

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



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación de la inclusión de ácido Gamma-Aminobutírico
en dieta para tilapia roja (*Oreochromis sp.*) de pre-engorde**

Estudiantes

Kattia María Chahín Sánchez

Sandra Ofelia Tosta Alcántara

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

María Fernanda Oyuela, M.Sc.

Honduras, julio 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRIGUEZ ROYO

Rector

ANA MARGARITA MAIER

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Ubicación del Estudio	10
Unidades Experimentales.....	10
Siembra de los Animales	10
Tratamientos	10
Alimentación	11
Muestreo	12
Monitoreo de Calidad de Agua.....	12
Variables de Producción.....	12
Ganancia Diaria de Peso (g/pez)	12
Índice De Conversión Alimenticia (ICA).....	12
Sobrevivencia (%)	13
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	13
Resultados y Discusión	14
Calidad De Agua	14
Temperatura.....	14
Oxígeno Disuelto (OD).....	14
Amonio	15
Nitrato y nitritos	16
pH	16

Turbidez.....	17
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	18
Ganancia de Peso Promedio	19
Sobrevivencia	21
Conclusión	23
Recomendaciones	24
Referencias.....	25

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tratamientos evaluados en el experimento para tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) en la etapa de pre-engorde.....	11
Cuadro 2 Formulación de la dieta Zamorano con 38% de P.C. para tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) con Amino-GABA a 0.02% y 0.03% nivel de inclusión.....	11
Cuadro 3 Valores máximos y mínimos y promedio de la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) del agua en los tanques de plástico durante la etapa de pre-engorde.....	15
Cuadro 4 Amonio (NH ₄ ⁺ , mg/L), Nitrato (NO ₃ ⁻ , ppm), Nitrito (NO ₂ ⁻ , ppm), pH y Turbidez (cm) de los tanques experimentales en el pre-engorde de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) con la inclusión de ácido γ -aminobutírico (GABA) en distintos porcentajes.....	18
Cuadro 5 Índice de conversión alimenticia (ICA) de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) comparando diferentes niveles de inclusión de ácido γ -aminobutírico (GABA) en la etapa de pre-engorde.....	19
Cuadro 6 Ganancia de peso (g) de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) comparando una dieta control vs dietas formuladas con la inclusión de ácido γ -aminobutírico (GABA) en distintos porcentajes en la etapa de pre-engorde.....	21
Cuadro 7 Porcentaje de sobrevivencia de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) comparando en la etapa de pre-engorde.....	22

Resumen

El ácido gamma-aminobutírico es un neurotransmisor inhibitorio que se encuentra en el sistema nervioso central, regula la actividad neuronal e inhibe las señales nerviosas en el cerebro. El objetivo de esta investigación fue evaluar una dieta convencional a base de Amino-GABA con diferentes porcentajes de inclusión en la etapa de pre-engorde de tilapia roja sobre los parámetros productivos y calidad de agua, en la unidad de acuicultura Daniel E. Meyer de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se emplearon 0.02% y 0.03% de inclusión del producto comercial amino-GABA en cada tratamiento y se compararon con la dieta control comercial usada para *Oreochromis* sp. en la etapa de pre-engorde. Se utilizaron 720 individuos con un peso promedio de 0.65 g, los que fueron distribuidos en un diseño completamente al azar (DCA) en 12 estanques con capacidad de 0.32 m³, se suministró aireación suplementaria, realizando dos recambios de agua semanal con un máximo del 80%. El experimento se estableció durante 39 días, siendo las variables evaluadas: ganancia de peso/días, índice de conversión alimenticia, sobrevivencia y calidad de agua. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en cuanto a las variables evaluadas entre los diferentes tratamientos con amino-GABA respecto a la dieta control. Se recomienda realizar investigaciones adicionales que aborden diferentes formas de presentación del alimento, como el uso de peletizados. Así como extender la investigación a las distintas etapas de producción de *Oreochromis* sp. para examinar si existe una conexión entre estas etapas y los diversos tratamientos analizados en el estudio.

Palabras claves: Dieta, GABA, índice de conversión alimenticia, neurotransmisor, pre-engorde, tilapia roja.

Abstract

Gamma-aminobutyric acid is an inhibitory neurotransmitter found in the central nervous system that regulates neuronal activity and inhibits nerve signals in the brain. The objective of this research was to evaluate the growth effect produced by gamma-aminobutyric acid in a conventional diet, in the Daniel E. Meyer aquaculture unit of the Zamorano Pan American Agricultural School. A 0.02% and 0.03% inclusion of the commercial product amino-GABA was used in each treatment and compared with the control commercial diet used for *Oreochromis* sp. in the pre-fattening stage. A total of 720 individuals with an average weight of 0.65 g were used, which were distributed in a completely randomized design (CRD) in 12 ponds with a capacity of 0.3232 m³, supplementary aeration was provided, performing two weekly water changes with a maximum of 80%. The experiment was established for 39 days, where the variables evaluated were: weight gain/day, feed conversion rate, survival, and water quality. The results obtained showed no significant differences in the variables evaluated between the different treatments with amino-GABA and the control diet. It is recommended that further research be carried out on the presentation of pelleted gamma-aminobutyric acid, with higher levels of inclusion and in the different stages of production of *Oreochromis* sp.

Keywords: Diet, feed conversion ratio, GABA, neurotransmitter, pre-fattening, red tilapia,

Introducción

Según la FAO (2017) para el año 2050, se prevé que la población mundial aumentará y alcanzará casi los 9,700 millones de personas. De esta forma, los países en vías de desarrollo siguen aumentando su densidad poblacional con el paso de los años y se calcula que alcanzará 680 millones en 2025 y 779 millones en 2050 (CEPAL 2016). Este crecimiento más allá de cierto límite implica una presión social en tres áreas: el aprovechamiento de recursos, la organización del sistema productivo y la vigencia histórica del sistema social (Hernández 2022).

En los últimos años, organismos internacionales han trabajado para mejorar la seguridad alimentaria, la cumbre mundial de alimentación en 1996 define que existe seguridad alimentaria “cuando todas las personas tienen acceso en todo momento, ya sea físico, social, y económico, a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades nutricionales y las preferencias culturales para una vida sana y activa” (Bianchi y Szpak 2016). Sin embargo, 776 millones de personas que viven en países en desarrollo siguen padeciendo desnutrición, es decir, una de cada seis personas (FAO 2004).

La agricultura juega un rol fundamental en la alimentación mundial, buscando proporcionar alimentos naturales de buena calidad. Entre el 2011 y 2020, la productividad agrícola mundial incrementó solo un 1.12% anual (Steensland 2022). Actualmente, se busca implementar sistemas agrícolas que cuenten con una alta tasa de productividad, eficiencia y sostenibilidad. De esta manera el sistema de producción acuícola representa actualmente uno de los mayores sectores que producen alimentos, aportando, según Ramírez Fernández et al. (2018) casi el 50% de la oferta mundial de pescado y es una de las principales actividades económicas del presente siglo.

La acuicultura o acicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas; actividad de cultivo que implica la intervención de la mano del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección contra depredadores la reproducción, el repoblamiento y la cosecha (Salazar

Ariza 2001). Los productos obtenidos de este sistema son alimentos de alta calidad, conteniendo cantidades importantes de proteína, minerales y vitaminas.

Asimismo, para seguir garantizando la calidad de los productos obtenidos de los sistemas acuícolas debe seguir existiendo las condiciones favorables para el desarrollo de los organismos acuáticos. En esta misma línea, se pretende contar con infraestructuras ajustadas al tipo de sistema a implementar para reducir el estrés ambiental en dichos organismos (Rodríguez 2012). Las causas más relevantes del estrés de los peces en cautiverio son: el medio, el alimento y el manejo (Rodríguez 2012).

Cuando el estrés llega a una fase crónica se manifiesta de distintas formas en los peces en: cambios fisiológicos, conductuales, agresividad, algunos incluso dejan de comer y aumenta la susceptibilidad a enfermedades contagiosas y canibalismo (EFEverde 2016). Lo importante no es eliminar el estrés en los peces, sino evitarlo al máximo para obtener el mejor rendimiento sin comprometer la producción del sistema (Rodríguez 2012).

Entre las moléculas estrechamente relacionadas con el control del estrés se encuentran las hormonas hipotalámicas, los péptidos opioides y neurotransmisores como el ácido γ -aminobutírico (GABA), glutamato y dopamina entre otras (Ramírez 2007).

El ácido gamma-aminobutírico (GABA) es considerado el neurotransmisor inhibitorio por excelencia en el sistema nervioso central, el cual está implicado en una serie de diversas patologías (Valverde Alfaro 2010). El cual es generado en el cerebro, para cumplir funciones específicas en la interrupción de la transmisión de los impulsos nerviosos, que se envían de neurona en neurona (Junquera 2020). La acción de este neurotransmisor en el sistema nervioso garantiza un equilibrio entre la excitación e inhibición neuronal, que es fundamental para las adecuadas funciones del organismo (Santos et al. 2018).

Consecuentemente, el propósito de esta investigación fue evaluar una dieta a base de Amino-GABA con diferentes porcentajes de inclusión en la etapa de pre-engorde de tilapia sobre los parámetros productivos y de calidad de agua.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

El estudio se llevó a cabo entre los meses de marzo y abril del año 2023, en las instalaciones de la unidad de acuicultura “Daniel E. Meyer”, de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yegüare, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. A una altitud de 800 msnm, con una temperatura promedio de 26 °C, una precipitación promedio anual de 1,100 mm.

Unidades Experimentales

Se usaron 12 tanques circulares de plástico con capacidad de 0.32 m³ y dimensiones de 0.88 m de diámetro superior, 0.55 m de altura. Los tanques fueron colocados dentro del invernadero de la unidad y llenados con agua proveniente de la Laguna de Monte Redondo.

Siembra de los Animales

La siembra se realizó con animales con un peso promedio de 0.6 g. Se colocaron 60 peces por unidad experimental para un total de 720 animales para todo el experimento. Previo a la siembra, los animales fueron pesados y sometidos a un baño de sal con una concentración de 50 g/L durante 30 segundos con el fin de eliminar organismos que puedan producir enfermedades.

Tratamientos

Se utilizaron tres dietas elaboradas en la Unidad de Investigación y Enseñanza Avícola de Zamorano. El primer tratamiento se basó en una dieta control del concentrado convencional utilizado en la unidad, el segundo tratamiento en una dieta control con la adición de 0.02% de Amino-GABA y el tercer tratamiento constó en una dieta control con la adición de 0.03% de Amino-GABA, cada tratamiento con cuatro repeticiones.

Cuadro 1

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

Tratamiento	Descripción
Control EAP	Alimentación control formulada en Zamorano con 38% de PC
Tratamiento 2	Control EAP + Amino-GABA al 0.02%
Tratamiento 3	Control EAP + Amino-GABA al 0.03%

Nota. PC: Proteína cruda

Cuadro 2

*Formulación de la dieta Zamorano con 38% de P.C. para tilapia roja (Oreochromis sp.) con Amino-GABA a
0.02% y 0.03% nivel de inclusión.*

Ingredientes ¹	Tratamientos		
	Control EAP	0.02% GABA	0.03% GABA
Maíz amarillo convencional	10.40	10.38	10.37
Harina de pescado	23.83	23.83	23.83
Harina de soya	44.41	44.41	44.41
Semolina de arroz	5	5	5
Harina de coquito	10	10	10
Amino-GABA	0	0.02	0.03
Aceite de palma africana	5	5	5
Premezcla	1.1	1.1	1.1
Enzimas	0.05	0.05	0.05
Mycifix plus 5.0	0.2	0.2	0.2
Carbonato	0	0	0
Fosfato monocalcico	0	0	0
L-lisina	0	0	0
DL-metionina	0	0	0
L-treonina	0	0	0
Zeolita	3	3	3
Total	100	100	100

Nota: ¹ valores expresados en porcentajes.

Alimentación

La tasa y frecuencia de alimentación fue determinada en base a la biomasa de los individuos utilizando como referencia la tabla de alimentación de Alcón. Las dietas fueron suministradas diariamente en ocho raciones, una rutina de alimentación de cuatro raciones en la mañana (7:00 am; 8:00 am; 9:00 am y 10:00 am) y cuatro raciones en la tarde (1:00 pm; 2:00 pm; 3:00 pm y 4:00 pm). Se utilizó una tasa inicial de alimentación del 13% del peso vivo de los animales.

Muestreo

A lo largo del experimento se realizaron cuatro muestreos con un intervalo de tiempo de siete días. En cada muestreo se pesó el 100% de los animales por estanque con una balanza electrónica Truper® 15241 BASE-40.

Monitoreo de Calidad de Agua

Se evaluaron diariamente las condiciones del agua a lo largo del experimento, determinada por parámetros físicos y químicos específicos. La calidad del agua fue monitoreada una vez al día en cada unidad experimental. El oxígeno disuelto (mg/L) y temperatura (°C) fueron tomados mediante un medidor galvánico YSI® Pro-20A. La concentración de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), pH, nitrito (NO_2^-) se determinó mediante el kit de prueba rápida marca API® Freshwater master test kit. A su vez, se evaluó la turbidez con un disco Secchi.

Variables de Producción

Ganancia Diaria de Peso (g/pez)

La ganancia diaria de peso permite determinar cuántos gramos de peso ganó cada pez desde el inicio de la etapa de pre-engorde hasta la finalización del experimento. Se utilizó la fórmula 1:

$$\text{GDP} = [\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}] \div \text{Edad (días)} \quad [1]$$

Índice De Conversión Alimenticia (ICA)

Esta medida permite evaluar la eficiencia con la que los peces convierten el alimento en peso corporal. La información registrada se recolectó en base a cada tratamiento como de la dieta control suministrada. Se empleo la fórmula 2:

$$\text{ICA} = \text{Alimento suministrado} \div (\text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial}) \quad [2]$$

Sobrevivencia (%)

Se interpreta como la cantidad de animales que sobreviven hasta el final del experimento.

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = (\text{Animales vivos} \div \text{Animales sembrados}) \times 100 \quad [3]$$

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones por cada uno, con un total de doce unidades experimentales considerando cada estanque y sus peces en estado de pre-engorde como una unidad experimental. Los datos experimentales de producción y calidad de agua fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con una separación de medias comparadas mediante el procedimiento LSD con una probabilidad exigida de $P \leq 0.05$, utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS).

Resultados y Discusión

Calidad De Agua

El cultivo de peces 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 dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar (Briones-Pérez et al. 2017). El oxígeno disuelto, el dióxido de carbono, el amoníaco y otros factores entran en juego durante el período de crecimiento porque son factores potencialmente estresantes del organismo acuícola (Trujillo 2022).

Temperatura

En el cultivo de tilapia roja es crítico mantener la temperatura alrededor de los 28 °C, con el fin de hacer más eficiente su metabolismo y, así, su crecimiento; especialmente, se debe controlar en la etapa de crecimiento de los alevines, debido a su vulnerabilidad (Vásquez-Salazar et al. 2014).

Las temperaturas pueden oscilar de 28-32 °C, cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 °C no sobreviven mucho tiempo (Saavedra Martinez 2016). La velocidad de la mayoría de los procesos que afectan la calidad del agua en la acuicultura de estanques se duplica cuando hay un incremento de temperatura de 10 °C de lo recomendado (Briones-Pérez et al. 2017). Los resultados obtenidos en el estudio se presentan en el Cuadro 3.

Oxígeno Disuelto (OD)

Para cubrir las necesidades fisiológicas básicas (mantenimiento, movimiento) y para garantizar su crecimiento, el pez utiliza la energía obtenida por la oxidación de los alimentos (gracias al oxígeno disuelto en el agua) (Mariluz Fernández 2015). A menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por consiguiente, el crecimiento de los peces. Lo más conveniente son valores mayores de 3 mg/L (Saavedra Martinez 2016). Debido a los bajos niveles de oxígeno disuelto que estuvieron fuera de los rangos óptimos en cada tratamiento hubo una disminución en el consumo de alimento lo cual afectó el ICA de peso de la tilapia.

Un suministro deficiente de este elemento puede ocasionar considerables pérdidas económicas debido a sus efectos negativos sobre la ganancia de peso y la conversión alimenticia, así como muerte súbita de animales (Valbuena-Villarreal y Cruz-Casallas 2006). Alteraciones en los rangos de tolerancia de estos parámetros pueden causar problemas como hipoxia, inapetencia, atraso del crecimiento e incremento de la conversión alimenticia (Perdomo Carrillo et al. 2012).

Cuadro 3

Valores máximos y mínimos y promedio de la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) del agua en los tanques de plástico durante la etapa de pre-engorde.

Parámetro	Min.	Máx.	Promedio ± DE	P
Temperatura (°C)	23	35.5	27.14 ± 3.16	0.4695
O.D (mg/L)	1.5	10.3	5.05 ± 1.50	0.4695

Nota. O.D: Oxígeno Disuelto, DE: Desviación Estándar, Valor P: Probabilidad ($P \leq 0.05$)

Amonio

El amoniaco es un compuesto que contiene nitrógeno e hidrogeno. El amonio en el agua se expresa en forma ionizada (NH_4^+) como no ionizada (NH_3), siendo el equilibrio del amonio en el agua fuertemente dependiente del pH y la temperatura del medio (García Díez 2002). La toxicidad del amonio puede casuar daño a los organismo acuáticos como ser detrimento en las membranas de las branquias, así como debilitamiento en el sistema inmunológico (Valenzuela Vargas 2018).

El nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) es excretado por los peces a través de sus branquias, orinas, además también es producto de la descomposición microbiana del alimento no consumido (este puede representar hasta el 88% del nitrógeno en un sistema de cultivo (Ingle de la Mora et al. 2003). Según Pinza Pinza (2014) expresa que la tilapia tolera rangos de 0.6 a 2 mg/L de amonio. En el estudio se registran valores con un máximo a 1 mg/L de amonio disueltos en el agua, rangos tolerables para el óptimo desarrollo de la tilapia. Suministrar tasas de alimento ajustadas al crecimiento del pez, limitan el exceso de alimentos acumulado, permitiendo a mantener niveles de amoniaco bajos (McDermant et al. 2015)

Nitrato y nitritos

Los nitritos y nitratos son compuestos iónicos que se encuentran de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno. La nitrificación es la oxidación de un compuesto de amonio a nitrito, mediante la bacteria *Nitrosomonas*. Los nitritos serán oxidados a nitratos mediante la bacteria *Nitrobacter* (Pacheco Avila et al. 2002).

Los nitritos son un producto intermedio de la transformación de amoníaco en nitrato mediante la actividad bacteriana. Altas concentraciones de nitrito no permiten que el pez respire adecuadamente, debido a su capacidad de unirse a la hemoglobina en la sangre de los peces, reduciendo su capacidad de transportar oxígeno (Valenzuela Vargas 2018). Los nitratos en altas concentraciones pueden afectar negativamente el desarrollo de los peces además de promover el crecimiento excesivo de algas, lo que reduce el oxígeno disuelto en el agua lo que promueve la formación de condiciones hipóxicas (Pacheco Avila et al. 2002).

Niveles de nitrato entre 0 y 40 mg/L permiten el desarrollo óptimo de los peces, sin embargo, un valor superior a 80 mg/L es tóxico. Niveles de nitrito superior 0.75 mg/L pueden provocar estrés mientras que un valor mayor a 5 mg/L puede debilitar a los peces (Bautista Covarrubias y Velazco Arce 2011).

Los valores obtenidos de nitrato y nitrito demuestran que no existió un riesgo potencial en la calidad de agua que pudiera alterar el sistema inmunológico de los peces, así como afectar su óptimo desarrollo.

pH

Es un logaritmo de concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes en una solución. El pH se expresa en una escala numérica que va de 0 a 14, donde 7 es considerado neutral. Valores por debajo de 7 indican acidez, mientras que valores por encima de 7 indican alcalinidad o basicidad (Rodríguez Zamora 2009).

Según Salazar Almeida y Flores Vallejo (2015) el rango de pH recomendado para el cultivo de tilapia generalmente oscila entre 6.5 a 9, además describen que este influye en la secreción normal del mucus de la piel, que actúa como una barrera protectora para evitar infecciones y mantener la homeostasis. Durante el ensayo los promedios obtenidos de pH se mantuvieron entre 7.2 a 7.6 como se muestra en el Cuadro 4, así mismo se refleja que este parámetro no tuvo fluctuaciones significativas que pudieran alterar la calidad del agua.

Turbidez

En un parámetro relacionado con la cantidad de partículas suspendidas que puede ser el resultado de una posible actividad biológica o indica la presencia de componentes no deseables como sedimentos, arcilla, materia orgánica, algas y otros materiales presentes en el agua. Es un fenómeno óptico ligado a la absorción de luz combinado mediante un proceso de difusión que afecta la claridad visual del agua (Otero Borregán 2011).

Se recomienda mantener la transparencia del agua en un rango de 20 a 30 cm. Cuando la presencia de plancton se vuelve excesiva y la transparencia cae por debajo de los 20 cm, es necesario se lleve a cabo un recambio de agua (González Martínez et al. 2011).

En el Cuadro 4, se muestran los valores obtenidos durante el experimento que oscilan desde 20 a 25 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), mismos valores que se encuentran en los rangos recomendados para el óptimo desempeño de la tilapia.

Cuadro 4

Amonio (NH₄⁺, mg/L), Nitrato (NO₃⁻, ppm), Nitrito (NO₂⁻, ppm), pH y Turbidez (cm) de los tanques experimentales en el pre-engorde de tilapia roja (Oreochromis sp.) con la inclusión de ácido γ-aminobutírico (GABA) en distintos porcentajes.

Parámetro	Min.	Máx.	Promedio ± DE	P
Amonio (NH ₄ ⁺ , mg/L)	0	1	0.28 ± 0.24	0.4433
Nitrato (NO ₃ ⁻ , ppm)	0	20	3.80 ± 0.17	0.3416
Nitrito (NO ₂ ⁻ , ppm)	0	5	0.23 ± 2.20	0.0966
pH	7.2	7.6	7.45 ± 0.39	0.3227
Turbidez (cm)	20	25	20.57 ± 4.88	0.4433

Nota. DE: Desviación Estándar, Valor P: Probabilidad (P ≤ 0.05)

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

La eficiencia del uso de alimento se calcula como el índice de conversión de alimento (Boyd 2022). En este estudio no se encontró diferencia (P = 0.7976) para la variable de índice de conversión alimenticia.

Según Boyd (2022) los valores típicos del ICA oscilan entre 1.2 y 2.2 dependiendo del tipo de alimento, la especie, el tamaño de los animales, las prácticas de alimentación y las condiciones de calidad del agua en los sistemas de cultivo, por lo que, se puede determinar que el consumo de alimento fue afectado por las cantidades de oxígeno disuelto que se presentaron fuera del rango óptimo, a lo largo del experimento.

El oxígeno disuelto (OD), es un componente muy importante en la calidad de agua, las tilapias pueden soportar bajos niveles de oxígeno disuelto (1 mg/L), pero si los niveles de oxígeno no se encuentran en los niveles adecuados (> 4 mg/L), se ven afectados y el consumo de alimento disminuye también pudiendo verse atacadas por enfermedades (Montañez Calero 2021).

Esto concuerda con lo analizado por Sierra y Jenaro Maroso (2019) que luego del análisis de su investigación indicó como factor concluyente, que la falta de OD en las jaulas flotantes fue la causal de la baja ganancia de peso, alta conversión alimenticia y alta mortalidad.

Según Bae et al. (2022) el GABA puede desempeñar un papel importante en la mejora del crecimiento, la respuesta inmunitaria y la eficacia alimentaria de los peces. Sin embargo, Rodríguez Gil (2004) concluyó que la expresión de algunas subunidades del receptor GABA mostró cambios en los niveles de expresión luego de un tratamiento hipóxico y estos datos sugieren que los niveles de oxígeno podrían regular la expresión de algunas subunidades de este receptor de alguna manera aún desconocida. Los datos bajos de oxígeno disuelto durante el experimento tienen un efecto antagónico con el GABA añadido en los tratamientos 1 (Control) y 2 (0.02% GABA), lo dicho, concuerda con la investigación de Doraudo et al. (2023) donde menciona que la hipoxia tuvo efectos antagónicos sobre los niveles de GABA.

La forma física del alimento también es una consideración importante para esta variable, según El Sitio Avícola (2013) el pellet mejora el crecimiento y la conversión alimenticia de los animales. Gómez et al. (2015) señalan que muchas veces los alimentos pulverizados son poco aprovechados por los peces del cultivo, debido al pequeño tamaño de las partículas que provoca que el alimento se desperdicie puesto a que se desintegra muy rápido en el agua, este problema significaría una menor eficiencia en el engorde de los peces.

Cuadro 5

Índice de conversión alimenticia (ICA) de tilapia roja (Oreochromis sp.) comparando diferentes niveles de inclusión de ácido γ -aminobutírico (GABA) en la etapa de pre-engorde.

Tratamiento	ICA Media \pm DE
Control	3.321 \pm 1.011
T2 - 0.02% GABA	2.884 \pm 0.782
T3 - 0.03% GABA	3.435 \pm 0.719
P	0.7976

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

Ganancia de Peso Promedio

En la ganancia de peso no se encontraron diferencias ($P = 0.3203$) para la variable de ganancia de peso promedio (Cuadro 6). Existen tablas de tasas de alimentación publicadas para las especies de peces

más cultivadas. Las cuales estiman las tasas optimas basándose en el tamaño medio en longitud o peso y en el número de peces del tanque, aproximadamente, los peces suelen alimentarse con un 1-5% de su peso corporal al día (Craig y Helfrich 2017).

El crecimiento de la tilapia y la tasa de utilización del alimento depende de varios factores, por consiguiente, es necesario implementar correctamente el tamaño y distribución de las raciones para mejorar la ganancia de peso. Un buen manejo en la estrategia de alimentación generara mayor eficiencia productiva ya que al aumentar la frecuencia de alimentación se genera una mayor deposición de proteína en musculo (Niño y Aguilar 2014). Estudios celulares y moleculares han demostrado que el ácido γ -aminobutírico (GABA), uno de los principales neurotransmisores inhibidores, desempeña un papel fundamental en la regulación del comportamiento alimentario (Snigirov y Sylantyev 2018).

De acuerdo con Bae et al. (2022) señaló que para el aumento de peso el nivel óptimo de GABA en la dieta podía ser de 158 mg/kg en dieta. Se mencionó también que el 0.25% de GABA disminuía el crecimiento y la supervivencia del langostino gigante de agua dulce, así mismo, la inclusión de 1% de este aminoácido no tuvo efectos significativos sobre el crecimiento de la platija japonesa.

La diferencia entre las dosis utilizadas en este experimento con las recomendadas por otros estudios pudo repercutir en una ganancia de peso no significativa comparado al control, sin embargo, los estudios que informan sobre el efecto de la suplementación con GABA en animales acuáticos son escasos. (Snigirov y Sylantyev 2018).

Cuadro 6

Ganancia de peso (g) de tilapia roja (Oreochromis sp.) comparando una dieta control vs dietas formuladas con la inclusión de ácido γ -aminobutírico (GABA) en distintos porcentajes en la etapa de pre-engorde.

Tratamiento	Ganancia de peso (g) Media \pm DE
Control	0.111 \pm 0.009
T2 - 0.02% GABA	0.122 \pm 0.017
T3 - 0.03% GABA	0.119 \pm 0.008
P	0.3203

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

Sobrevivencia

En la variable de sobrevivencia no se encontraron diferencias ($P = 0.7524$) para la variable de sobrevivencia (Cuadro 7). Esta variable se vio influenciada por diferentes factores como siembra, manipulación y recambios de agua, sin embargo, los porcentajes obtenidos se encuentran en el rango óptimo según Niño y Aguilar (2014) una sobrevivencia del 70 - 80% es aceptable en la fase de pre-engorde, de igual manera, en la producción de tilapia la mortalidad total no debe sobrepasar el 10% (Perdomo Carrillo et al. 2012).

Estos valores de mortalidad pudiesen ser reducido durante todas las fases de crianza, mediante una mejor observación de las conductas de los peces y mejores prácticas durante el manejo de los peces en los estanques de producción, incluyendo un mejor cuidado y protección de alevines (Perdomo Carrillo et al. 2012).

Cuadro 7

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

Tratamiento	SOB Media \pm DE	SOB %
Control – 0% GABA	1.12 \pm 0.15	92%
T2 - 0.02% GABA	1.03 \pm 0.09	85%
T3 - 0.03% GABA	1.21 \pm 0.13	89%
P	0.7524	

Nota. SOB: Sobrevivencia, DE: Desviación Estándar, Valor P: Probabilidad ($P \leq 0.05$).

Conclusión

La inclusión de Ácido-Gamma-Aminobutírico no proporciona beneficios adicionales en términos de los parámetros productivos y de calidad del agua.

Recomendaciones

Realizar investigaciones adicionales que aborden la evaluación de diferentes formas de presentación del alimento, como el uso de peletizados.

Extender la investigación a las distintas etapas de producción de *Oreochromis* sp. para examinar si existe una conexión entre estas etapas y los diversos tratamientos analizados en el estudio.

Referencias

- Bae J, Hamidoghli A, Farris NW, Olowe OS, Choi W, Lee S, Won S, Ohh M, Lee S, Bai SC. 2022. Dietary γ -Aminobutyric Acid (GABA) Promotes Growth and Resistance to *Vibrio alginolyticus* in Whiteleg Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 2022:1–9. <https://downloads.hindawi.com/journals/anu/2022/9105068.pdf>. doi:10.1155/2022/9105068.
- Bautista Covarrubias JC, Velazco Arce, Javier Marcial de Jesús Ruiz. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Fuente; [consultado el 6 de jun. de 2023]. (8). <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>.
- Bianchi E, Szpak C. 2016. Seguridad Alimentaria y el Derecho a la Alimentación Adecuada. *Revista Brasileira de Estudos Jurídicos*. 11(2):41.
- Boyd C. 2022. Un bajo índice de conversión alimenticia es el principal indicador de una acuicultura eficiente. [sin lugar]: Global Seafood Alliance; [actualizado el 1 de jun. de 2023; consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://www.globalseafood.org/advocate/un-bajo-indice-de-conversion-alimenticia-es-el-principal-indicador-de-una-acuicultura-eficiente/>.
- Briones-Pérez E, Hernández-Acosta E, Leal-Mendoza A, Calvario-Rivera C. 2017. La calidad del agua en diferentes unidades de producción acuícola de Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 4(5):40–48. https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/320624258_La_calidad_del_agua_en_diferentes_unidades_de_produccion_acuicola_de_Tlaxcala_Mexico/links/5d8d1376299bf10cff12b43d/La-calidad-del-agua-en-diferentes-unidades-de-produccion-acuicola-de-Tlaxcala-Mexico.pdf.
- Castellano Montiel AG, Orozco Suárez AF. 2022. Análisis de la productividad total de los factores en Colombia (1950-2017). *América Latina Hoy*. 90:161–177. doi:10.14201/alh.26768.
- [CEPAL] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2016. La población de América Latina alcanzará 625 millones de personas en 2016, según estimaciones de la CEPAL. [sin lugar]: [sin editorial] ; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://www.cepal.org/es/noticias/la-poblacion-america-latina-alcanzara-625-millones-personas-2016-segun-estimaciones-la>.
- Craig S, Helfrich L. 2017. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/80712/fst-269.pdf>.
- Doraudo R. PL, Lima D, Mattos J. J, Bainy D. AC, Grott C. S. 2023. Fipronil impairs the GABAergic brain responses of Nile Tilapia during the transition from normoxia to acute hypoxia. *JEZ-A Ecological and Integrative Physiology*; [consultado el 2 de jun. de 2023]. 339(2):1398-152. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jez.2662>. doi:10.1002/jez.2662.
- EFEverde. 2016. El estrés que sufren los peces afecta a la producción acuícola. Santiago de Chile: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://efeverde.com/el-estres-que-sufren-los-peces-afecta-a-la-produccion-acuicola/>.
- El Sitio Avícola. 2013. Peletización y calidad del pelet. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.elsitioavicola.com/articulos/2482/peletizacion-y-calidad-del-pelet/>.

- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2004. Agricultura mundial: Hacia los años 2015/2030. Roma: FAO. 1 online resource. ISBN: 92-5-304761-5; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s00.htm>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2017. El futuro de la alimentación y la agricultura: Tendencias y desafíos. [sin lugar]: FAO (El futuro de la alimentación y la agricultura); [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2022. Towards blue transformation. Rome: FAO. 236 p. (The state of world fisheries and aquaculture; vol. 2022). ISBN: 978-92-5-136364-5.
- García Díez C. 2002. El bocinegro ("*Pagrus pagrus*") como especie alternativa para su producción en acuicultura: estudio comparativo de la excreción de amonio tras la alimentación con diferentes piensos experimentales [Proyecto de investigación]. España: Universidad Las Palmas de Gran Canaria. spa. <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/1891>.
- Gómez J, Morales I. 2015. Efecto de dos tipos de alimentos: Comercial y experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) sobre el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones experimentales; [consultado el 12 de jul. de 2023]. <http://riul.unanleon.edu.ni/jspui/bitstream/123456789/4251/1/228944.pdf>.
- González Martínez VV, Sánchez Zamora BR, Rodríguez López RA. 2011. Efecto de dos alimentos comerciales sobre el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques de plástico [Investigación de fin de grado]. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 60 p; [consultado el 6 de jun. de 2023]. <http://riul.unanleon.edu.ni/jspui/bitstream/123456789/6336/1/219624.pdf>.
- Hernández B. 2022. El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas. Papeles de Población; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 3(10):17–20. <https://rppoblacion.uaemex.mx/article/view/18438>.
- Ingle de la Mora, Genoveva, Villareal-Delgado EL, Arredondo-Figueroa JL, Ponce-Palafox JT, Barriga-Sosa, Irene de los A. 2003. Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. Hidrobiológica; [consultado el 6 de jun. de 2023]. 13(4):247–253. <https://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v13n4/v13n4a1.pdf>.
- Junquera R. Vie, 28 de feb. de 2020. Neurotransmisor GABA o ácido gamma-aminobutírico. FisiOnline; [consultado el 5 de jul. de 2023]. <https://www.fisioterapia-online.com/glosario/neurotransmisor-gaba-o-acido-gamma-aminobutirico>.
- Mariluz Fernández AA. 2015. Evaluación de los parámetros productivos y de calidad de agua en el cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en sistemas de recirculación cerrada en laboratorio [Proyecto de investigación]. Peru: Universidad Nacional de Callao. 63 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1000/207.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- McDermand L, YSI, USA. 2015. La comprensión del amoníaco en los estanques acuícolas. AquaFeed Español; [consultado el 6 de jun. de 2023]. <https://aquafeed.co/entrada/la-comprensi-n-del-amon-aco-en-los-estanques-acu-colas-20354/>.
- Montañez Calero TL. 2021. Evaluación del efecto sedante del extracto de Valeriana sp., benzocaína y metanosulfonato de tricaína (MS- 222) en alevinos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) para la reducción de estrés durante transporte simulado [Investigación de fin de grado]. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 87 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17318/Montanez_ct.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Niño H, Aguilar G OX. 2014. Crecimiento y conversión alimenticia de tilapia roja “*Oreochromis sp*” con diferentes frecuencias de alimentación. Innovando en la U. (6). <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/innovando/article/view/3864/3243>.
- Odum H, Odum EC, Brown MT, LaHart D, Bersok C, Sendzimir J. 1998. Ecosistemas y políticas públicas. Estados Unidos: [sin editorial] ; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/index.htm>.
- Otero Borregán L. 2011. Temporalidad de parámetros de calidad en el lago de yojoa, honduras [Investigacion de fin de grado]. España: Universidad de Oviedo. 142 p; [consultado el 6 de jun. de 2023]. <http://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2015/01/Laura-Trabajo-fin-de-Master-sin-anexos-20111.pdf>.
- Pacheco Avila J, Pat Canul R, Cabrera Sansores A. 2002. Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. Revista Académica Ingeniería. 6(3):73–81. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760308.pdf>.
- Perdomo Carrillo DA, Corredor Z, Ramírez Iglesia L. 2012. Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en una zona cálida tropical. Zootecnia Tropical. 30(1):99–108. es. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692012000100011&nrm=iso.
- Pinza Pinza JE. 2014. Manejo de reproductores y de calidad de agua para mejora de la producción de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la estacion piscícola fish-flow, huila, colombia [Trabajo de fin de grado]. Colombia: Universidad de Nariño. 115 p; [consultado el 6 de jun. de 2023]. <https://sired.udenar.edu.co/1232/1/90745.pdf>.
- Ramírez J. 2007. La neuroquímica del estrés y el papel de los péptidos opioides*. REB; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 26(4):121–128. http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/ampb/numeros/2007/04/f_1erArticulo.pdf.
- Ramírez Fernández PE, Veloz Atencio EE, Miranda Quiroga R. 2018. Estudio estratégico para el desarrollo sostenible de la acuicultura de agua dulce en Camagüey. Revista de Producción Animal; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 30(1):58–65. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v30n1/rpa09118.pdf>.
- Rodríguez C. 2012. El estrés en peces de granja. Investigación Pecuaria; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 1(1):47–52. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/386/400>.

- Rodríguez Gil DJ. 2004. Alteraciones producto de una hipoxia aguda en el complejo receptor Gaba: caracterizaciones bioquímicas, farmacológicas moleculares [Trabajo de fin de grado]. Argentina: Universidad de Buenos Aires. 114 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3728_RodriguezGil.pdf.
- Rodríguez Zamora J. 2009. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual*. 9(12):125–134. spa. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>.
- Saavedra Martinez MA. 2016. Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua. 24 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://universidadagricola.com/wp-content/uploads/2018/05/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA.pdf>.
- Salazar Almeida CG, Flores Vallejo CP. 2015. Evaluación de los parámetros de crecimiento de alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con dietas enriquecidas con dos aceites esenciales: cúrcuma (*curcuma longa*) y hierba luisa (*cymbopogon citratus*) [Investigacion de fin de grado]. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. 94 p; [consultado el 6 de jun. de 2023]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8736/1/UPS-QT06658.pdf>.
- Salazar Ariza G. 2001. Introducción: Consideraciones generales sobre la acuicultura. En: Rodríguez Gomez H, Daza PV, Carrillo Avila M, editores. *Fundamentos de acuicultura continental*. 2ª ed. Bogotá, Colombia: [sin editorial]. p. 1–18 (Fundamentos; vol. 1); [consultado el 1 de jun. de 2023]. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34935>.
- Santos-Espinosa A, Manzanarez-Quin CG, Reyes-Díaz R, Hernández-Mendoza A, Vallejo-Cordoba B, González-Córdova AF. 2018. Ácido γ -Aminobutírico (GABA) producido por bacterias ácido lácticas en alimentos fermentados. *Asociación Interciencia*; [consultado el 5 de jul. de 2023]. 43(3):175–181. <https://www.redalyc.org/journal/339/33957185004/html/>.
- Sierra CA, Jenaro Maroso J. 2019. Estrategias de manejo para mejorar la producción piscícola en un sistema de jaulas flotantes con Tilapia roja *Oreochromis sp.*, en Montería, Córdoba [Investigacion final de grado]. Colombia: Universidad de La Salle. 57 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1461&context=zootecnia>.
- Snigirov S, Sylantsev S. 2018. GABAA receptors activate fish feeding behaviour via two distinct functional pathways. *J Exp Biol*. 221(Pt 3). eng. doi:10.1242/jeb.170514.
- Steenland A. 2022. Global Agricultural Productivity Report: Troublesome trends and system shocks. [sin lugar]: Virginia Tech College of Agriculture and Life Sciences. 20 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. https://globalagriculturalproductivity.org/wp-content/uploads/2022/11/2022-GAP_Report_final_110922.pdf.
- Trujillo A. 2022. Impacto en la calidad del agua por tecnicas alternativas de nutrición en la producción acuicola [Tesis de grado]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. 122 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/137532/Impacto%20en%20la%20calidad%20del%20agua%20por%20tecnicas%20alternativas%20de%20nutrici%C3%B3n%20en%20la%20producci%C3%B3n%20acuicola.pdf?sequence=4>.

- Valbuena-Villarreal, D, R., Cruz-Casallas PE. 2006. Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Revista Orinoquia; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 10(1):57–63. <https://www.redalyc.org/pdf/896/89610107.pdf>.
- Valenzuela Vargas R. 2018. Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). [Investigación de fin de grado]. [Colombia]: Universidad Surcolombiana. 56 p; [consultado el 6 de jun. de 2023]. <https://repositoriousco.co/bitstream/123456789/3079/1/TH%20IA%200253.pdf>.
- Valverde Alfaro E. 2010. Receptores GABA. Cúpula; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 24(1-2):8–16. <https://www.binasss.sa.cr/bibliotecas/bhp/cupula/v24n1-2/art2.pdf>.
- Vásquez-Salazar RD, Pupo-Urrutia AC, Jiménez-Aguas HJ. 2014. Sistema energéticamente eficiente y de bajo costo para controlar la temperatura y aumentar el oxígeno en estanques de cultivo de alevines de tilapia roja. Revista Facultad de Ingeniería; [consultado el 1 de jun. de 2023]. 23(36):9–23. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292014000100002.