

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



Proyecto Especial de Graduación

**Inclusión de una fuente proteica (*Moringa oleifera*)
bioestimulada en tilapia roja (*Oreochromis spp.*)**

Estudiantes

Amy Nicolle Duran Berrios

Emmy Stephany Schrunder Oliva

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Yordan Martinez, D.Sc.

Honduras, julio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	13
Ubicación	13
Unidades Experimentales	13
Aclimatación y Transferencia de los Alevines.....	13
Bioestimulación Líquida/Agua Madre.....	13
Bioestimulación Sólida.....	14
Tratamientos.....	15
Alimentación	16
Variables Medidas.....	16
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	16
Ganancia de Peso (g/pez)	16
Biomasa (g)	17
Sobrevivencia (%).....	17

Calidad de Agua	17
Amonio (mg/L)	17
Temperatura (°C)	18
Oxigeno (mg/L).....	18
Resultados y Discusión.....	19
Índice de Conversión Alimenticia.....	19
Ganancia de Peso (g/pez)	20
Biomasa (g)	21
Parámetros de Calidad de Agua.....	22
Amonio (mg/L)	22
Temperatura (°C)	23
Oxigeno (mg/L).....	23
Conclusiones	25
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	27
Anexos.....	29

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tratamientos usados en la prueba de bioestimulación durante el experimento.	15
Cuadro 2 Comparación de los índices de conversión alimenticia entre tratamientos al final del experimento.....	20
Cuadro 3 Comparación de peso ganado por pez entre tratamientos al final del experimento.	21
Cuadro 4 Comparación de los índices de biomasa entre tratamientos con los diferentes reemplazos de aporte proteico.	21
Cuadro 5 Comparación de los índices de sobrevivencia entre tratamiento durante el experimento.	22
Cuadro 6 Parámetros de calidad del agua durante el experimento.	23

Índice de Figuras

Figura 1 Bioestimulación líquida utilizada en el experimento.....	14
Figura 2 Bioestimulación sólida utilizada en el experimento.	15

Índice de Anexos

Anexo A Ejemplar de tilapia para la siembra.	29
Anexo B Toma de temperatura durante el experimento.	30
Anexo C Unidades experimentales utilizadas durante el experimento.....	31
Anexo D Muestreo final.	32
Anexo E Composición química de la hoja de moringa (Moringa oleifera) deshidratada y molida.....	33
Anexo F Contenido de Aminoácidos de la hoja de moringa (Moringa oleifera).....	34
Anexo G Contenido de nutrientes de la hoja de moringa (Moringa oleifera).	35
Anexo H Programa de alimentación para tilapia, Perfil comercial.	36

Resumen

La bioestimulación consiste en la adición de organismos ajenos pero benéficos que aceleran la biodegradación por enzimas y así aumentar la biodisponibilidad de proteínas, vitaminas y minerales en el proceso digestivo. Este estudio comparó una dieta comercial destinada al cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con una dieta comercial suplementada con una fuente proteica bioestimulada (moringa, *Moringa oleifera*). El experimento se realizó en la unidad de acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, entre abril y mayo de 2021. Se utilizaron tres tratamientos (control, moringa 10% y moringa 20%) distribuidos en nueve unidades experimentales (tanques) de 0.3 m³, con tres repeticiones cada uno en un diseño completamente al azar durante cuatro semanas. En cada tanque se colocaron 50 alevines con un peso promedio de 20 g. Se midieron cuatro variables: índice de conversión alimenticia (ICA), ganancia de peso (g), biomasa (g) y sobrevivencia (%). El ICA, ganancia de peso, biomasa y sobrevivencia no presentaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). Los parámetros de calidad de agua durante el experimento no se encontraron dentro de los rangos establecidos en literatura, pudiendo afectar los resultados. Se determinó que la moringa puede ser un sustituto proteico para el concentrado utilizado en la producción de tilapia, se recomienda repetir el experimento utilizando porcentajes de sustitución proteica menores y con animales de mayor peso y analizando las mismas variables.

Palabras clave: Bioestimulación, prebióticos, probióticos, simbiótica.

Abstract

Biostimulation consists of the addition of foreign but beneficial organisms that accelerate the biodegradation by enzymes and thus increase the bioavailability of proteins, vitamins and minerals during digestion. This study evaluated the effectiveness of replacing a commercial diet for the early growout of red tilapia (*Oreochromis* spp.) with a commercial diet supplemented with a biostimulated protein source moringa (moringa, *Moringa oleifera*). The experiment was carried out in the aquaculture unit of the Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, in May and April of 2021. Three treatments (control, moringa 10% and moringa 20%) were distributed in 12-0.3 m³ experimental units (tanks), with four repetitions in a completely randomized design for four weeks. 50 juveniles with an average weight of 20 g were stocked per tank. Four variables were measured: feed conversion ratio (FCR), weight gain (g), biomass (g), and survival (%). FCR, weight gain, biomass and survival did not show differences between treatments ($P > 0.05$). The water quality parameters during the experiment were not within the ranges established in the literature. Moringa can be used as a protein substitute for the feed used in the production of tilapia, it is recommended to repeat the experiment using lower protein substitution percentages and with higher weight animals and analyzing the same variables.

Keywords: Biostimulation, prebiotics, probiotics, symbiotic.

Introducción

La producción acuícola, a lo largo de las últimas décadas y siendo hoy en día la actividad con mayor crecimiento en la producción de alimento de origen animal y teniendo su enfoque principal en la alimentación “llega a representar desde un 40 hasta un 60% de los costos totales de producción.” (Peters et al. 2004).

La tilapia es una de las especies omnívora más importantes para el consumo humano, a través de los años, siendo de las más ampliamente cultivadas a nivel mundial y con un gran potencial económico. Su fuente de alimentación puede basarse de forma natural como es el plancton y, de igual forma puede aceptar alimentos artificiales con materiales vegetales y en algunos casos animales. Es por ello, que la tilapia es una especie de interés para la acuicultura debido a su alta capacidad de convertir nutrientes de diversas fuentes vegetales o animales, también, adaptarse a diferentes salinidades (Rivas-Vega et al. 2015).

Para un crecimiento potencial en los organismos acuáticos es necesario conocer los requerimientos alimenticios que les ayuden a obtener un mejor desarrollo y que les sirva tanto de sustento como de dieta. Actualmente, la mayoría de los alimentos en la acuicultura se basan en la harina de pescado como principal fuente proteica debido a su perfecto balance de aminoácidos esenciales y su alto aporte de ácidos grasos, energía digestible, vitaminas y minerales que son fundamentales para un óptimo desarrollo de los animales. Además, la harina de pescado es conocida por ser de fácil asimilación debido a su excelente palatabilidad y digestibilidad, pero esto la convierte en una de las materias primas de mayor costo (Grau de Marín et al. 2007).

Se han realizado diversos estudios donde se evalúa la sustitución parcialmente de esta harina convencional, con otras fuentes proteicas no convencionales, de fuente vegetal o animal. Teniendo como resultado la inclusión de harinas vegetales, siendo la moringa (*Moringa oleifera*) la principal, ya

que contiene altos contenidos de proteína, vitaminas, minerales y antioxidantes, y esto la convierte en una alternativa como ingrediente de sustitución por sus cualidades nutritivas. En varios análisis realizados en moringa (*M. oleifera*) muestran que sus hojas son altamente ricas en nutrientes esenciales que ayudan a combatir y evitar enfermedades, asimismo esta es una planta que se diferencia de otras al contener todos los aminoácidos esenciales (Trees for Life 2005).

Foidl et al. (1998) reportaron que los niveles de fibra bruta en las hojas de moringa fueron mayores que 21.6% de varias harinas que elaboraron con diferentes partes de la planta. Al ser una fuente proteica vegetal, se pueden activar y degradar diferentes enzimas y nutrientes mediante la bioestimulación, y así, poder hacerlos disponible al suministrarlos. La bioestimulación consiste en la adición de organismos ajenos pero benéficos que aceleren la biodegradación y así aumentar su biodisponibilidad.

Los microorganismos utilizados en la bioestimulación se encargan de degradar, transformar o metabolizar los nutrientes (proteínas, vitaminas, minerales y aminoácidos) disponibles en la fuente proteica. El proceso de bioestimulación sólida se lleva a cabo para aumentar la absorción de nutrientes en el tracto digestivo de la tilapia durante su procesos de alimentación. La bioestimulación líquida es una técnica donde se adicionan macronutrientes, micronutrientes y probióticos para estimular la proliferación de microorganismos benéficos que ayudaran a la degradación de enzimas no disponibles (López et al. 2016).

Todo sistema, requiere de alimentos de calidad, que tengan los porcentajes de nutrientes necesarios para los animales, que ayuden a mantener su salud y favorezcan el crecimiento, siendo un apoyo el uso de los probióticos que, al ser proporcionados en cantidades óptimas, pueden llegar a favorecer un mejor desarrollo de los seres vivos. Por lo tanto, al realizar una bio-estimulación con una fuente de probiótico, desarrollaremos bacterias benéficas en la microbiota intestinal.

Asimismo, se tratarán dos factores importantes en la producción, enfermedades infecciosas, el crecimiento, así como también mantener la función metabólica y trófica de la microbiota ya que, estas bacterias son capaces de sobrevivir en el aparato digestivo de los animales y proliferarse en el intestino e incrementar resistencia a enfermedades o infecciones. La combinación de probióticos y productos vegetales como estrategia alternativa de control de enfermedades se caracteriza por la mejora del rendimiento del crecimiento, los parámetros hematológicos y bioquímicos, la inmunidad innata y la resistencia a enfermedades (Ringø y Song 2016).

De igual manera ayudarán en el proceso de digestión y absorción de nutrientes para proporcionar energía al organismo, llegando a garantizar una mejora en el uso del alimento, y también, un aumento en el valor nutricional del mismo (Mahecha Baiz 2006). Con el fin, de solucionar los problemas en los que se ve afectado el rendimiento en producción por ataques de enfermedades infecciosas por consiguiente el bajo peso de animales, saliendo de diferentes estadios.

Por otro lado, para poder elevar la capacidad de que un animal mantenga una buena salud, es de suma importancia hacer suministro de prebióticos. Varios estudios realizados han reportado que el uso de probióticos es altamente beneficioso en animales productivos, debido a que fomentan un buen balance microbiano en el tubo digestivo, modulación del sistema inmune, mejora en la absorción de nutrientes, aumento en la digestión (Molina 2019), así como también, ayudan de manera benéfica al hospedero promoviendo la estimulación de crecimiento y la actividad de bacterias en el colon, a su vez, beneficiándolo de una mejora en su salud. Cuando los prebióticos llegan a fermentarse benefician la microbiota intestinal para que el individuo goce de un mejor bienestar. Como objetivo la investigación se planteó: Evaluar el desempeño productivo de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con inclusiones de harina bioestimulada de moringa (*Moringa oleifera*) por medio de la ganancia de peso, índice de conversión alimenticia, biomasa y sobrevivencia.

Materiales y Métodos

Ubicación

El experimento se llevó a cabo entre los meses de abril-mayo del 2021, en la unidad de acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ubicada en el Valle del Yegüare, Honduras a 785 msnm, con una precipitación media de 1100 mm y una temperatura promedio de 24 °C.

Unidades Experimentales

Se usaron nueve tanques de fibra de vidrio de 0.45 m de alto y 1 m de diámetro (0.3 m³). Se colocaron 50 alevines de tilapia roja por tanque, con un peso promedio de 20 g. Cada tanque contó con aireación por difusión para asegurar niveles estables de oxígeno disuelto.

Aclimatación y Transferencia de los Alevines

Previo a la siembra, los peces se pesaron con el uso de una balanza de precisión OHAUS Scout[®] SPX y se aclimataron durante 30 minutos, pasándolos por un baño de sal (0.4 kg de sal en 8 L de agua) por aproximadamente 40 segundos como medida preventiva.

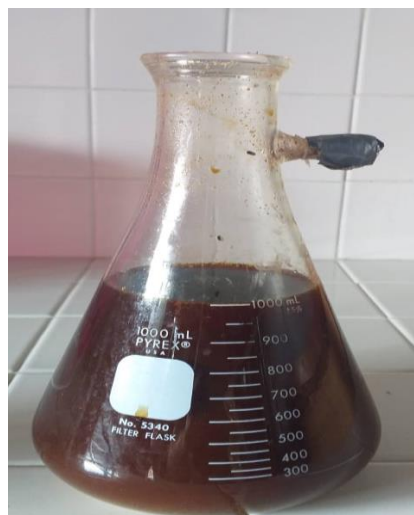
Bioestimulación Líquida/Agua Madre

La bioestimulación líquida o agua madre se produjo en un Erlenmeyer de 1,000 mL de capacidad, donde se agregó 5 g de probiótico (Actigen[®]), 3 g de probiótico (Lactosacc[®]), 1.5 g de enzimas digestivas (Allzyme[®]) y 50 mL de melaza como fuente de energía (carbohidratos) y en menor grado como fuente de compuestos nitrogenados (ácidos aspártico y glutámico, 0.3 a 0.5%). Se aforó con agua hasta llegar a los 1,000 mL (Figura 1), se agitó hasta observar homogeneidad entre los ingredientes. Se procedió a tapar las entradas de aire como objetivo de crear un ambiente anaerobio para que los microorganismos se desarrollaran durante las 24 horas de reposo a temperatura ambiente. El Actigen[®] es un producto que promueve la defensa inmunológica, la salud y desarrollo

intestinal mediante la estimulación selectiva de prebióticos a base de manano oligosacáridos ya que este producto funciona como un suplemento de los microbianos vivos en el tracto. Lactosacc® contiene cultivo de levaduras viables y aporta bacterias ácido-lácticas de alto rendimiento, junto con Allzyme® que provee a la mezcla enzimas digestivas se obtiene una sinergia.

Figura 1

Bioestimulación líquida utilizada en el experimento.



Bioestimulación Sólida

Tras el transcurso de las 24 horas de bioestimulación del agua madre, se procedió agregar a 1 kg de alimento molido con 45% de proteína cruda (PC). Se procedió a permitir la bioestimulación por un período de 24 horas, siempre en condiciones anaeróbicas (Figura 2).

Figura 2

Bioestimulación sólida utilizada en el experimento.



Tratamientos

Se usaron tres tratamientos (Cuadro 1), siendo el primero el control (dieta comercial 100%), el alimento de 45% PC que se usa en la unidad de acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana. En el tratamiento 2 se hizo una sustitución de 10% con harina bioestimulada de moringa y en el tratamiento 3 se hizo una sustitución de 20% con harina bioestimulada de moringa.

Cuadro 1

Tratamientos usados en la prueba de bioestimulación durante el experimento.

Tratamiento	Descripción
Control	Dieta comercial (100%)
Moringa 10%	Dieta comercial (90%) + Harina de Moringa bio-estimulada (10%)
Moringa 20%	Dieta comercial (80%) + Harina de Moringa bio-estimulada (20%)

Alimentación

La cantidad de alimento se suministró en base a la biomasa (Anexo H), siendo los porcentajes recomendables para esta etapa 6%. Se alimentó dos veces por día. El alimento comercial usado fue Alcon de 45% PC y la moringa utilizada fue Bio Nutrition Organic Moringa Leaf Powder. El alimento comercial fue molido para poder tener partículas adecuadas para una correcta alimentación de los alevines durante la etapa de pre-cría.

Variables Medidas

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia permite determinar la eficiencia con que los animales convierten alimento en biomasa, esto se logra dividiendo la cantidad de alimento que se proporcionó entre la biomasa neta según la ecuación 1:

$$ICA = \frac{\text{Alimento suministrado}}{\text{Biomasa neta}} \quad (1)$$

Ganancia de Peso (g/pez)

La ganancia de peso por pez permite determinar cuántos gramos de peso ganó cada animal desde la siembra hasta la cosecha, restando el peso final menos el peso inicial. Calculado usando la ecuación 2:

$$\text{Ganancia de Peso} = \text{Peso final promedio} - \text{peso inicial promedio} \quad (2)$$

Biomasa (g)

Es la masa biológica de un organismo o de una población de organismos; es la suma del peso de todos los organismos en un determinado lugar, calculado según la ecuación 3:

$$\text{Biomasa} = (\# \text{ de peces por tanque})(\text{peso promedio}) \quad (3)$$

Sobrevivencia (%)

Esta variable indica el porcentaje de animales que sobrevivió a lo largo de todo el ensayo y se obtiene de la división de los peces cosechados entre los peces sembrados multiplicado por 100, según la ecuación 4:

$$\text{Sobrevivencia} = 100 \times (\text{peces cosechados} \div \text{peces sembrados}) \quad (4)$$

Calidad de Agua

La calidad de agua está determinada por propiedades físicas, químicas y su interacción con los organismos acuáticos que nos permite evaluar las condiciones del agua.

A lo largo del experimento, la calidad de agua se monitoreó dos veces por día, durante todos los días en cada una de las unidades experimentales. Los parámetros de calidad de agua medidos fueron: amonio (mg/L), temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L).

Amonio (mg/L)

El amonio es una variable que se determina como producto de la excreción de los organismos acuáticos, descomposición de materia orgánica y alimento no consumido. El amonio se midió usando el kit de colorimetría "API® Ammonia NH₃/NH₄⁺ Test Kit". Para la lectura de los resultados del análisis se realizó una comparación del color obtenido en la solución con la tarjeta de color de amoniac de agua dulce que indica la concentración de amonio en mg/L de la muestra de agua.

Altos niveles de amonio en el agua pueden dañar el sistema inmunológico de los peces y aumentan las posibilidades de enfermedades que puede bajar significativamente los niveles de producción. Su toxicidad aumenta cuando las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyen y el pH aumenta.

Temperatura (°C)

Variable que se expresa en grados Celsius. Se midió esta variable durante la alimentación en ambas jornadas a.m. y p.m. utilizando un termómetro digital para acuario "Zacro" (Anexo B).

Oxígeno (mg/L)

Expresa la concentración y disponibilidad de oxígeno disuelto en las unidades experimentales. Este parámetro se tomó con el medidor polarográfico de oxígeno disuelto "Milwaukee MW600", diariamente durante ambas jornadas.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) contando con tres tratamientos y tres repeticiones con un total de nueve unidades experimentales. Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) ($P \leq 0.05$) mediante el programa JMP 16.0.

Resultados y Discusión

Índice de Conversión Alimenticia

Según Fry et al. (2018) es la medida más utilizada y se obtiene del peso del alimento suministrado a un animal entre el peso ganado. Según esta medida, se sabe que los animales acuícolas son eficientes en la conversión de pienso a biomasa animal en comparación con animales terrestres. Éste, es un parámetro que ayuda a evaluar la eficiencia de los tratamientos en relación con la dieta suministrada a los animales y la capacidad que estos tienen en convertir el alimento a biomasa.

En un experimento realizado por Madalla et al. (2013), se evaluó la efectividad de la harina de hoja de moringa como sustitución de proteína en la alimentación para tilapia del Nilo, en su experimento se pudo observar una mejora en la tasa de conversión alimenticia debido a que la harina de la hoja de moringa presentó una alta digestibilidad para la proteína y energía.

Contrario al presente experimento donde se observó que no hubo diferencia ($P > 0.05$) por tratamiento (Cuadro 2). Saavedra Martínez (2006), menciona que este factor puede variar dependiendo de la edad del pez, a medida el pez aumenta su edad, el índice de conversión alimenticia aumenta lentamente hasta que el pez alcanza su peso máximo y deja de crecer.

Cuadro 2

Comparación de los índices de conversión alimenticia entre tratamientos al final del experimento.

Tratamiento	Muestreo Final
Control	5.19 ± 4.16
Moringa 10%	6.07 ± 1.93
Moringa 20%	2.11 ± 2.16
Probabilidad	0.11

Ganancia de Peso (g/pez)

Siendo ganancia de peso uno de los parámetros más importantes a tomar en consideración en el desarrollo de la producción acuícola. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en ganancia de peso (Cuadro 3). Este comportamiento similar en el parámetro de ganancia de peso se debe a que factores como la disminución de oxígeno disuelto, actividades de respiración y alimentación afectan en la disminución de crecimiento y se incrementan las probabilidades de estresores como las enfermedades.

Según Tsadik y Kutty (1987), la eficiencia de asimilación de nutrientes se reduce cuando los niveles de oxígeno disuelto disminuyen, afirmando que los peces no son capaces de asimilar los nutrientes del alimento correctamente cuando los niveles de oxígeno disuelto se encuentran bajos y obtuvieron peces en donde la ganancia de peso no mostró diferencias. . Los resultados del presente estudio difieren de Córdova Palacios y Millan Ollague 2020 quienes, en un estudio similar, obtuvieron diferencias significativas entre un tratamiento bioestimulado (semolina de arroz) y una dieta control.

Cuadro 3

Comparación de ganancia de peso por pez entre tratamientos.

Tratamientos	Muestreo			
	1	2	3	4
Control	1.06 ± 0.44	0.73 ± 0.22	1.05 ± 0.52	2.89 ± 1.45
Moringa 10%	1.68 ± 0.44	1.28 ± 0.68	1.67 ± 1.53	2.88 ± 0.79
Moringa 20%	1.00 ± 0.44	0.68 ± 0.36	1.29 ± 0.70	2.33 ± 1.37
Probabilidad	0.51	0.28	0.76	0.82

Biomasa (g)

La biomasa también uno de los parámetros más importantes a tomar en consideración en el desarrollo de la producción acuícola. Se observó el mismo patrón de ganancia de biomasa por tratamiento a lo largo del desarrollo del ensayo, sin diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$) (Cuadro 4). Según McGinty (1991) existe una relación directa entre la densidad de siembra y la ganancia de biomasa, siendo la baja densidad usada en este ensayo un factor determinante. Esto lo confirman Córdova Palacios y Millan Ollague (2020) quienes obtuvieron una diferencia en biomasa usando mayores densidades.

Cuadro 4

Comparación de los índices de biomasa entre tratamientos con los diferentes reemplazos de aporte proteico.

Tratamientos	Muestreo			
	1	2	3	4
Control	919.5 ± 55.9	951.6 ± 63.1	820.1 ± 218.0	818.6 ± 101.3
Moringa 10%	716.9 ± 80.8	723.1 ± 140.7	635.7 ± 121.4	665.1 ± 138.4
Moringa 20%	859.5 ± 217.9	870.9 ± 234.3	793.8 ± 300.7	696.5 ± 85.4
Probabilidad	0.24	0.28	0.58	0.27

Sobrevivencia (%)

Los resultados mostraron que no hubo diferencia ($P > 0.05$); según Ornelas-Luna et al. (2017) la sobrevivencia puede verse afectada por diversos criterios como ser los recambios de agua, la alimentación, desde el tipo de alimento suministrado hasta la técnica de alimentación. Este puede verse afectado también por diversos factores abióticos (factores no vivos) y bióticos (factores vivos).

En este experimento se pueden citar otros factores externos bióticos, como ser la presencia de animales depredadores, también se tuvieron fallas en el sistema de oxígeno en altas horas de la madrugada, debido a esto se obtuvo porcentajes de mortalidad altos.

Cuadro 5

Comparación de los índices de sobrevivencia entre tratamiento durante el experimento.

Tratamiento	Muestra			
	1	2	3	4
Control	86.66 ± 5.0	100 ± 0	84.66 ± 16.0	89.33 ± 18.5
Moringa 10%	69.33 ± 9.5	98.66 ± 2.3	87.33 ± 9.9	96.00 ± 6.9
Moringa 20%	80.66 ± 19.0	98.66 ± 2.3	89.33 ± 12.2	85.33 ± 25.4
Probabilidad	0.30	0.62	0.90	0.78

Parámetros de Calidad de Agua

Amonio (mg/L)

Según la investigación realizada por Rodríguez Gómez y Anzola Escobar (2001), los niveles de amonio que tiene la tilapia debe de estar por debajo de 0.5 mg/L. Se registró un valor promedio de 1 mg/L durante el experimento (Cuadro 6), estando los animales en rangos mayores a los establecidos llegando afectar de manera negativa la alimentación, ingesta y crecimiento de los alevines (Mjoun et al. 2010).

Temperatura (°C)

Durante el experimento se registraron temperaturas de 26.9 °C como mínimo y 37.4 °C como máximo (Cuadro 6), esto coincide con los datos ganancia de peso, ICA y sobrevivencia ya que según Luchini (2006), temperaturas por encima de los 32 °C afectan el apetito, bajando el consumo de alimento junto con su crecimiento, afectando su sistema inmunológico ya que se suprime y son altamente susceptibles a enfermedades.

El rango óptimo que debe de tener el cultivo de la tilapia es de 25-30 °C (Saavedra Martínez 2006), cuando la temperatura aumenta o baja drásticamente los peces llegan a sufrir choques térmicos por lo tanto dejan de comer, incluso muriendo en casos drásticos. Cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno (Saavedra Martínez 2006).

Oxígeno (mg/L)

Durante la realización del experimento se registraron datos promedio de concentración de oxígeno, concentración de amonio y temperatura (Cuadro 6). Datos importantes para el manejo de la calidad del agua y toma de decisiones, ya que bajas concentraciones de oxígeno infieren en la calidad de vida del animal, reflejándose en cuadros de estrés térmico y respiratorio, por lo cual dejan de alimentarse. La concentración de oxígeno es crítica para la producción óptima del cultivo de tilapia, los valores convenientes son mayores a 2 o 3 mg/L (Saavedra Martínez 2006).

Cuadro 6

Parámetros de calidad del agua durante el experimento.

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo
Amonio (mg/L)	1.0	0.5	4
Temperatura (°C)	30.3	24	37.4
Oxígeno (mg/L)	6.3	0.7	9

Nota. Parámetros tomados en horas de la mañana y tarde.

Según el cuadro 6 la temperatura y la concentración de amonio reflejan un patrón de comportamiento paralelo, ya que aumentos de temperatura propician el aumento de la concentración de amonio. Mientras que la temperatura y la concentración de oxígeno reflejan un comportamiento inverso, dado que en temperaturas mayores a 30 °C la concentración de oxígeno tiende a bajar. Bajas de oxígeno en el agua infieren en su calidad, los peces tendrán que subir hasta la superficie en busca de oxigenación. Así mismo la concentración de amonio y concentración de oxígeno muestran un comportamiento inverso, a mayor concentración de amonio, menor concentración de oxígeno.

Conclusiones

Se demostró que utilizar harina de moringa afecta los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.

Se demostró que la moringa al tener menores porcentajes de proteína reporto valores similares al concentrado convencional.

Recomendaciones

Se recomienda repetir el experimento utilizando porcentajes de sustitución proteica menores y con animales de mayor peso y analizando las mismas variables.

Utilizar moringa bioestimulada en estanques con suelo y ver sus efectos en los parámetros productivos.

Realizar el análisis económico de la sustitución de harina de moringa (*Moringa oleifera*) por el alimento convencional.

Se recomienda agregar un aglutinante en la moringa bioestimulada.

Referencias

- Córdova Palacios NV, Millan Ollague JE. 2020. Desempeño productivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) con la inclusión de dos fuentes proteicas bioestimuladas [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 19 p; [consultado el 23 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6835/1/CPA-2020-T036.pdf>.
- Foidl N, Mayorga L, Vásquez W. 1998. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. Managua, Nicaragua: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; [consultado el 2 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm>.
- Fry JP, Mailloux NA, Love DC, Milli MC, Cao L. 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? *Environmental Research Letters*. 13(2):1–8. doi:10.1088/1748-9326/aaa273.
- Grau de Marín C, Marval H, Zerpa de Marcano A. 2007. Utilización de la harina de pescado en la formulación de alimentos para crecimiento y engorde animal. [sin lugar]: Centro de investigaciones Agrícolas de los Estados Sucre y Nueva Esparta. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/49-harina_pescado.pdf.
- López E, Cisneros S, Ochoa J. 2016. Procesos de bioestimulación para la remediación de suelos agrícolas contaminados con tebuconazol y λ -cialotrina. *Revista de Simulación y Laboratorio*; [consultado el 2 de jun. de 2021]. 3(8):1–9. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol3num8/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V3_N8_1.pdf.
- Luchini L. 2006. Tilapia: Su cultivo y sistema de producción. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 16 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/2TPMbtB>.
- Madalla N, Agbo N, Jauncey K. 2013. Evaluation of aqueous extracted moringa leaf meal as a protein source for Nile Tilapia juveniles. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences*. 12(1):53–64. https://www.researchgate.net/publication/296678720_Evaluation_of_aqueous_extracted_moringa_leaf_meal_as_a_protein_source_for_Nile_Tilapia_juveniles.
- McGinty AS. 1991. Tilapia Production in Cages: Effects of Cage Size and Number of Noncaged Fish. *The Progressive Fish-Culturist*. 53(4):246–249. doi:10.1577/1548-8640(1991)053%3C0246:IPICEO%3E2.3.CO;2.
- Mjoun K, Rosentrater K, Brown ML. 2010. TILAPIA: Environmental Biology and Nutritional Requirements. [place unknown]: South Dakota State University; [accessed 2021 May 6]. http://openprairie.sdstate.edu/extension_fact/164?utm_source=openprairie.sdstate.edu%2Fextension_fact%2F164&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- Molina A. 2019. Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana*; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 30(2):601–611. es. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/437/43759027020/html/index.html>.

- Ornelas-Luna R, Aguilar-Palomino B, Hernández-Díaz A, Hinojosa-Larios JÁ, Godínez-Siordia DE. 2017. Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*; [consultado el 7 de jun. de 2021]. 27(5):19–25. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41653410003.pdf>. doi:10.15174/au.2017.1231.
- Pérez A, Sánchez T, Armengol N, Reyes F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*; [consultado el 22 de jun. de 2021]. 33(4):1–16. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v33n4/pyf01410.pdf>.
- Peters RR, Rodríguez de H S, Hernández R JL, Mejías Y DA, León N AE. 2004. Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis* sp. *Ciencia*; [consultado el 2 de may. de 2021]. 12(1):13–24. http://www.revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/cienc/v12n1/art_02.pdf.
- Ringø E, Song SK. 2016. Application of dietary supplements (synbiotics and probiotics in combination with plant products and β -glucans) in aquaculture. *Aquaculture Nutrition*. 22(1):4–24. doi:10.1111/anu.12349.
- Rivas-Vega ME, López-Pereira JL, Miranda-Baeza A, Sandoval-Muy MI. 2015. Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *BIOtecnia*; [consultado el 2 de may. de 2021]. 14(2):3. <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotecnia/2012/vol14/no2/1.pdf>. doi:10.18633/bt.v14i2.117.
- Rodríguez Gómez H, Anzola Escobar E. 2001. La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura. En: Rodríguez Gómez H, Victoria Daza P, Carrillo Avila M, editores. *Fundamentos de acuicultura continental*. 2ª ed. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). p. 43–72 (Fundamentos; vol. 1); [consultado el 16 de jun. de 2021]. <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34940/27467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Saavedra Martínez MA. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua: USAID. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADK649.pdf.
- Trees for Life. 2005. *Tiny Leaves: Enormous benefits*. Estados Unidos: [sin editorial]; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 20 p. https://treesforlife.org/sites/default/files/documents/English%20moringa_book_view.pdf.
- Tsadik GG, Kutty MN. 1987. Influence of Ambient Oxygen on Feeding and Growth of the Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). Nigeria: [sin editorial]; [actualizado el 3 de dic. de 2016; consultado el 22 de jun. de 2021]. https://www.researchgate.net/publication/38994179_Influence_of_Ambient_Oxygen_on_Feeding_and_Growth_of_the_Tilapia_Oreochromis_niloticus_Linnaeus. <https://bit.ly/3qwV0ER>

Anexos

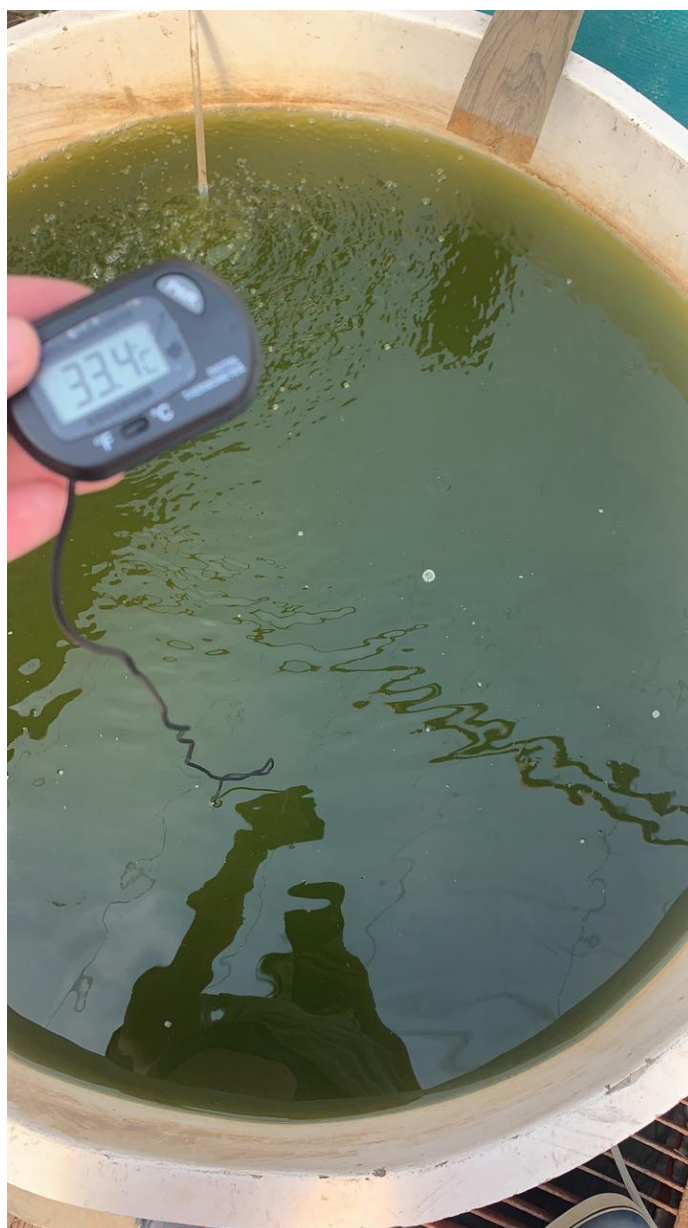
Anexo A

Ejemplar de tilapia para la siembra.



Anexo B

Toma de temperatura durante el experimento.



Anexo C

Unidades experimentales utilizadas durante el experimento.



Anexo D

Muestreo final.



Anexo E

Composición química de la hoja de moringa (Moringa oleifera) deshidratada y molida.

Indicador	Hojas	Tallos	Hojas y Tallos
Materia Seca (%)	89.60	88.87	89.66
Proteína (%)	24.99	11.22	21.00
Extracto etéreo (%)	4.62	2.05	4.05
Fibra Cruda (%)	23.60	41.90	33.52
Ceniza (%)	10.42	11.38	10.18
Extracto no nitrogenado (%)	36.37	33.45	21.25
Energía digestible (Mcal/kg MS)	2.81	1.99	2.43
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2.30	1.63	1.99

Nota. Tomado de (Pérez et al. 2010)

Anexo F*Contenido de Aminoácidos de la hoja de moringa (Moringa oleifera)*

	Hojas Frescas	Hojas Secas
Arginina	406.6 mg	1,325 mg
Histidina	149.8 mg	613 mg
Isoleucina	299.6 mg	825 mg
Leucina	492.2 mg	1,950 mg
Lisina	342.4 mg	1,325 mg
Metionina	117.7 mg	350 mg
Fenilalanina	310.3 mg	1,388 mg
Treonina	117.7 mg	1,188 mg
Triptófano	107.0 mg	425 mg
Valina	374.5 mg	1,063 mg

Nota. Tomado de (Tree for Life 2005)

Anexo G

Contenido de nutrientes de la hoja de moringa (Moringa oleifera).

	Hojas Frescas	Hojas Secas
Caroteno (Vit. A)	6.78 mg	18.9 mg
Tiamina (B1)	0.06 mg	2.64 mg
Riboflavina (B2)	0.05 mg	20.5 mg
Niacina (B3)	0.8 mg	8.2 mg
Vitamina C	220 mg	17.3 mg
Calcio	440 mg	2,003 mg
Calorías	92 cal	205 cal
Carbohidratos	12.5 g	38.2 g
Cobre	0.07 mg	0.57 mg
Grasa	1.70 g	2.3 g
Fibra	0.90 g	19.2 g
Hierro	0.85 mg	28.2 mg
Magnesio	42 mg	368 mg
Fósforo	70 mg	204 mg
Potasio	259 mg	1,324 mg
Proteína	6.70 g	27.1 g
Zinc	0.16 mg	3.29 mg

Nota. Tomado de (Tree for Life 2005)

Anexo H

Programa de alimentación para tilapia, Perfil comercial.

PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN PARA TILAPIA, PERFIL COMERCIAL									
"La Distancia Más Corta al Mercado"									
Guía de Alimentación por Etapa de Crecimiento									
Programa Alimentación		Etapa de Vida	Peso del Pez	Tasa de Alimentación		Raciones por día	Crecimiento g/día	Conversión Acumulada	Días de Cultivo
Alimento	Partícula		gramos	%Peso Vivo	Libras/mil peces				
Tilapia 45%	L-0	Reversión	0.01 - 0.8	avoluntad		8			8
Tilapia 45%	L-1	Pre-cría	1.0 - 5.0	13.0%	0.86	8	0.5	0.66	19
Tilapia 45%	L-2	Pre-cría	5.0 - 10.0	8.0%	1.32	6	0.5	0.96	28
Tilapia 45%	L-2	Pre-cría	10.0 - 15.0	7.0%	1.93	6	0.6	1.16	41
Tilapia 45%	L-3	Pre-cría	15.0 - 25.0	6.0%	2.64	6	0.7	1.34	55
T-38% Starter	E-0	Inicio	25.0 - 40.0	6.0%	3.58	4	1.1	1.39	69
T-38% Starter	E-0	Inicio	40.0 - 60.0	4.0%	4.41	4	1.4	1.4	82
T-38% Starter	E-0	Inicio	60.0 - 80.0	3.0%	4.63	4	1.6	1.38	95
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	80.0 - 100.0	2.8%	5.5	3	1.5	1.44	138
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	100.0 - 200.0	2.3%	7.6	3	2.3	1.46	167
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	200.0 - 300.0	2.0%	11.01	3	3.4	1.46	195
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	300.0 - 400.0	1.8%	13.88	3	3.7	1.53	220
T-28% Finisher	E-2	Engorde	400.0 - 500.0	1.7%	16.85	3	4	1.60	242
T-28% Finisher	E-2	Engorde	500.0 - 600.0	1.6%	19.38	3	4.5	1.67	263
T-28% Finisher	E-2	Engorde	600.0 - 700.0	1.6%	22.19	3	4.8	1.73	281
T-28% Finisher	E-2	Engorde	700.0 - 800.0	1.5%	24.78	3	5.6	1.77	
T-24% Harvest	E-2	Cosecha o Mantenimiento		1.5%		3	2.5		

