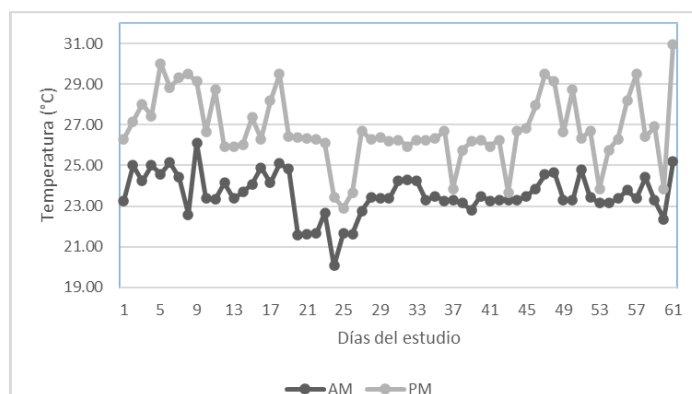
En el cultivo de tilapia se menciona que el crecimiento de estos depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones fisicoquímicas del agua. El oxígeno disuelto, pH, amoníaco y la temperatura entran en juego durante el período de engorde, por lo que son factores de estrés potenciales para la tilapia durante su cultivo (Boyd y Lichtkoppler 1982).

Temperatura

Durante el experimento, se monitorearon los distintos parámetros, para efectuar un control sobre la influencia que este podía tener sobre las variables a evaluar. Las temperaturas oscilaron entre 20 y 32 °C (Figura 1). Para la tilapia roja (*Oreochromis spp.*), el rango de temperatura óptimo es entre 25 y 32°C (Boyd y Lichtkoppler 1982). Debido a que se presentaron temperaturas por debajo del rango optimo, hubo una disminución en el consumo de alimento lo cual afecto la ganancia de peso de la tilapia. A temperaturas menores, la mortalidad puede aumentar y el crecimiento puede verse afectado significativamente. Estos parámetros afectan aspectos productivos, por lo que es importante mantenerlos dentro de límites óptimos (Saavedra Martínez 2006).

Figura 1

Valores máximos y mínimos de la temperatura del agua en tanques de plástico de diciembre 2021 a febrero de 2022, en Zamorano, Honduras.

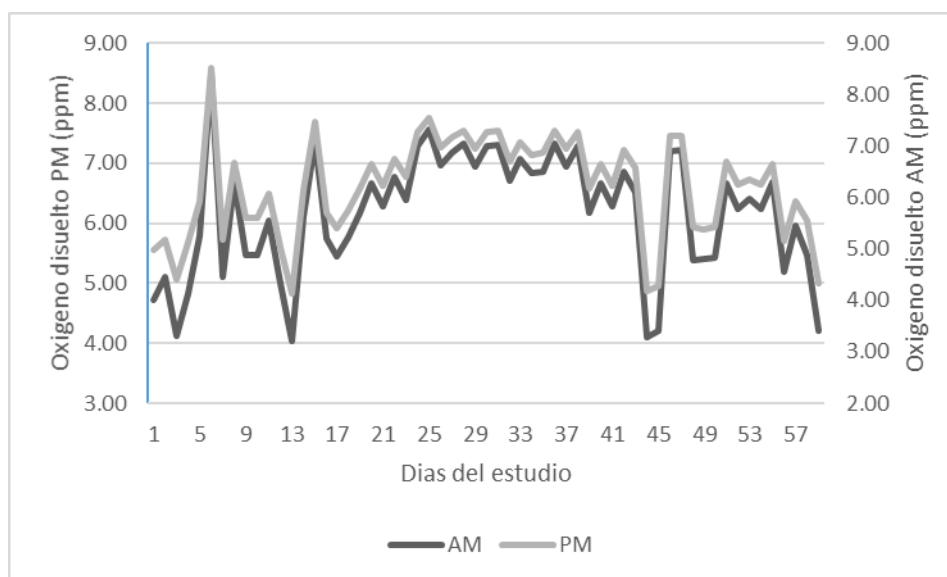


Oxígeno Disuelto (OD)

Los niveles de oxígeno disuelto estuvieron dentro de los límites normales en cada tratamiento (Figura 2). El promedio de oxígeno disuelto durante el experimento fue de 6.20ppm mientras que el valor mínimo fue de 4.03 ppm por lo que se mantuvieron dentro del rango óptimo. Según Wong (2003), las concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 4.0 ppm, disminuyen el crecimiento y el apetito de los peces.

Figura 2

Valores máximos y mínimos de la concentración de oxígeno disuelto en el agua en tanques de plástico de diciembre 2021 a febrero de 2022.



Amonio

El nitrógeno amoniacal existe en el agua como amoníaco (NH_3) e ion amonio (NH_4^+). La forma no ionizada es un gas y también es potencialmente tóxica para los peces y otros organismos acuáticos en concentraciones relativamente bajas (Boyd y Lichtkoppler 1982). Los niveles de amonio no representaron un nivel de riesgo, ya que, al realizar recambios regularmente se mantuvieron en rangos favorables para la producción. Según Bravo Yumi (2007) en tilapia las concentraciones arriba de 0.6 mg/L de amonio pueden tener efectos negativos en el cultivo. Sin embargo, a lo largo del experimento se pudo observar que en los tanques del tratamiento 1 (Control Comercial 32% PC) se

obtuvieron concentraciones más altas de amonio en un menor tiempo a comparación de los tanques de los tratamientos con base Control EAP 32% PC (Figura 3).

Cuadro 3

Niveles promedio de amonio en los tanques para cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Amonio (mg/L)
	Media \pm DE
Control Comercial 32% PC	0.78 ^a \pm 0.05
Control EAP 32% PC	0.31 ^b \pm 0.01
Control EAP + ME-PRO [®] 3%	0.34 ^b \pm 0.04
Control EAP + ME-PRO [®] 5%	0.42 ^b \pm 0.12
Valor P	\leq 0.01
CV	15.34

Nota. DE: Desviación estándar, Valor P: Probabilidad, CV: Coeficiente de Variación. ($P \leq 0.05$), ab: Números con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

pH

El valor mínimo fue de 6.6 y el máximo de 7.6 y el promedio fue 7.35 (Cuadro 3). Durante todo el experimento el pH del agua estuvo dentro del rango aceptable para el cultivo de la tilapia que va de 5 a 11 (Meyer 2004).

Cuadro 4

Valores máximos y mínimos y promedio del pH del agua en los tanques de plástico durante las 20 recolecciones de muestras a lo largo del experimento.

Tratamiento	Tanque	Max.	Min.	Promedio
Control Comercial 32% PC	4	7.6	6.6	7.41
	6	7.6	6.8	7.31
	9	7.6	6.6	7.31
Control EAP 32% PC	1	7.6	6.6	7.43
	5	7.6	6.6	7.33
	12	7.6	6.8	7.35
Control EAP + ME-PRO [®] 3%	2	7.6	6.6	7.41
	3	7.6	6.8	7.33
	11	7.6	6.6	7.34
Control EAP + ME-PRO [®] 5%	7	7.6	6.6	7.33
	8	7.6	6.6	7.34
	10	7.6	6.6	7.32

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Este parámetro indica la cantidad de peso ganado en el pez con relación al total de alimento brindado (Fry et al. 2018). En este estudio no se encontró diferencia ($P > 0.05$) para la variable de índice de conversión alimenticia (Cuadro 4). En los tanques alimentados con el Control EAP 32% PC se obtuvo un ICA de 1.38 mientras que, para los tratamientos de Control Comercial 32% PC, Control EAP + ME-PRO® 3%, y Control EAP + ME-PRO® 5% fueron de 1.40, 1.61 y 1.76 respectivamente. Según Craig et al. (2017), los rangos óptimos en tilapia oscilan entre 0.9 y 1.3, por lo que se puede determinar que el consumo de alimento fue afectado por las temperaturas que se presentaron durante el mes de noviembre y diciembre las cuales estuvieron fuera del rango óptimo.

Barnes et al. (2013), realizaron una investigación evaluando las dietas de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) utilizando PepSoyGen®, un producto a base de harina de soya fermentada, con un efecto similar a ME-PRO®. Reportaron resultados diferentes en la tasa de conversión alimenticia, la cual fue significativamente menor en la dieta control en comparación a las dietas con distinto nivel de inclusión de PepSoyGen® ($P = 0.001$).

White et al. (2020), evaluaron el efecto del concentrado ME-PRO® con niveles de inclusión de hasta un 70% en tres diferentes especies, una de ellas la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), encontrando una tendencia similar sin encontrar diferencias entre los tratamientos o semana en el índice de conversión alimenticia.

Resultados similares a los del estudio fueron reportados por Bairagi et al. (2002), en sus estudios con alevines de carpa de la India (*Labeo rohita*), donde formularon dietas isoproteicas e isocalóricas utilizando una fuente proteica de origen vegetal (*Lemna polyrhiza*). Para esta investigación se utilizó *Lemna* fermentada y no fermentada en niveles de inclusión de 15, 25 y 35% en los cuales no se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 5

Índice de conversión alimenticia (ICA) de tilapia roja (Oreochromis spp.) comparando una dieta comercial vs una dieta formulada en Zamorano con la inclusión de ME-PRO® en distintos porcentajes.

Tratamiento	ICA Media ± DE
Control Comercial 32% PC	1.40 ± 0.15
Control EAP 32% PC	1.38 ± 0.23
Control EAP + ME-PRO® 3%	1.61 ± 0.36
Control EAP + ME-PRO® 5%	1.76 ± 0.18
Valor P	0.504
CV	22.14

Nota. ICA: Índice de Conversión Alimenticia, DE: Desviación estándar, Valor P: Probabilidad, CV: Coeficiente de Variación. ($P \leq 0.05$).

Sobrevivencia

Al inicio del experimento, la sobrevivencia se vio afectada por el estrés que se produjo al momento de la manipulación de los individuos. Al trasladarlos a un ambiente nuevo en los tanques de plástico con condiciones distintas, además de la manipulación al momento de la clasificación, generó incremento en el estrés provocando la muerte a algunos individuos. En este experimento no se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos para la variable. Según Pompa y Green (1990) en la fase de pre-engorde se espera tener un porcentaje de sobrevivencia entre 70 y 80%. En Zamorano la temperatura ambiental desciende en los meses de noviembre a febrero, limitando el crecimiento de las tilapias (Mendieta Gutiérrez 1999). Debido a esto las condiciones no fueron favorables ya que la temperatura del agua estuvo por debajo de los 20 °C, comprometiendo esta variable.

Cuadro 6

Porcentaje de sobrevivencia de tilapia roja (Oreochromis spp.) comparando en la etapa de pre-engorde.

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Control Comercial 32% PC	92 ± 0.07	90 ± 0.11	87 ± 0.11	87 ± 0.08	87 ± 0.08
Control EAP 32%PC	92 ± 0.07	90 ± 0.04	90 ± 0.04	90 ± 0.04	90 ± 0.03
Control EAP + ME-PRO® 3%	90 ± 0.11	87 ± 0.16	87 ± 0.16	87 ± 0.16	87 ± 0.16
Control EAP + ME-PRO® 5%	90 ± 0.08	85 ± 0.15	85 ± 0.15	77 ± 0.07	74 ± 0.08

Nota. PC: Proteína cruda

Ganancia de Peso Promedio

En la ganancia de peso no se encontraron diferencias significativas. El crecimiento de la tilapia y la tasa de utilización del alimento depende de varios factores: cantidad de alimento, densidad de siembra y disponibilidad de oxígeno. Por consiguiente, es necesario implementar correctamente el tamaño y distribución de las raciones para mejorar la ganancia de peso.

White et al. (2020), reportó resultados favorables con el uso de ME-PRO® en la ganancia de peso promedio por animal tanto para el tratamiento ($P = 0.002$) como para la semana ($P \leq 0.001$) utilizando trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Esto indica que los peces alimentados con el alimento ME-PRO® eran consistentemente más grandes que los peces alimentados con el alimento control.

Sinn et al. (2017), realizaron un estudio en el cual compararon el uso de harina de pescado y ME-PRO® en otra especie monogástrica, lechones destetados, estos reportaron que no se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre el control y los tratamientos en la ganancia de peso entre tratamientos.

Cuadro 7

Ganancia de peso (g) de tilapia roja (Oreochromis spp.) comparando en la etapa de pre-engorde.

Tratamiento	Ganancia de peso (g) Media \pm DE
Control Comercial 32% PC	6.21 \pm 0.14
Control EAP 32% PC	8.02 \pm 1.9
Control EAP + ME-PRO® 3%	7.09 \pm 0.36
Control EAP + ME-PRO® 5%	7.60 \pm 1.7
Valor P	0.748
CV	22.30

Nota. Valor P: Probabilidad, DE: Desviación Estándar, CV: Coeficiente de variación. ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

La temperatura durante los meses de noviembre a diciembre no fue favorable para el experimento, ya que se encontró la mayoría del tiempo debajo del rango óptimo, reduciendo la alimentación y crecimiento de tilapia.

El uso de Control EAP + ME-PRO® redujo la producción de amonio, demostrando un mejoramiento en la calidad de agua, reduciendo la cantidad de recambios de agua.

Recomendaciones

Ampliar estudios en donde se evalué otro tipo de presentación del alimento, como el peletizado.

Ampliar el estudio a las otras etapas productivas de *Oreochromis* spp. con el fin de determinar si hay una relación entre estas otras etapas y los diferentes tratamientos evaluados en el estudio.

Replicar el estudio en otra temporada con un clima favorable entre los rangos óptimos para la producción de tilapia.

Replicar el estudio con porcentajes de inclusión mayores en la dietas de la etapa de pre-engorde en tilapia roja.

Referencias

- Alvarez MJM, Hernández JG, Rovero R, Tablante A, Rangel L. 2000. Alimentación De Tilapia Con Raciones Parciales De Cáscaras De Naranja. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 3(1):29–33. doi:10.1080/11358120009487645.
- Bairagi A, Sarkar Ghosh K, Sen SK, Ray AK. 2002. Duckweed (*Lemna polyrhiza*) leaf meal as a source of feedstuff in formulated diets for rohu (*Labeo rohita* Ham.) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. *Bioresource Technology*. 85(1):17–24. doi:10.1016/s0960-8524(02)00067-6.
- Barnes ME, Brown ML, Rosentrater KA, Sewell JR. 2013. Preliminary Evaluation of Rainbow Trout Diets Containing PepSoyGen, a Fermented Soybean Meal Product, and Additional Amino Acids. *TOFISHSJ*. 6(1):19–27. doi:10.2174/1874401X01306010019.
- Boyd CE, Lichtkoppler F. 1982. *Water Quality Management in Pond Fish Culture*. 4ª ed. Estados Unidos: Auburn University.
- Bravo Yumi NP. dic. 2007. Efecto agudo del Amoníaco en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p; [consultado el 17 de may. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/776/1/T2369.pdf>.
- Craig S, Helfrish L, Kuh D, Schwarz M. 2017. *Understanding fish nutrition, feeds, and feeding*. Virginia Tech; [consultado el 17 de may. de 2022]. <https://fisheries.tamu.edu/files/2019/01/FST-269.pdf>.
- Fraga I, Flores ER, Reyes R, Llanes Y. 2012. Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*; [consultado el 15 de may. de 2022]. 32(1):1–8. <https://aquadocs.org/handle/1834/4334>.
- Fry JP, Mailloux NA, Love DC, Milli MC, Cao L. 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? *Environ. Res. Lett.* 13(2):24017. doi:10.1088/1748-9326/aaa273.
- Kurbis G. mar. 2000. *An Economic Analysis of Tilapia Production by SmallScale* [Tesis de maestría]. Winnipeg, Manitoba: University of Manitoba. 102 p; [consultado el 15 de nov. de 2021].
- Mendieta Gutiérrez MA. 1999. *Comparación del crecimiento de dos líneas de tilapia en la época fría de Zamorano* [Trabajo de fin de carrera]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 28 p; [consultado el 22 de may. de 2022].
- Meyer DE. 2004. *Introducción a la Acuicultura*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 144 p; [consultado el 3 de feb. de 2022]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2490/1/208986_0363%20-%20Copy.pdf.
- Ortiz Tirado JC. 2008. *Acuicultura: Producción dulce acuícola en el Ecuador I*. Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). 147 p. ISBN: 978-9978-301-53-1.

- Pantoja JO, Sanchez SG, Hoyos JL. 2011. Obtención de un Alimento Extruido para Tilapia roja (*Oreochromis* spp.) Utilizando Ensilaje Biológico de Pescado. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*; [consultado el 4 de mar. de 2022]. 9(2):178–187. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/772>.
- Pompa T, Green B. 1990. *Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds*. Estados Unidos: Auburn University.
- Pompa T, Masser M. 1999. *Tilapia: Life History and Biology*. [sin lugar]: [sin editorial]. 4 p. SRAC Publication. <http://aquaculture.ca.uky.edu/publication/tilapia-life-history-and-biology>.
- Pruginin Y, Hephher B. 2019. Fish Culture in Israel as a Cash Crop. En: Smith L, Smith LJ, Peterson S, editores. *Aquaculture Development in Less Developed Countries*. [sin lugar]: Routledge ; [consultado el 23 de mar. de 2022].
- Saavedra Martínez M. 2006. Manejo del Cultivo de Tilapia. Nicaragua; [consultado el 26 de feb. de 2022].
- Sinn SM, Gibbons WR, Brown ML, DeRouchey JM, Levesque CL. 2017. Evaluation of microbially enhanced soybean meal as an alternative to fishmeal in weaned pig diets. *Animal*; [consultado el 21 de may. de 2022]. 11(5):784–793. eng. doi:10.1017/S1751731116002020.
- Valladão GMR, Gallani SU, Pilarski F. 2018. South American fish for continental aquaculture. *Rev Aquacult*. 10(2):351–369. doi:10.1111/raq.12164.
- White B, Fredrickson L, Araujo O, Araujo N, Nates SF. 2020. The Role of the Microbial Enhanced Protein ME-PRO® in Recirculation Aquaculture Systems (RAS) Using Precision Feeding. *JAMBE*. 2020(01). doi:10.37722/JAMBE.202011.
- Wong WG. 2003. Determinación del consumo de alimento por la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) [Trabajo de fin de carrera]. [sin lugar]: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 20 p.