

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



Proyecto Especial de Graduación

**Efecto de la suplementación de *Lemna minor* a la dieta de alevines de tilapia
(*Oreochromis sp.*) en parámetros productivos y calidad de agua**

Estudiantes

Oscar David Oliva Lemus

Hector Gaspar Palacios Cruz

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Maria Fernanda Oyuela, M.Sc.

Honduras, Agosto 2023

Autoridades

SERGIO RODRIGUEZ ROYO

Rector

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.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	10
Calidad de Agua y Variables <i>In Situ</i>	12
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	13
Mortalidad	13
Resultados y Discusión.....	14
Ganancia Diaria de Peso (GDP)	14
Peso Promedio Final	15
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	16
Sobrevivencia.....	17
Calidad de Agua	17
Temperatura	18
Oxígeno Disuelto (OD)	18
Amonio.....	18
pH.....	19
Nitritos	19
Nitratos	19
Conclusiones	21
Recomendaciones.....	22
Referencias.....	23

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Definición de los tratamientos utilizados en la etapa de pre-engorde (alevín) para la especie de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>).....	12
Cuadro 2 Análisis de tratamientos para la variable de biomasa en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).	14
Cuadro 3 Análisis de tratamientos para la variable de ganancia diaria de peso en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).....	15
Cuadro 4 Análisis de tratamientos para la variable de peso promedio final en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).....	16
Cuadro 5 Análisis de tratamientos para la variable de índice de conversión alimenticia en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).	16
Cuadro 6 Análisis de tratamientos para la variable de sobrevivencia en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).	17
Cuadro 7 Análisis de tratamientos para la variable de calidad de agua en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).....	20

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la planta acuática *Lemna minor* como suplementación en la etapa de pre-engorde para la especie *Oreochromis* sp. asimismo, su efecto sobre la calidad de agua. Un total de 300 alevines de la especie *Oreochromis* sp. con un peso promedio de 0.56 g a siembra se distribuyeron de forma aleatoria en tres tratamientos, y cuatro repeticiones por tratamiento, resultando un total de 25 alevines por repetición. El primer tratamiento denominado control, consistió en alimento concentrado comercial de la marca Alcon al 45% de proteína cruda (PC). El segundo tratamiento consistió en alimento concentrado de la marca Alcon al 45% PC con la adición de 20 g/m³ de *Lemna minor* al tanque sin limitaciones de crecimiento para la planta. El tercer tratamiento consistió en alimento concentrado de la marca Alcon al 45% PC y la implementación de 20 g/m³ de *Lemna minor* como suplemento con limitación de crecimiento para la planta, utilizando cuadros de PVC de 0.25 m² como limitante. Para las variables productivas de biomasa final, peso promedio final por alevín, ganancia diaria de peso y sobrevivencia no se obtuvieron diferencias. Sin embargo, para la variable de Índice de conversión alimenticia si se obtuvieron diferencias significativas, siendo la *Lemna* limitada, la que obtuvo un mejor valor en comparación con la dieta comercial, con un ICA de 2.88. En cuanto a los parámetros de calidad de agua, se observaron para el tratamiento de *Lemna* limitada diferencias para las variables amonio y nitritos (0.0469 mg/L y 0.0156 mg/L), resultando en el mejor nivel para dichos parámetros en comparación con el tratamiento control. Debido a lo antes mencionado, se recomienda la implementación de *Lemna minor* para mejorar los parámetros fisicoquímicos del agua.

Palabras clave: Acuicultura, macroalga, parámetros, producción.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of the aquatic plant *Lemna minor* as a supplementation in the pre-fattening stage for the species *Oreochromis* sp. and its effect on water quality. A total of 300 fry of the species *Oreochromis* sp. with an average weight of 0.56 g at stocking were randomly distributed in three treatments and four replicates per treatment, resulting in a total of 25 fry per replicate. The first treatment, called control, consisted of Alcon commercial feed with 45% crude protein (CP). The second treatment consisted of Alcon feed concentrate at 45% CP with the addition of 20 g/m³ of *Lemna minor* to the tank without growth limitations for the plant. The third treatment consisted of Alcon 45% CP concentrate feed and the addition of 20 g/m³ of *Lemna minor* as a supplement with spatial limitation for the plant, using 0.25 m² PVC squares as a limiting factor. For the productive variables of final biomass, final average weight per fry, daily weight gain and survival, no differences were observed. However, for the feed conversion ratio, differences were observed, the best result being obtained by *Lemna* with spatial limitation, with an FCR of 2.88. Regarding water quality parameters, differences were observed for ammonium and nitrite variables (0.0469 mg/L and 0.0156 mg/L) for the spatially limited *Lemna* treatment, resulting in the best level for these parameters compared to the control treatment. Due to the aforementioned, the implementation of *Lemna minor* is recommended to improve the physicochemical parameters of the water.

Keywords: Aquaculture, macroalgae, parameters, production.

Introducción

Hoy en día con el crecimiento exponencial de la población, el alimentar a esta gran cantidad de personas resulta una tarea cada vez más complicada. La acuicultura es una actividad económica importante en la agricultura. Esta se ha convertido en una fuente muy importante para el abastecimiento de la demanda de alimentos. En 2020, la producción acuícola mundial alcanzó un récord de 122.6 millones de toneladas, con un valor total de 281,500 millones de USD (FAO 2022). Esto representa una importante cifra en el aporte tanto de alimentación como de la economía a nivel mundial. Cabe destacar que la producción acuícola no solo tiene como fin suministrar alimento tanto para la población como para los animales. Sino que también tiene un importante valor en otros mercados, como ser: medicinal, ornamental, y joyería (Galvan y Melo 2022).

En la actualidad hay diferentes especies acuáticas en producción para abastecer la demanda alimenticia de la población. La tilapia (*Oreochromis* sp.) es considerada una de las especies más importantes en la producción acuícola al ser omnívora con la capacidad de alimentarse de diversos compuestos como zooplancton así mismo su capacidad de reproducción y adaptación es excelente. El rendimiento en canal de la tilapia ha demostrado que esta especie es una excelente opción para producir proteína animal (Toledo y García 2000). La producción de tilapia se puede realizar en sistemas intensivos, semi intensivos o extensivos. Esta especie se puede cultivar en diferentes estructuras, desde estanques de tierra, piscinas circulares de geomembrana o usando jaulas. Según Luchini (2006) las estructuras por utilizar serán determinadas por el sistema de producción a implementar y la capacidad de adquisición del productor.

Una producción de tilapia eficiente se determina en base a los costos de producción tomando en cuenta variables como el sistema de producción a utilizar y el tipo de estructura a implementar. Sin embargo, uno de los principales costos de producción al momento de establecer una producción acuícola es la alimentación, llegando a representar hasta el 60% de los costos (Bhujel 2002). Debido a esto la búsqueda de alternativas alimenticias que puedan sustituir las materias primas con costos elevados, cada vez se está incrementando, los acuicultores buscan reducir sus costos de producción

para obtener mayores ingresos y llevar adelante sus empresas. Sin embargo, muchas veces sustituir estas materias primas no es una opción viable ya que la disponibilidad es poca y la calidad del alimento se ve afectada ya que no ofrece lo necesario para la alimentación de los animales. Por lo que muchos productores han implementado la suplementación alimenticia a las dietas por medio de otras fuentes como plantas o subproductos agrícolas (Moreno Ortiz 2021).

Otra variable de alta importancia que se debe considerar cuando se quiere establecer una producción acuícola es el recurso hídrico. El agua juega un papel muy importante en la eficiencia y la calidad de la producción. Esto se debe a que este es el medio de cultivo donde se desarrollan los organismos acuáticos, lo que quiere decir que si falla la calidad de esta los organismos lo van a padecer. Para asegurarse de mantener una buena calidad de agua es necesario conocer diferentes parámetros que la indican. Los parámetros que se toman en cuenta para determinar la calidad del agua son químicos físicos y biológicos (Gutiérrez et al. 2018).

En la actualidad existen pruebas para medir estos diferentes parámetros, y de esta manera obtener una información precisa del afluente. Es importante monitorear aspectos de calidad de agua como pueden ser amonio, pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitritos y/o nitratos, ya que los contaminantes provienen de diferentes prácticas humanas que afectan la calidad del agua por lo que las actividades y organismos dependen de ella (Pérez-López 2016). Debido a que los parámetros del agua fluctúan según los diferentes horarios del día, una de las alternativas que se utilizan en la actualidad es el uso de organismos acuáticos con el fin de mejorar la calidad de agua (Briones Pérez et al. 2017).

Las plantas acuáticas son consideradas parte de los ecosistemas acuáticos en el cual muchas de ellas proveen importantes beneficios para los organismos como ser fuentes de alimento, hábitat y mejoramiento de calidad de agua. Una de estas alternativas que sea ha descubierto últimamente ha sido la lenteja de agua (*Lemna minor* L.) esta es una planta que crece de 2 a 4 mm de largo y 2 mm de ancho. La reproducción de esta planta es asexual, por lo cual su capacidad de desarrollo y reproducción en el agua es acelerada y eficiente, además cuenta con la importante característica de

adaptación climática, desarrollándose en hábitats con temperaturas que van desde los 5 a los 30 °C (Arroyave 2004). Asimismo, *Lemna minor* L. o Lenteja de agua es una de las plantas acuáticas que ha demostrado un gran aporte para los ecosistemas acuáticos debido a su aporte proteico que fluctúa desde un 38% a un 41%. De igual manera esta es reconocida por ser una planta acuática con el potencial de mejorar calidad de agua a través del consumo del amonio presente en el ecosistema acuático en el que se encuentra y su capacidad de asimilar metales (Zetina Córdoba et al. 2010).

La lenteja de agua ha presentado un nivel económico importante tanto en la acuicultura como en otras producciones animales siendo esta planta utilizada para uso alimenticio debido a que presenta un nivel de proteína alto que ha llegado a sustituir otras fuentes de proteína de origen vegetal como lo es la soya en diferentes dietas animales tanto en la acuicultura como en la producción animal (Ponce Palafox et al. 2005). Se ha utilizado *Lemna minor* L. de diferentes maneras ya sea como harina o como alimento fresco para la producción acuícola posicionándose como una alternativa alimenticia o suplementación importante por su aporte proteico otorgándole un importante nivel económico en la industria acuícola.

El presente estudio tuvo como objetivo general evaluar el efecto de la planta acuática *Lemna minor* como suplementación en la etapa de pre-engorde para la tilapia *Oreochromis* sp. así como su efecto sobre la calidad de agua.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer”, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, ubicada en el valle del Río Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 30 km del este de la ciudad de Tegucigalpa a una altitud de 800 msnm con una precipitación promedio anual de 1,100 mm con mayor incidencia entre los meses de junio y octubre, y con una temperatura aproximada de 26 °C.

Diseño del Experimento

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con muestras repetidas en el tiempo. El experimento fue desarrollado dentro del invernadero de la unidad de Acuicultura, donde se colocaron 12 tanques de 0.3 m³ suministrados con aireación las 24 horas por medio de un blower regenerativo marca “Hurricane” con una potencia de tres caballos de fuerza. Dicha aireación fue suministrada a través de tubería PVC, finalización su distribución y regulación a través de válvulas de bronce especiales para aireación y mangueras con piedras difusoras ubicadas en los tanques. Cada tanque representó una unidad experimental.

Lemna minor

La planta de agua lemna minor se obtuvo en la unidad de acuicultura, específicamente en el estanque uno. Luego fue recolectada con la ayuda de una red de mano para posteriormente ser reproducida durante dos semanas en tanques de 0.3 m³. Posteriormente fue debidamente pesada y colocada en las unidades experimentales.

Tanques

Se utilizaron 12 tanques circulares de plástico con una capacidad de 100 L cada uno y una capacidad total de 0.1 m³. Fueron debidamente inspeccionados y arreglados para la siembra de los alevines. Adicionalmente los tanque fueron colocados dentro del invernadero de la unidad y llenados con agua proveniente de la laguna perteneciente a la unidad.

Siembra de los Alevines

Se transportaron 300 alevines obtenidos en el sector de Lago de Yojoa con un peso promedio a siembra de 0.56 g, los cuales fueron distribuidos uniformemente en 12 tanques. Durante la siembra se realizó un baño de sal por 30 segundos para prevenir la aparición de enfermedades que puedan afectar a los animales durante la manipulación.

Tratamientos

El primer tratamiento denominado control, fue suministrado únicamente con alimento concentrado comercial de la marca Alcon con un contenido de 45% de proteína cruda (PC). El segundo tratamiento fue suministrado con alimento concentrado al 45% PC y la adición de 20 g/m³ de *Lemna minor* al tanque sin limitaciones de crecimiento para la planta. El tercer tratamiento fue suministrado con alimento concentrado al 45% PC y el uso de 20 g/m³ de *Lemna minor* como suplemento con limitación de crecimiento para la planta, utilizando cuadros de PVC de 0.25 m² como limitante

Alimento

Durante el día 1 hasta el día 28, se utilizó un el balanceado comercial con 45% PC de la marca Alcon el cual fue procesado a través de molienda con el objetivo de ofrecer al alevín una partícula adecuada a su tamaño y mejorar así el aprovechamiento, adicionalmente mejorar el consumo y disminuir el desperdicio de alimento. Posteriormente, el ofrecimiento del alimento con 45% PC se realizó en forma de pellet de acuerdo con el cambio en el peso de los alevines. La ración suministrada fue calculada en relación con la biomasa de los organismos, realizando ajustes cada siete días a través del muestreo de los animales. La ración total diaria se ofreció en ocho jornadas, alimentando cuatro veces por la mañana y cuatro veces por la tarde.

Se utilizó como suplemento en dos tratamientos la planta acuática *Lemna minor L.* con un porcentaje de proteína que oscila entre 38% a 41%. Dicho suplemento se sembró en las unidades experimentales utilizando una densidad de 20 g/m³.

Cuadro 1

Definición de los tratamientos utilizados en la etapa de pre-engorde (alevín) para la especie de tilapia roja (Oreochromis sp.)

Tratamiento	Descripción
Control	Dieta comercial Alcon 45% PC
Tratamiento 1	Dieta comercial Alcon 45% PC + <i>Lemna</i> 20 g/m ³ sin limitaciones
Tratamiento 2	Dieta comercial Alcon 45% PC + <i>Lemna</i> 20 g/m ³ con limitaciones

Calidad de Agua y Variables *In Situ*

Se realizaron muestreos dos días a la semana durante cuatro semanas para evaluar la calidad de agua tomando las siguientes variables: oxígeno disuelto (OD; mg/L) y temperatura (°C). Adicionalmente, se tomaron in situ muestras de agua de cada tanque y posteriormente analizadas en el laboratorio de calidad de agua de la unidad de Acuicultura, para la evaluación de las variables de amoníaco (NH₃; mg/L), amonio (NH₄⁺; mg/L), nitritos (NO₂⁻; mg/L), nitratos (NO₃⁻; mg/L) y pH.

Muestreo de Peces y Ganancia de Peso

Durante el experimento se realizaron cuatro muestreos de peso. El muestreo se realizó cada siete días. Para determinar la ganancia de peso que obtuvieron los animales desde su siembra hasta el final del experimento, se utilizó la fórmula 1 de ganancia de biomasa que consiste en la diferencia de biomasa final y biomasa inicial del lote total de animales por cada tanque, utilizando las unidades de gramos.

$$Biomasa = Biomasa\ final - biomasa\ inicial \quad [1]$$

En cuanto a la obtención de peso promedio final se obtuvo mediante la diferencia de la biomasa final y la biomasa inicial entre la cantidad de animales que sobrevivieron (fórmula 2):

$$Promedio\ de\ peso\ ganado = \frac{Biomasa\ final - biomasa\ inicial}{N^{\circ}\ de\ animales} \quad [2]$$

Para determinar la ganancia diaria de peso se restó el peso promedio final menos peso promedio inicial, dicho resultado se dividió entre la cantidad de días en los que se llevó a cabo el experimento (fórmula 3).

$$Ganancia\ Diaria\ de\ Peso\ (GDP) = \frac{Peso\ Final - Peso\ Inicial}{Edad\ (días)} \quad [3]$$

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia es la capacidad que tiene el animal de aprovechar y convertir el alimento suministrado en biomasa. Para calcularlo se realizó la resta entre el peso final y el peso inicial para luego dividirlo entre el alimento suministrado (fórmula 4):

$$ICA = \frac{Alimento\ suministrado}{Peso\ Final - Peso\ Inicial} \quad [4]$$

Mortalidad

Se calculó el porcentaje de mortalidad por medio de la siguiente fórmula peces cosechados, entre peces sembrados y el resultado multiplicado por cien con la finalidad de obtener un porcentaje (fórmula 5):

$$Sobrevivencia\ (\%) = \frac{Peces\ cosechados}{Peces\ sembrados} \times 100 \quad [5]$$

Resultados y Discusión

Biomasa

En el Cuadro 2 se puede observar la variable evaluada de biomasa final, donde no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos estudiados. A diferencia del estudio realizado por Chenn y Cheng 2011, como se citó en Chamorro Usca (2011), quienes mencionan que al utilizar *Lemna minor* fresca como único ingrediente en la alimentación en un 100% de inclusión en tilapia y carpa india, se obtuvo una reducción de costos de procesamiento y crianza, lo que demostró que los peces satisfacen sus necesidades en estanques solo con este alimento. Por otro lado Pérez et al. (2014) mencionan que la mejor forma de presentar dicho alimento es en harina, debido a que al secarse aumenta la disponibilidad de todos los nutrientes, especialmente la concentración de aminoácidos esenciales.

Cuadro 2

Análisis de tratamientos para la variable de biomasa final en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (Oreochromis sp.).

Tratamiento	Biomasa Final (g)
Dieta Comercial 45% PC	57.11
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> sin limitación	61.61
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> con limitación	66.35
Valor P	0.07
E.E	0.00013

Nota. E.E. error estándar. Valor P. Probabilidad

Ganancia Diaria de Peso (GDP)

En el Cuadro 3, se puede observar que para la variable ganancia diaria de peso no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$). La ganancia diaria de peso puede verse afectada por factores como manejo, genética, densidad de siembra, temperatura y calidad de agua. Según Garcia (2018) el control de los parámetros fisicoquímicos y una calidad de agua optima crea un ambiente favorable para el apetito y crecimiento de los peces así mismo ayuda a evitar enfermedades. Así mismo como lo mencionan Salazar et al. (2023) el contenido nutricional del alimento, así como el ofrecimiento son fundamentales para determinar una buena ganancia diaria de peso ya que el

alimento debe suministrar y satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales. Según González et al. (2013) la ganancia diaria de peso en peces de tilapia roja suministrados con *Lemna* fresca llegan a tener un crecimiento lento y con una ganancia diaria de 0.6 g/pez, sin embargo si se utiliza la *Lemna* adicionada como harina la ganancia diaria de peso se puede triplicar.

Cuadro 3

Análisis de tratamientos para la variable de ganancia diaria de peso en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (Oreochromis sp.).

Tratamiento	GDP(g)
Dieta Comercial 45% PC	0.10
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> sin limitación	0.11
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> con limitación	0.11
Valor P	0.66
E.E.	0.06

Nota. T1 tratamiento lemna sin limitaciones; T2 tratamiento lemna con limitaciones; Control dieta comercial; E.E. error estándar.

Peso Promedio Final

El peso promedio final no varió entre los tratamientos (Cuadro 4). Para tener un buen desempeño de peso promedio, Saavedra (2006) sostiene que se deben tomar en cuenta diferentes factores como lo son el tipo de alimento suministrado y la ración que se le brinda al pez, es por ello que es importante conocer el porcentaje de inclusión de los alimentos con el fin de que estos no se vuelvan contraproducentes. Resultados distintos al estudio se obtuvieron por Zetina Córdoba et al. (2010) implementando *Lemna* fresca con un 15% de inclusión en la dieta, donde obtuvieron tasas de crecimiento con muy buenos desempeños productivos. Esto fue debido a que el peso promedio final no solo depende del alimento, también depende de variables de manejo como densidad de siembra, control de temperatura y calidad de agua (Nicovita 2022).

Cuadro 4

Análisis de tratamientos para la variable de peso promedio final en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (Oreochromis sp.).

Tratamiento	Peso Promedio (g)
Dieta Comercial 45% PC	2.86
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> sin limitación	3.15
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> con limitación	3.12
Valor P	0.57
E.E.	0.14

Nota. T1 tratamiento lemna sin limitaciones; T2 tratamiento lemna con limitaciones; Control dieta comercial; E.E. error estándar

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

En el Cuadro 5, se observó que hubo diferencias entre los tratamientos, donde la Dieta Comercial 45% PC + *L. minor* con limitación difirió al control de la Dieta Comercial 45% PC. El índice de conversión alimenticia mide la conversión de alimento a peso vivo y es un indicador de eficiencia (Aviagen Brief 2011). Cabe destacar, que la alimentación en cualquier explotación animal representa los costos de producción más elevados. Según Gonzales (2021), la alimentación es el costo más importante, siempre ronda entre el 50 al 60% de los costos de producción. De igual forma, se estima que el índice de conversión alimenticia óptimo para las explotaciones acuícolas ronda entre un 1.2 a 1.7.

Cuadro 5

Análisis de tratamientos para la variable de índice de conversión alimenticia en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (Oreochromis sp.).

Tratamiento	ICA
Dieta Comercial 45% PC	3.50 ^a
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> sin limitación	3.42 ^{ab}
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> con limitación	2.88 ^b
Valor P	0.05
E.E.	2.20

Nota. T1 tratamiento lemna sin limitaciones; T2 tratamiento lemna con limitaciones; Control dieta comercial; E.E. error estándar

Sobrevivencia

En el Cuadro 6, se puede observar la sobrevivencia de los diferentes tratamientos, donde se demostró que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. La sobrevivencia es un factor importante para tomar en cuenta cuando se realizan estudios en tilapia en cualquiera de sus fases de producción. Para la fase de pre-engorde en la producción de tilapia, nos dicen que la tasa de supervivencia óptima es de 75-80% (Pérez 2015), que significa que los rangos en este estudio estuvieron dentro de los parámetros establecidos.

Cuadro 6

Análisis de tratamientos para la variable de sobrevivencia en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (Oreochromis sp.).

Tratamiento	Sobrevivencia %
Dieta Comercial 45% PC	80%
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> sin limitación	80%
Dieta Comercial 45% PC + <i>L. minor</i> con limitación	85%
Valor P	0.63
E.E.	0.81

Nota. T1 tratamiento lemna sin limitaciones; T2 tratamiento lemna con limitaciones; Control dieta comercial; E.E. error estándar

Calidad de Agua

Una de las consideraciones más importantes al momento de medir los parámetros que definen una producción acuícola son los parámetros fisicoquímicos del agua, debido a que, si dichos parámetros no están dentro de los rangos establecidos pueden generar estrés en las diferentes especies.

En el Cuadro 7, se puede observar los diferentes parámetros medidos a lo largo del experimento. De igual forma, se analizaron las distintas interacciones que hubo entre los parámetros y los distintos tratamientos. Se determinó que para las variables de NH_4^+ y NO_2^- se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P = 0.0001$). Por otro lado, para las variables de OD, Temperatura, pH, NO_3^- , no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes al momento de llevar a cabo una explotación acuícola, Los rangos van desde los 28 hasta los 32 °C (Saavedra 2006), así mismo, afirma que a bajas temperaturas los peces reducen su consumo de alimento notablemente, por otro lado, con altas temperaturas los peces van a tener una mayor demanda de O₂ e incrementan sus niveles de estrés. Además de esto la tilapia tiene una tasa de crecimiento mucho mejor en los rangos de 25-30 °C (Gonzalés 2023). En cuanto al estudio no hubo diferencia entre los tratamientos para dicha variable.

Oxígeno Disuelto (OD)

En cuanto al parámetro de OD (mg/L) lo ideal para producir *Oreochromis* sp. va desde los 3 mg/L hasta los 10 mg/L, con el fin de obtener un óptimo desarrollo de tilapia en sus diferentes fases de engorde (Zelaya y Gutiérrez 2008). Esto se debe a que a niveles muy bajos de OD se crean condiciones desfavorables para la tilapia, como ser altos niveles de estrés, lo que provoca que los animales sean más susceptibles a enfermedades, así como también que reduzcan su consumo alimenticio. A lo largo del experimento la concentración de OD se encontró dentro de los parámetros establecidos.

Amonio

En cuanto a la variable de Amonio se encontraron diferencias entre el control y los tratamientos de *Lemna* limitada y *Lemna* sin límites ($P = 0.0001$), obteniendo un valor de (0.05 mg/L) para los tratamientos con *Lemna minor*.

Según Delgado (2020) concentraciones considerables de amonio pueden causar la muerte en tilapia para la fase de pre-engorde. Asimismo, Amal et al. (2008) indican que el rango óptimo de amonio debe estar por debajo de los 0.5 mg/L, esto con el fin de no se causar ningún tipo de estrés en la tilapia. *Lemna* tiene una preferencia por el consumo de amonio lo que favorece a la reducción del mismo (Palacios y Villalobos 2019). Resultados similares a los presentados fueron obtenidos por

Aquino (2022) donde indica que la *Lemna minor* es eficiente en cuanto a la biorremediación del agua debido a que remueve cantidades considerables de amonio.

pH

Un pH no favorable afecta el desarrollo, el apetito y también retrasan la tasa de producción y reproducción de la tilapia (FAO 2006). El rango para el pH en cuanto a una producción acuícola, específicamente de tilapia, se encuentra en un rango de 6.5 a 9, sin embargo, el rango óptimo para obtener los mejores rendimientos va de 7-8 a 8 (Saavedra 2006).

Nitritos

En cuanto a los nitritos se concluyó que hubo una diferencia entre los tratamientos de implementación de *Lemna minor* tuvieron una menor presencia de nitratos en comparación con el tratamiento control. Para dicha variable el tratamiento que obtuvo una menor presencia de nitritos fue *Lemna* limitada con un valor de 0.0156 mg/L.

Los nitritos forman parte del proceso de nitrificación, el cual consiste en que el amonio por medio de bacterias aeróbicas se conviertan a nitritos y con la ayuda de otras bacterias aeróbicas se conviertan a nitratos (Claros 2012). Este parámetro se considera dañino para los peces debido a que funciona como una limitante para que la sangre de los peces pueda transportar el oxígeno (Carvajal 2014).

Nitratos

Los nitratos se mantuvieron en valores excelentes a lo largo del experimento, a su vez no se mostraron diferencias entre los tratamientos. El rango óptimo para los nitratos va de 0 a 20 mg/L (Valenzuela 2018). Los nitratos son la última fase del proceso de nitrificación, para volverse asimilable para varias especies acuáticas (Valenzuela 2018).

Cuadro 7

Análisis de tratamientos para la variable de calidad de agua en base al promedio de muestreos en la producción de alevines de tilapia (Oreochromis sp.).

Indicadores	Control	<i>Lemna</i> Limitada	<i>Lemna</i> sin Limite	Valor de P	E.E.
Temperatura (°C)	28.05	27.61	27.85	0.77	1.72
Oxígeno Disuelto	4.96	4.93	4.88	0.89	0.43
pH	7.50	7.56	7.54	0.001	0.21
Amonio	0.69 ^a	0.05 ^b	0.05 ^b	0.001	0.14
Nitrato (NO ₃ ⁻)	0.22	0.00	0.00	0.69	0.3
Nitrito (NO ₂ ⁻)	1.443 ^a	0.016 ^b	0.016 ^b	0.001	0.58

Nota. EE.: error estandar; Valor de P: Probabilidad.

Conclusiones

La suplementación de *Lemna minor* en la etapa de pre-engorde de tilapia (*Oreochromis* sp.) no mostró beneficios, excepto para el índice de conversión alimenticia.

Lemna minor disminuyó la concentración de amonio y nitritos.

Recomendaciones

Realizar estudios utilizando la *Lemna* minor en presentación seca y formular una dieta con un adecuado porcentaje de inclusión.

Hacer un análisis de costos para determinar la factibilidad de implementar *Lemna minor* como suplemento.

Llevar a cabo un estudio utilizando diferentes densidades de tilapia roja.

Referencias

- Amal M, Feky E, Sherif E. 2008. Effect of ammonia on Nile tilapia (*O. niloticus*) performance and some hematological and histological measures. Ismailia, Egypt: Suez Canal University; [actualizado 2008]. 19 p. <https://cutt.ly/LwdysOEg>.
- Aquino M. 2022. Evaluación de la capacidad de remoción de nitrógeno y fósforo por Lemna minor L. en aguas residuales provenientes de la actividad acuícola del Centro de Investigación Biológica CIB-Ancón [Tesis]. Lima, Perú: Universidad Católica Sedes Sapientiae. 95 p; [consultado el 16 de jun. de 2023]. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1716>.
- Arroyave Mdp. 2004. La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): una planta acuática promisoría. Revista EIA; [consultado el 10 de abr. de 2023]. 1:33–38. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004.
- Aviagen Brief. 2011. Como optimizar la conversion alimenticia. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 15 de jun. de 2023]. 6 p. http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AviagenBriefFCRJuly2011-ES.PDF.
- Bhujel RC. 2002. Manejo alimentario para Tilapia. Panorama Acuícola; [consultado el 7 de jun. de 2023]. 7(4). https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000_Especies/000008-Tilapia/071201_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php.
- 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 7 de jul. de 2023]. 4(5):40–48. <http://www.reibci.org/publicados/2017/oct/2500108.pdf>.
- Carvajal J. 2014. Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en el Municipio de Puerto Triunfo. [Trabajo de Grado]. Colombia: Corporación Universitaria Lasallista. 61 p; [consultado el 16 de jun. de 2023]. http://repositorio.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1511/1/Parametros_zootecnicos_calidad_agua_sistemas_precr%C3%ADa_tilapia_roja.pdf.
- Chamorro Usca JE. 2011. Evaluación de diferentes niveles de harina de lenteja de agua (*Lemna minor*) en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la etapa de alevinaje [Trabajo de Titulación]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 62 p; [consultado el 15 de jun. de 2023]. <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/16273/1/17T01688.pdf>.
- Claros J. 2012. Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal [Tesis doctoral]. Valencia: Universitat politecnica de Valencia; [consultado el 16 de jun. de 2023]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17653/tesisUPV3951.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Delgado N. 2020. Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*) en acuaponía [Tesis de maestría]. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria. 144 p; [consultado el 16 de jun. de 2023]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4446/delgado-gavilano-nella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. Mejora de la calidad de agua en los estanques. s.f: [sin editorial]; [actualizado el 17 de nov. de 2006; consultado

- el 16 de jun. de 2023]. https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 14 de nov. de 2022; consultado el 15 de jun. de 2023]. <https://www.fao.org/3/cc0461es/online/sofia/2022/aquaculture-production.html>.
- Galvan G, Melo F. 2022. Potencial de las plantas acuáticas. [sin lugar]: Instituto de Ecología, A.C; [actualizado el 10 de abr. de 2023; consultado el 10 de abr. de 2023]. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1752-potencial-de-las-plantas-acuaticas>.
- García GE. 2018. Evaluación de las características físicoquímicas del agua en la piscicultura de aso huancal-hula, asociados al ciclo de producción de la tilapia roja [Tesis]. Colombia: Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y De Medio Ambiente. 97 p; [consultado el 8 de jun. de 2023]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20945/gegarcia.pdf;jsessionid=1A797DA3205116D9EF33C755D491ADC9.jvm1?sequence=1>.
- Gonzales F. 2021. Costos de producción en la acuicultura. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 15 de jun. de 2023; consultado el 15 de jun. de 2023]. <https://www.pisciculturaglobal.com/costos-de-produccion-en-la-acuicultura/>.
- González F. 2023. Secretos del crecimiento de la tilapia; cómo la temperatura y el peso corporal afectan su consumo de oxígeno. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 16 de jun. de 2023; consultado el 16 de jun. de 2023]. <https://www.pisciculturaglobal.com/secretos-del-crecimiento-de-la-tilapia-como-la-temperatura-y-el-peso-corporal-afectan-su-consumo-de-oxigeno/>.
- González R, Romero O, Valdiviá M, Ponce J. 2013. Lenteja de agua una opción en dietas para tilapia roja. *Revista AquaTIC*; [consultado el 8 de jun. de 2023]. (38):85–93. https://www.researchgate.net/profile/Jesus-T-Ponce-Palafox/publication/260892775_Lenteja_de_agua_una_opcion_en_dietas_para_tilapia_roja/links/02e7e5360fbd034af5000000/Lenteja-de-agua-una-opcion-en-dietas-para-tilapia-roja.pdf.
- Gutiérrez X, Aguilera a, Espinosa C, Aatland A. 2018. Calidad de agua en la producción de smolt. *Salmonexpert*; [consultado el 15 de jun. de 2023]. <https://www.salmonexpert.cl/calidad-de-agua-en-la-produccion-de-smolt/1192659>.
- Luchini L. 2006. Tilapia: su cultivo y sistemas de producción. Argentina: [sin editorial]; [consultado el 7 de jul. de 2023]. 14 p. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000_Especies/000008-Tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20\(Parte%2001\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000_Especies/000008-Tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20(Parte%2001).pdf).
- Moreno Ortiz M. 2021. Revisión literaria: Alternativas alimenticias para la suplementación de *Oreochromis* Sp [Tesis]. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad Ciencias de la Salud. 59 p; [consultado el 7 de jul. de 2023]. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/4a103a84-fcb6-4159-926a-675c458de4e7/content>.
- Nicovita. 2022. Manual de crianza Tilapia. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 9 de jun. de 2023]. 49 p. <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>.
- Palacios J, Villalobos S. 2019. Factibilidad económica para la creación de una planta productora de harina de lenteja de agua *Lemna minor* L., como complemento proteico en la alimentación de la

- especie tilapia roja *Oreochromis* spp [Trabajo de grado]. Villavicencio: Universidad Santo Tomas; [consultado el 16 de jun. de 2023]. <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/19274/6/2019johanapalacios>.
- Pérez M. 2015. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi - intensivos. *Universitas*; [consultado el 15 de jun. de 2023]. 6(1):72–79. <https://ageconsearch.umn.edu/record/232908/>.
- Pérez Y, González R, Méndez Y, Ramírez JL. 2014. Inclusión de la harina de Lemna perpusilla para alimentar alevines *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*; [consultado el 15 de jun. de 2023]. 15(5):1–10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63633881010.pdf>.
- Pérez-López E. 2016. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *TM*. 29(3):3. doi:10.18845/tm.v29i3.2884.
- Ponce Palafox JT, Febrero Toussaint I, González Salas R, Romero Cruz O, Estrada Cutiño O. 2005. Perspectivas de la *Lemna* sp. para la alimentación de peces. *Revista Electronica de Veterinaria*; [consultado el 10 de abr. de 2023]. 6(3):5–7. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612812009.pdf>.
- Saavedra M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua: [sin editorial]; [actualizado 2006; consultado el 9 de jun. de 2023]. 24 p. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.
- Salazar L, Chacón A, Herrera J. 2023. Crecimiento, eficiencia y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia fetida*)1. *Nutrición Animal Tropical*. 17(1):1–35. doi:10.15517/nat.v17i1.54085.
- Toledo SJ, García MC. 2000. Nutrición y Alimentación de Tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. México: [sin editorial]; [consultado el 7 de jun. de 2023]. 55 p. https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf.
- Valenzuela R. 2018. Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) [Proyecto de grado]. Colombia: Universidad Surcolombiana; [consultado el 16 de jun. de 2023]. <https://repositoriousco.co/bitstream/123456789/3079/1/TH%20IA%200253.pdf>.
- Zelaya L, Gutiérrez B. 2008. Evaluación de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*O. sp*) cultivadas en jaulas a 200, 400 y 600 peces por m3 en Zamorano, Comayagua y La Venta, Honduras [Proyecto Especial de Graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 27 p; [consultado el 16 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ecd4c4e6-a848-443a-8223-44a462ca9e74/content>.
- Zetina Córdoba P, Reta Mendiola J, Ortega Cerrilla M, Ortega Jiménez E, Sanchez Torres M, Herrera Haro J, Becerril Herrera M. 2010. Utilización de la lenteja de agua (*Lemnaceae*) en la producción de de Tilapia (*Oreochromis* spp.) [Revisión bibliográfica]. Veracruz, Mexico: Universidad politécnica de Huatusco. 23 p. <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/4911>.