

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica



Efecto de la suplementación de Noni (*Morinda citrifolia*) en parámetros productivos en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) a través de la dieta

Estudiante

Reina Denisse Donis Salazar

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Maria Fernanda Oyuela, M.Sc.

Honduras, marzo de 2023

Autoridades

SERGIO RODRÍGUEZ 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
Índice de Figuras	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos.....	12
Resultados y Discusión.....	22
Biomasa Final	26
Peso Final	26
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	27
Ganancia Daria de Peso (GDP)	28
Sobrevivencia.....	28
Calidad de Agua	29
Variables de Calidad de Agua.....	30
Temperatura (°C)	30
Oxígeno Disuelto (O.D.)	31
Amonio (NH ₄ ⁺).....	31
Nitrito (NO ₂ ⁻)	32
Nitrato (NO ₃ ⁻)	32
pH.....	33
Conclusiones	34
Recomendaciones.....	35
Referencias.....	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Distribución de tratamientos aplicados en la etapa de pre-engorde del cultivo de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.).....	13
Cuadro 2 Análisis de parámetros productivos del día 0 al 10 (muestreo 1) en la producción de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) con la inclusión de noni (<i>Morinda citrifolia</i>).	22
Cuadro 3 Análisis de parámetros productivos del día (11 al 21), muestreo 2 en la producción de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) con la inclusión de noni (<i>Morinda citrifolia</i>)	23
Cuadro 4 Análisis de parámetros productivos del día (22 al 32), muestreo 3 en la producción de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) con la inclusión de noni (<i>Morinda citrifolia</i>)	24
Cuadro 5 Análisis de parámetros productivos del día (33 al 45), muestreo 4 en la producción de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) con la inclusión de noni (<i>Morinda citrifolia</i>)	25
Cuadro 6 Análisis de parámetros generales del día (0 al 45), muestreo general en la producción de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) con la inclusión de noni (<i>Morinda citrifolia</i>).....	25
Cuadro 7 Efecto de la suplementación de Noni (<i>Morinda citrifolia</i>) en la sobrevivencia de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) a través de la dieta.....	29
Cuadro 7 Efecto de la suplementación de Noni (<i>Morinda citrifolia</i>) en la calidad de agua de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) a través de la dieta.	30

Índice de Figuras

Figura 1 Protocolo de preparación del extracto de noni.	14
Figura 2 Protocolo de preparación de harina de hoja de noni.	15
Figura 3 Distribución de los tratamientos en la suplementación de noni (<i>Morinda citrifolia</i>) en tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>).....	16

Resumen

La acuicultura es uno de los métodos más eficientes y sostenibles para la producción de proteína de alta calidad. En esta industria la implementación de inmunoestimulantes naturales, ha cobrado alta significancia. Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de suplementación de noni (*Morinda citrifolia*) en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y evaluar su efecto en los parámetros productivos de ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia, peso final y sobrevivencia. El estudio se realizó en 16 estanques, lo cuales fueron divididos en cuatro tratamientos: tratamiento control, tratamiento con extracto de fruto de noni, tratamiento con harina de hoja de noni y tratamiento con producto comercial VIUSID; con cuatro repeticiones por tratamiento. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y se empleó un ANDEVA con un valor de significancia de $P \leq 0.05$. Se analizaron los resultados por medio del programa SAS, utilizando la prueba de distancias múltiples DUNCAN. Se determinó que la suplementación de extracto de noni y harina de hoja generan resultados significativos en los distintos parámetros productivos. Obteniendo los mejores valores para las variables de ganancia diaria de peso, peso final, índice de conversión alimenticia y biomasa final con respecto al tratamiento control. El potencial para la inclusión de noni en la producción de tilapia se observa por no haber cambios en calidad de agua y por mejoras en los parámetros productivos.

Palabras clave: Extracto, harina, *Morinda citrifolia*, producción, tilapia roja.

Abstract

Aquaculture is one of the most efficient and sustainable methods for the production of high-quality protein. In this industry, the implementation of natural immunostimulants has gained high significance. The objective of this study was to evaluate the effect of noni (*Morinda citrifolia*) supplementation in the feeding of red tilapia (*Oreochromis* sp.) and to evaluate its effect on the productive parameters of daily weight gain, feed conversion ratio, final weight, and survival. The study was carried out in 16 ponds, which were divided into four treatments: control treatment, treatment with noni fruit extract, treatment with noni leaf meal and treatment with VIUSID commercial product; with four replicates per treatment. A Completely Randomized Design (CRD) was used, and an ANOVA was employed with a significance value of $P \leq 0.05$. Results were analyzed by means of the SAS program, using the DUNCAN multiple distances test. It was determined that the supplementation of noni extract and leaf meal generated significant results in the different productive parameters. The best values were obtained for the variables of daily weight gain, final weight, feed conversion index and final biomass with respect to the control treatment. The potential for the inclusion of noni in tilapia production is supported by unchanged water quality parameters and improvement in production parameters.

Keywords: Extract, meal, *Morinda citrifolia*, production, red tilapia.

Introducción

La acuicultura es uno de los rubros de producción animal con mayor tasa de crecimiento y de gran importancia en la actualidad. (Stickney 2009) define la acuicultura como la crianza de organismos acuáticos bajo condiciones controladas o semi controladas, aunque abreviadamente es la agricultura submarina. En 2020, la producción acuícola mundial alcanzó un récord de 122.6 millones de toneladas, con un valor total de 281,500 millones de dólares (FAO 2022b). Esta industria se caracteriza por su creciente consumo en los últimos años. Durante el período de 1961-2017, la tasa media de crecimiento anual del consumo total de pescado comestible aumentó un 3.1%, superando la tasa de crecimiento anual de la población 1.6% (FAO 2020). La gradual expansión de consumo ha sido impulsada no solo por aumentos de la producción, sino también por una combinación de otros factores como lo son los avances tecnológicos, el aumento de los ingresos en todo el mundo, la reducción de la pérdida y una mayor conciencia de los beneficios del consumo del pescado.

El Grupo Científico de las Cumbres de las Naciones Unidas sobre los Sistemas Alimentarios determinó que el sostenimiento de alimentos acuáticos era una de las siete propiedades impulsadas por la ciencia, que generan una transformación a sistemas alimentarios saludables, sostenibles, equitativos y resilientes. Además, se perfila como una solución para alcanzar los objetivos sostenibles (FAO 2022a). La acuicultura considera que un ambiente sano es crucial no solo para el mantenimiento de un ecosistema natural, sino también para los organismo de cultivo (Stickney 2009). Esta industria cuenta con una huella de carbono baja y un buen índice de conversión alimenticia (ICA). Así mismo, es importante mencionar los diversos beneficios que provee el consumo de estos productos por su excelente perfil nutricional. El pescado en general es una fuente de proteínas de alta calidad, de ácidos grasos omega-3 y vitaminas como la D y B2, además de ser rico en calcio y fósforo, así como hierro, zinc, yodo, magnesio y potasio (Mulyani y Rosidah 2022). En estudios realizados en Estados Unidos, se indicó países con alto consumo de pescado como Japón, China, Corea y Taiwán, poseen las más bajas tasas de depresión nerviosa, debiendo este efecto a los altos niveles de los ácidos omega-3 existentes en el pescado consumido (González Castro 2002).

La tilapia es, junto con la carpa y el salmón, uno de los peces más importantes en esta industria. Se conoce como tilapia al grupo de peces que pertenecen al género *Oreochromis*. Las especies de mayor producción son la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y la tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*). La relevancia de esta especie en la acuicultura se debe a su rápido crecimiento, gran tamaño final y alto contenido de proteínas. La FAO estimó en 2022 la producción de tilapia del Nilo en 4,407,200 miles de toneladas, obteniendo así un papel importante en la nutrición y seguridad alimentaria (FAO 2022b). La tilapia generalmente se cultiva en climas tropicales, siendo la temperatura óptima para la producción entre 24 y 29 °C.

El creciente mercado ha intensificado la producción de esta industria, obligando a que los productores hagan lo mismo con sus producciones, muchas veces creando un efecto contraproducente en el aumento de patógenos productores de enfermedades. Las enfermedades causadas por deficiencias nutritivas son más frecuentes cuando el sistema de producción se hace más intensivo y los peces obtienen menos nutrientes de organismos naturales (FAO 1997). Es necesario destacar, que en un sistema de producción siempre se tendrá la presencia de patógenos, por lo cual, la herramienta más importante es la prevención, lo que requiere mantener en alerta el sistema inmunológico y minimizar los factores estresantes que afectan la capacidad de respuesta ante los patógenos. Además, de tener en un nivel óptimo los factores de oxígeno disuelto, pH, niveles de amonio e higiene en el tanque; se logra evitar la diseminación de patógenos que a un nivel alto afecten significativamente la producción. Los agentes de infección principales son: bacterias, hongos y parásitos externos e internos.

Como consecuencia a esta problemática la industria comenzó con la implementación del uso de antibióticos. El empleo de estos en la acuicultura se ha asociado con problemas ambientales y de salud humana. Entre ellos, se incluyen la resistencia bacteriana, la persistencia en el ambiente acuático y los efectos sobre la biogeoquímica del sedimento (Ma et al. 2006). Como resultado a los problemas generados por el uso indebido de antibióticos la industria ha buscado alternativas para combatir los distintos patógenos causantes de las enfermedades que afectan las producciones. Entre

las alternativas más utilizadas actualmente, se encuentran el uso de probióticos y prebióticos. Ayudando a mejorar no solo la salud de los animales, sino también, funcionando como promotores de crecimiento.

Otra gran problemática de importancia que afecta a la mayoría de las industrias de alimentos de origen animal es la alimentación, la cual representa uno de los principales costos de producción. Los altos precios del alimento y su baja calidad nutricional son limitantes en el proceso de cultivo de tilapia. Además, durante el proceso productivo, los animales se ven sometidos a factores estresantes de origen ambiental y de manejo, capaces de afectar a su rendimiento productivo y al funcionamiento del sistema inmune. Por lo cual, el uso de inmunoestimulantes naturales, como pronutrientes inmunoestimulantes, permite prevenir los efectos negativos en momentos estresantes, ya que aseguran el correcto funcionamiento del sistema inmune de los peces y, al mismo tiempo, se vuelve significativo para optimizar el crecimiento (Pérez R et al. 2014). La aplicación de estos reduce costos productivos y genera menores índices de conversión alimenticia, mayor ganancia de peso y animales más sanos. Especialmente los elaborados con ingredientes naturales, como el fruto del noni (*Morinda citrifolia*), ya que, con la creciente consciencia de los consumidores sobre la seguridad y la calidad de los alimentos desde la granja hasta la mesa, hace de la reducción del uso de productos químicos y medicamentos durante el período de engorde haya cobrado gran relevancia en los últimos años. Además de ser un gran alternativa como prebiótico para el fortalecimiento del sistema inmune.

El noni (*Morinda citrifolia*) es una planta originaria de la Polinesia, Malasia, Australia, India y el Sudeste de Asia, la cual se ha extendido a casi todas las regiones del mundo. El noni posee una larga historia de aplicación medicinal por los aborígenes. Los "sanadores" tradicionales polinesios utilizaban todas las partes de la planta: flores, corteza, raíces y especialmente el fruto. Como indica (Solomon 2001), el extracto de la fruta de noni contiene proxeronina y xeronina. La proxeronina se convierte en xeronina con la ayuda de las enzimas proxeronasa. La xeronina es un compuesto activo que tiene un rol en facilitar el metabolismo dentro del cuerpo de los animales y aumentar la absorción de nutrientes. Como indican (Halim MATika et al. 2017), la xeronina en la fruta de noni tiene un efecto en

la superficie del intestino y facilita el proceso de absorción de los alimentos, haciendo que los nutrientes se aprovechen de manera óptima. Un proceso de óptimo de absorción afectará significativamente el aumento en la retención de proteínas. (Kristiana et al. 2020), determinaron en base a los resultados de sus investigaciones que el uso del extracto de la fruta de noni puede inhibir el crecimiento de bacterias patógenas en el intestino, de modo que aumenta el número de bacterias benéficas en el mismo. El extracto aumenta la capacidad de absorción del tracto digestivo, ayudando a descomponer los ingredientes del alimento, favorablemente la fibra cruda. Las bacterias no patógenas que se encuentran en el tracto pueden aprovechar estas condiciones para producir enzimas que faciliten la digestión de la fibra cruda, proteínas y lípidos.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto en parámetros productivos del noni (*Morinda citrifolia*) en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en la etapa de pre-engorde durante 45 días. Así mismo, se definieron los siguientes objetivos específicos: Evaluar el efecto de la suplementación de noni en dos presentaciones (hoja y fruto) para la alimentación de tilapia y repercusión en parámetros productivos de ganancia diaria de peso, peso final, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia. Comparar los parámetros fisicoquímicos de calidad agua en los tratamientos experimentales a lo largo del estudio.

Materiales y Métodos

Ubicación y Periodo de Ejecución

El experimento se llevó a cabo entre los meses de noviembre y diciembre del año 2022 en el invernadero de la unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer” de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el kilómetro 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yegüare, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. El área de estudio posee un clima seco tropical con una temperatura promedio de 25 °C, una precipitación media anual de 1,100 mm y se encuentra a 800 msnm.

Unidades de Producción

Se usaron 16 tanques circulares de plástico con capacidad de 200 litros y dimensiones de 0.80 m de diámetro superior, 0.68 m de diámetro inferior y 0.54 m de altura. Los cuáles fueron colocados bajo una estructura tipo invernadero en la estación de pre-engorde de la unidad. Se empleó un blower regenerativo marca Hurricane® que posee tres caballos de fuerza para proveer oxígeno a las unidades experimentales. Se dispuso en cada tanque una piedra difusora Sweetwater® de 3.5 cm × 7 cm, la cual produce burbujas de tamaño medio de carácter fino. En el transcurso del experimento, se realizaron recambios de agua dos veces por semana, esto para eliminar la carga de sedimentos y compuestos nitrogenado, proveyendo calidad de agua para el desarrollo de los alevines.

Tratamientos

En este experimento se realizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. El primer tratamiento fue alimentado con una dieta comercial Alcon de 45% de proteína cruda (PC), el cual fue molido para obtener partículas adecuadas para el tamaño de los alevines. Al cual se le aplicó extracto de fruto de noni, a una dosis de (1 kg alimento comercial + fruta de noni 500 mL + 30 g de zeolita). El segundo se alimentó con la misma dieta comercial más la aplicación de harina de hojas de noni a una dosis de (6 g de harina de hoja de noni + 1 kg de alimento comercial + 30 g de zeolita). El tercer tratamiento se alimentó con la misma dieta comercial más la aplicación del producto comercial

VIUSID a una dosis de (1 g por kg de alimento). El cuarto tratamiento denominado control se basó en alimentar los alevines con una dieta del balanceado comercial (Cuadro 1).

Cuadro 1

Distribución de tratamientos aplicados en la etapa de pre-engorde del cultivo de tilapia roja (Oreochromis sp.).

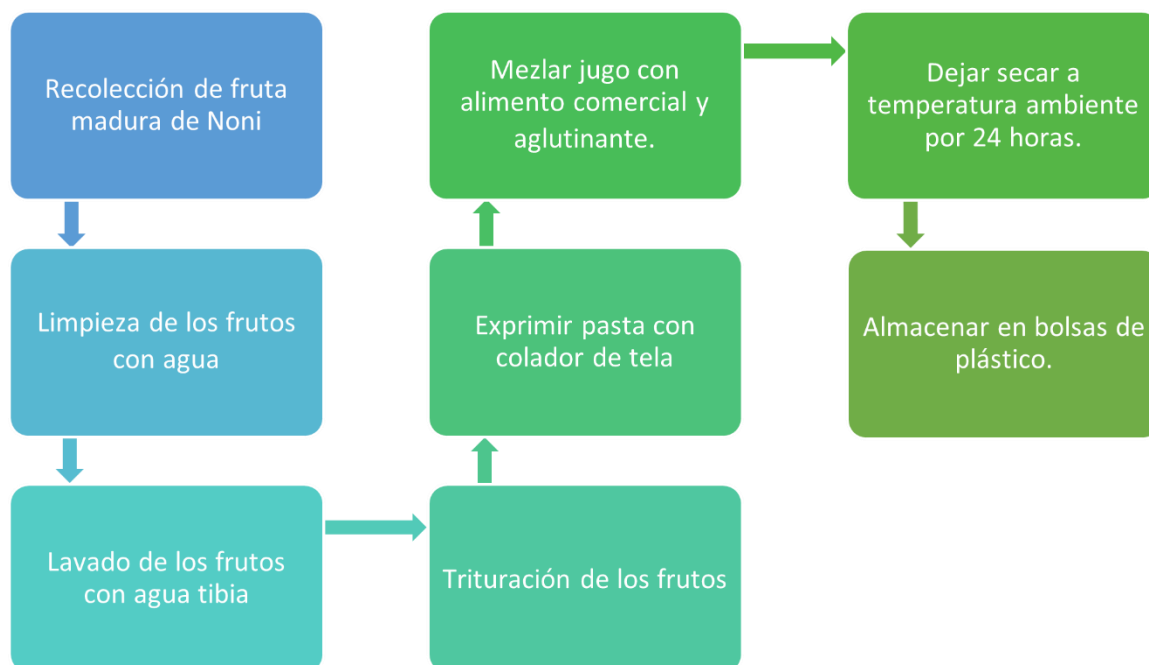
Tratamiento	Descripción
Control	Dieta Comercial (DC) 45% PC
Tratamiento 1	DC 45% PC + Fruta de noni (500 mL) + 30 g de Zeolita
Tratamiento 2	DC 45% PC + 9 g harina de hojas de noni + 30 g de Zeolita
Tratamiento 3	DC 45% PC + 1 g de VIUSID

Protocolo de Preparación del Extracto de Noni

Para el establecimiento del protocolo de preparación y dosis se tomó como referencia la investigación realizada por (Kristiana et al. 2020). Las frutas maduras de noni fueron tomadas de los árboles existentes en el campus de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se limpiaron con agua y luego se lavaron con agua tibia. Los frutos de noni se trituraron con un procesador de alimentos y luego, con la pasta obtenida, se procedió a exprimir el jugo utilizando un colador de tela. Luego, el jugo obtenido se mezcló con el alimento comercial y 3% de inclusión de zeolita a una dosis de 1 kg alimento comercial + extracto de jugo de noni 500 mL/kg pienso + 30 g zeolita. El alimento preparado se secó en una habitación abierta a temperatura ambiente hasta su secado. Por último, se almacenó en bolsas de plástico.

Figura 1

Protocolo de preparación del extracto de noni.



Insumos Utilizados para Mezcla

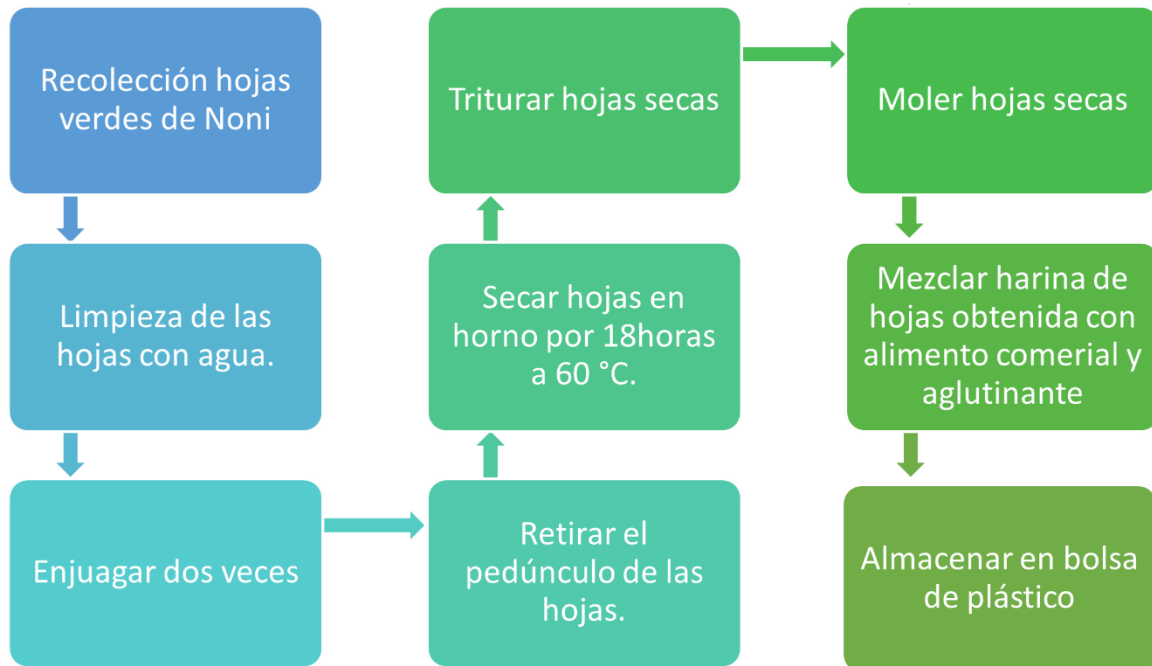
- Fruto de noni – Como prebiótico natural añadido a la dieta comercial.
- Zeolita - Como aglutinante de alimento para peces, con alto contenido de proteína.

Protocolo de Preparación de Harina de Hoja de Noni

Se tomó como referencia para establecimiento de la metodología las investigaciones de (Halim MATika et al. 2017). Se recolectaron las hojas verdes de noni de los árboles presentes en el campus, luego se procedió a limpiarlas con agua del grifo y se enjuagaron dos veces para eliminar los contaminantes y los desechos. Después se cortaron las hojas en trozos pequeños y se secaron en un horno del laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) a 60 °C durante 18 h. Se procedió a reducir el tamaño de las hojas secas empleando un procesador de alimentos. Por último, las hojas procesadas se vertieron en un molino del laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) hasta obtener la textura de harina deseada.

Figura 2

Protocolo de preparación de harina de hoja de noni.



Insumos Utilizados para Mezcla

- Hojas de noni– Como prebiótico natural añadido a la dieta comercial.
- Agua- Para la limpieza de las hojas.

Protocolo de Preparación de Alimento Comercial con VIUSID

Se aplicó el producto comercial (VIUSID) a la dieta comercial, en una dosis recomendada por fabricante (1 g de producto + 1 kg de alimento).

Insumos Utilizados para Mezcla

- VIUSID - es un suplemento alimenticio, inmunomodulador activado molecularmente. Contiene vitaminas, antioxidantes, oligoelementos y extractos de plantas.

Preparación de los Tanques

Los 16 tanques fueron inspeccionados, arreglados y preparados antes de la siembra de los alevines.

Transporte

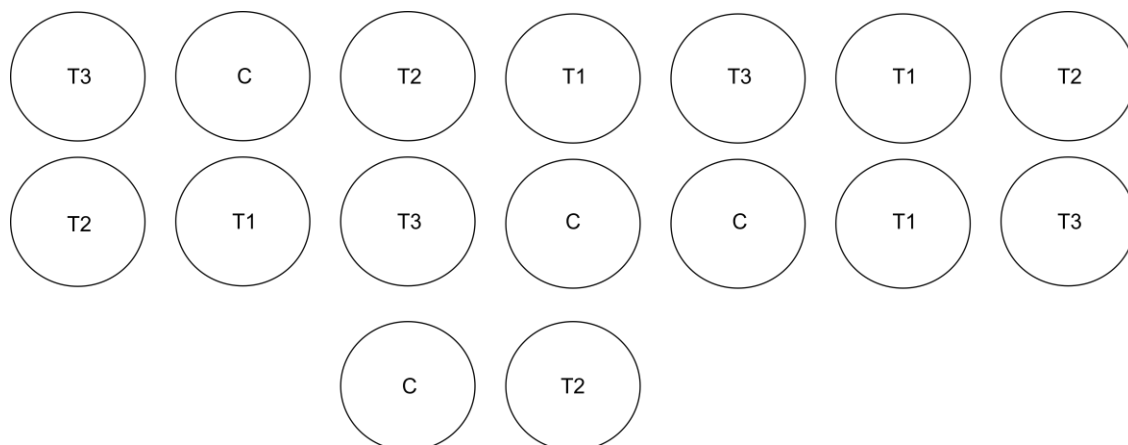
Un total de 800 alevines fueron comprados de un productor local situado en el Lago de Yojoa, y estos fueron trasladados y aclimatados en la unidad principal, previo a su siembra en tanques experimentales en la estación de pre-engorde.

Siembra de los Alevines

La siembra se realizó con alevines de un peso promedio de 2.58 g. Estos se distribuyeron de forma uniforme. Los alevines se pesaron en tres grupo, siendo el primero de 20 y los ultimo dos de 10, hasta llegar a tener 40 animales por tanque y un total de 640 alevines en todo el experimento. Previo a la siembra, los animales fueron sometidos a un baño de sal por 30 segundo, esto para evitar la presencia de organismos que pudieran causar daños o enfermedades. Así mismo, para mantener el bienestar del animal durante el proceso de manipulación.

Figura 3

Distribución de los tratamientos en la suplementación de noni (Morinda citrifolia) en tilapia roja (Oreochromis sp.).



C - Control Dieta Comercial (DC) 45% PC
T1 - DC 45% PC + Fruta de Noni (500 mL) + 30 g Zeolita
T2 - DC 45% PC + 9 g Harina de hoja de Noni + 30 g Zeolita
T3 - DC 45% PC + 1 g VIUSID

Alimentación

La cantidad de alimento proporcionado por tanque se calculó mediante la biomasa. La tasa de alimentación se determinó a partir del peso vivo utilizando tablas de alimentación. Se comenzó el

experimento utilizando el 11% del peso vivo y se realizaron ajuste de acuerdo con el consumo de los animales cada 10 días, después del muestreo. La frecuencia de alimentación fue de seis veces al día, aplicando tres alimentaciones en la mañana y tres en la tarde.

Calidad de Agua

Durante el experimento se registraron a diario parámetros fisicoquímicos significativos para el mantenimiento de la calidad de agua. La temperatura se midió utilizando medidor YSI® Pro-20A. Otro parámetro que se midió un día sí, un día no, fue el nivel de oxígeno disuelto en cada una de las unidades experimentales, utilizando el medidor YSI® Pro-20A.

Los niveles de amonio (NH_4^+) y amoniaco (NH_3) fueron tomados a cada tanque en una frecuencia de dos veces por semana, y se utilizó para esto el API® Ammonia Test Kit y el API test de amoniaco. El nivel de pH de los tanques se midió de igual manera dos veces por semana, utilizando API test de pH.

Los niveles de nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-) se midieron dos vez por semana, en cada una de las unidades experimentales, utilizando el API test de nitrito y el API test de nitrato.

Variables de Calidad de Agua

Temperatura (°C)

Este parámetro se midió a lo largo del experimento con un día de alternancia, a veces por la mañana y otras por la tarde. El rango óptimo es de 28-32 °C, cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer. Para medir este parámetro se utilizó el medidor YSI® Pro-20A.

Oxígeno Disuelto (O.D.)

Este parámetro es la cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua. Para analizar este parámetro se midió con un día de alternancia, a veces por la mañana y otras por la tarde. Utilizando el medidor YSI® Pro-20A.

Amonio (NH_4^+)

Es un producto de la excreción, orina de los peces y descomposición de la materia. La toxicidad aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, el pH indica valores altos (alcalino) y la temperatura es alta. La concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos, inmuno supresión y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y sobrevivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen). Los valores deben fluctuar entre 0.01 mg/L a 0.1 mg/L (Nicovita 2013). Este parámetro se midió dos veces por semana por medio del API test de amonio. La prueba consiste en llenar el tubo de ensayo con 5 mL de agua de los estanques, luego añadir ocho gotas las dos soluciones que posee la prueba ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$). Luego se agita suavemente y se espera cinco minutos para realizar la lectura y compararla con el color de la tabla de amonio según concentración que trae el API test.

Amoniaco (NH_3)

Este parámetro representa el amoniaco no ionizado, que es extremadamente tóxico. Para tilapia roja (*Oreochromis sp.*) son a partir de 0.6 mg/L. A partir de esta concentración de amoniaco se puede visualizar los efectos en tilapias pueden ser letales (Bravo Yumi 2007a).

Nitrito (NO_2^-)

Es una forma de nitrógeno que se produce cuando el amoniaco es convertido en nitrato y se expresa en partes por millón (ppm; mg/L). Este parámetro se midió dos veces por semana por medio del API test de nitrato. Esta prueba consiste en llenar el tubo de ensayo con 5 mL de agua de los tanques del experimento, luego añadir cinco gotas del frasco 1, manteniendo el tubo de forma vertical. Luego se agita y se espera por cinco minutos para realizar las lecturas comparando con el color de la cartilla de concentración del API test.

Nitrato (NO_3^-)

Es esencial medir constantemente los niveles de nitrato que deben encontrarse entre 0 y 40 mg/L en el cultivo de tilapia. Cualquier valor superior a 80 mg/L puede ser tóxico. A lo largo del experimento el parámetro se midió dos veces por semana. Esta prueba consiste en llenar el tubo de ensayo con 5 mL de agua de los tanques del experimento, luego añadir diez gotas del frasco 1, manteniendo el tubo de forma vertical. Después de agitar suavemente por unos segundos se añaden diez gotas del frasco 2. Luego se volvió a agitar y se espera por cinco minutos para realizar las lecturas comparando con el color de la cartilla de concentración del API test.

pH

En el transcurso del experimento este parámetro se midió dos veces por semana por medio del API test de pH. La prueba se realiza llenando un tubo de ensayo con 5 mL de agua de los estanques, luego se añade tres gotas de la solución de pH, tratando de mantener el tubo lo más recto posible. Se procede a mover suavemente y esperar cinco minutos para realizar la lectura de la del resultado y compararlo con el color de la solución según concentración que está en la carta de pH.

Muestreo y Cosecha

El proceso de muestreo consistió en el pesaje de los animales cada 10 días, desde la siembra. Mediante el uso de una balanza digital. En cada registro de datos se pesaron 10 animales por unidad experimental. Al día 45 de cultivo se realizó el muestreo final, se bajó el volumen de agua hasta un 10%, se contó el número total de alevines por tanque para obtener los datos de sobrevivencia y se pesaron para obtener los últimos datos en cuanto a su peso.

Variables de Producción a Medir

Sobrevivencia (%)

Esta variable indica el porcentaje de animales que sobrevivió del total de animales sembrados al final del experimento. Para medir esta variable se dividieron los animales cosechados entre los animales sembrados y se multiplicó por 100, mediante la ecuación 1.

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = (\text{Peces cosechados} / \text{Peces sembrados}) \times 100 \quad [1]$$

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Esta variable indica la eficiencia del animal para aprovechar al máximo los nutrientes de la dieta, convirtiendo el alimento en biomasa. La biomasa se obtiene al multiplicar el total de animales por el peso de cada uno. El ICA se calculó dividiendo el total de alimento proporcionado entre la diferencia de la biomasa final con la biomasa inicial mediante la ecuación 2.

$$\text{ICA} = \text{Alimento suministrado} / \text{Peso final} - \text{Peso inicial} \quad [2]$$

Ganancia Diaria de Peso (GDP)

Esta variable indica el peso ganado por cada animal (g) al final del experimento, cada día en promedio. Para medir esta variable se restó el peso final promedio por animal menos el peso inicial promedio por animal mediante la ecuación 3:

$$\text{GDP} = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Edad (días)} \quad [3]$$

Peso Final

Este parámetro consiste en el peso corporal de cada uno de los animales en las unidades experimentales al final del estudio.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), contando con un diseño de experimento con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de dieciséis unidades experimentales. Se

analizó los valores de las variables medidas mediante del análisis de varianza (ANDEVA) con medidas repetidas en el tiempo (MR) ($P \leq 0.05$). Los datos obtenidos a lo largo del experimento se analizaron utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS® 2015 v9.4), utilizando la prueba de distancias múltiples DUNCAN.

Resultados y Discusión

Variables de Producción

A largo del desarrollo del experimento se realizaron cuatro muestreos, para medir los distintos parámetros productivos a lo largo del tiempo y poder ajustar la dosis de alimentación en base a la biomasa estimada en cada uno de ellos. Al analizar el diseño del experimento se determinó que había una interacción entre muestreo y tratamiento ($P = 0.0198$). En el experimento se observó que la inclusión de extracto de fruta de noni y la harina de hoja mostraron un resultado mayor en los distintos parámetros productivos en comparación al tratamiento control y el producto comercial VIUSID. En los parámetros de calidad de agua y sobrevivencia no se obtuvieron diferencias ($P > 0.05$) en los tratamientos. Estas diferencias se volvieron notorias desde el tercer muestreo (32 días) y se remarcan en el análisis final. Estos resultados indican que es posible la inclusión de extracto de jugo de noni en la concentración de 1 kg alimento comercial + extracto de jugo de noni 500 mL/kg de alimento + 30 g zeolita y harina de hoja de noni en una relación de 6 g de harina de hoja de noni por 1 kg de alimento comercial + 30 g de zeolita, para obtener resultados significativos en la producción de tilapia roja.

En el Cuadro 2, el cual comprende del día 0 al primer muestreo, realizado al día 10 del experimento, no se notaron diferencias ($P > 0.05$) en los parámetros de biomasa final, peso final, ICA y GDP. Mostrando un crecimiento gradual hasta el primer muestreo.

Cuadro 2

Análisis de parámetros productivos del día 0 al 10 (muestreo 1) en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp.) con la inclusión de noni (Morinda citrifolia).

Variable	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	Probabilidad	E.E.
Biomasa Final (g)	190	165	165	175	0.2675	0.469
Peso Final (g)	4.750	4.125	4.125	4.375	0.2675	0.293
ICA	1.410	2.215	2.018	1.670	0.2248	0.393
GDP (g)	0.197	0.140	0.140	0.163	0.2675	0.002

Nota. E.E error estándar; Valor de P: Probabilidad; GDP: ganancia diaria de peso; ICA: índice de conversión alimenticia; PF: peso final; BF: biomasa final.

El Cuadro 3 correspondiente al segundo muestreo, realizado a los 21 días del experimento se pueden observar diferencias ($P \leq 0.05$) en los distintos tratamiento para los parámetros biomasa y peso finales. Par las variables ICA y GDP no se observaron diferencias ($P > 0.05$). Para la variable de peso y biomasa finales, los mejores resultados los obtuvo el tratamiento 4, correspondiente al control. El tratamiento 2 y 3, inclusión de harina de hoja de noni y producto comercial VIUSID, respectivamente obtuvieron resultados similares, mientras que el tratamiento 1, extracto de fruto de noni, obtuvo la media más baja.

Cuadro 3

Análisis de parámetros productivos del día (11 al 21), muestreo 2 en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp.) con la inclusión de noni (Morinda citrifolia).

Variable	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	Probabilidad	E.E.
Biomasa Final (g)	300 ^a	230 ^c	260 ^b	285 ^{ab}	0.0049	0.291
Peso Final (g)	7.50 ^a	5.750 ^c	6.50 ^b	7.125 ^{ab}	0.0049	0.182
ICA	1.963	4.450	2.250	2.250	0.2716	1.065
GDP (g)	0.275	0.163	0.237	0.275	0.2555	0.004

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). E.E error estándar; Valor de P:

Probabilidad; GDP: ganancia diaria de peso; ICA: índice de conversión alimenticia; PF: peso final; BF: biomasa final.

El Cuadro 4 correspondiente al tercer muestreo, realizado al día 33 de experimento no se observaron diferencias ($P > 0.05$) para las variables de biomasa y peso finales. Pero se tuvieron diferencias ($P \leq 0.05$) para la variable GDP e ICA. Para el caso de la GDP se obtuvieron del tratamiento 1, 2 y siendo estos los suplementados con extracto de fruta de noni, harina de hoja de noni, producto comercial VIUSID, respectivamente valores similares, siendo el de rendimiento más bajo el tratamiento control (DC 45% PC). Para la variable ICA, el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita). Los tratamiento 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g Zeolita) y 3 (DC 45% PC + 1 g VIUSID) obtuvieron resultados de medias similares. Y la media más alta la obtuvo el tratamiento control (DC 45% PC).

Cuadro 4

Análisis de parámetros productivos del día (22 al 32), muestreo 3 en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp.) con la inclusión de noni (Morinda citrifolia).

Variable	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	Probabilidad	E.E
Biomasa Final (g)	350	340	340	360	0.4891	0.380
Peso Final (g)	9.250	8.50	8.50	9.125	0.0733	0.237
ICA	5.473 ^c	1.818 ^a	3.223 ^b	3.295 ^b	0.0009	0.094
GDP (g)	0.162 ^b	0.2753 ^a	0.213 ^{ab}	0.200 ^{ab}	0.0009	0.003

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). E.E error estándar; Valor de P:

Probabilidad; GDP: ganancia diaria de peso; ICA: índice de conversión alimenticia; PF: peso final; BF: biomasa final.

En el Cuadro 5 correspondiente al último muestreo, realizado a los 45 días del experimento se obtuvieron diferencias ($P \leq 0.05$) en todas las variables medidas. Para la variable biomasa final el tratamiento 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita) y 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g Zeolita), obtuvieron el mejor resultado con respecto a sus medias. Los tratamientos 3 (DC 45% PC + 1 g VIUSID) y control (DC 45% PC), obtuvieron resultados similares, pero significativamente menores a los tratamientos 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita) y 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g Zeolita). Para la variable peso final el tratamiento control (DC 45% PC), obtuvo el resultado más bajo. Hubo un efecto similar entre el tratamiento 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g Zeolita) y 3 (DC 45% PC + 1 g VIUSID), y un efecto similar entre el tratamiento 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g Zeolita) y 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita), pero no entre los tratamiento 1, 2 y 3. En el ICA, los valores más altos los obtuvieron el tratamiento 3 (DC 45% PC + 1 g VIUSID) y control (DC 45% PC), mientras que el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita). Para la variable GDP el tratamiento control (DC 45% PC), obtuvo el valor más bajo. Los tratamientos 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g Zeolita) y 3 (DC 45% PC + 1 g VIUSID) obtuvieron resultados similares, y los tratamientos 1 y 2, fueron resultados similares, pero no entre los tratamientos 1, 2 y 3.

Cuadro 5

Análisis de parámetros productivos del día (33 al 45), muestreo 4 en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp.) con la inclusión de noni (Morinda citrifolia).

Variable	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	Probabilidad	E.E
Biomasa Final (g)	370 ^b	462.50 ^a	448.75 ^a	378.75 ^b	0.0034	0.018
Peso Final (g)	10.123 ^c	15.112 ^a	13.502 ^{ab}	11.306 ^{bc}	0.0008	0.006
ICA	13.257 ^c	4.365 ^a	6.518 ^b	11.023 ^c	0.0017	0.039
GDP (g)	0.162 ^c	0.599 ^a	0.425 ^{ab}	0.264 ^{bc}	0.0037	0.019

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). E.E.: error estándar; GDP: ganancia

diaria de peso; ICA: índice de conversión alimenticia; PF: peso final; BF: biomasa final.

En el Cuadro 6 correspondiente al análisis general de los parámetros productivos evaluados, correspondiente del día 0 al día 45. Se puede apreciar que hay una diferencia ($P \leq 0.05$) en todas las variables medidas. Para la variable de biomasa final los mejores valores los obtuvo el tratamientos 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita) y 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g Zeolita), con respecto al tratamiento 3 (DC 45% PC + 1 g VIUSID) y control (DC 45% PC). Para la variable de peso final se evidencio un comportamiento mejor para los tratamiento de extracto de noni y harina de hoja con respecto al tratamiento VIUSID y control. En el índice de conversión alimenticia el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento de extracto de noni, mostrando así si efecto haciendo más eficientes a los animales. Aunque hubo un comportamiento similar para esta variable con respecto al tratamiento de harina de hoja de noni con respecto al tratamiento VIUSID. Para la variable de ganancia diaria de peso los mejores resultados los presento el tratamiento de extracto de noni y harina de hoja con respecto al tratamiento VISUID y control. Al final del experimento se pudo evidenciar el efecto del noni en los distintos parámetros productivos evaluados, haciendo más eficientes a los animales volviendo el consumo en mayor ganancia de peso lo cual se evidencio en los valores más altos obtenidos para las variables de biomasa y peso final.

Cuadro 6

Análisis de parámetros generales del día (0 al 45), muestreo general en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp.) con la inclusión de noni (Morinda citrifolia).

Variable	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	Probabilidad	E.E
Biomasa Final (g)	278.438 ^c	329.375 ^a	319.688 ^a	309.688 ^b	0.0010	0.039
Peso Final (g)	7.124 ^b	9.121 ^a	8.562 ^a	7.361 ^b	0.0098	0.380
ICA	4.626 ^a	2.361 ^b	2.374 ^b	4.649 ^a	0.0023	0.237
GDP (g)	0.184 ^c	0.308 ^a	0.268 ^a	0.206 ^b	0.0034	0.094

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). E.E.: error estándar; GDP: ganancia

diaria de peso; ICA: índice de conversión alimenticia; PF: peso final; BF: biomasa final.

Biomasa Final

En el Cuadro 6 se muestra como la suplementación de noni en la dieta de tilapia roja mostró diferencias para la variable biomasa final ($P \leq 0.05$) a lo largo de los cuatro muestreos realizados, hasta el final del periodo de estudio. La biomasa final es una medida relativa al peso promedio al final de la investigación con relación al número de animales. Este parámetro es el resultado de la ganancia diaria de peso hasta el final del experimento, mostrando el impacto de la inclusión de noni en la dieta. Los mejores resultados para esta variable los obtuvieron los tratamientos de inclusión de noni, en sus distintas formas. Comparando con el resultado obtenido por el producto comercial, que permite la mejora de parámetros productivos, se obtuvieron resultados mayores a los obtenidos en una producción comercial normal, sin el uso de prebióticos naturales o químicos. Como es el caso de muchos pequeños productores de Latinoamérica.

Peso Final

El Cuadro 6 demuestra que el mayor peso de los alevines al final del experimento lo obtuvo el tratamiento 1 y 2 (Cuadro 5), correspondientes a la inclusión de extracto de fruto y harina de hoja de noni con 15.11 g y 13.50 g. El peso final fue significativamente mayor en los tratamientos 1 y 2, debido a las propiedades del noni. Como lo indican (Pisuttharachai et al. 2022) el noni contiene un precursor llamado xeronina, la cual resulta de suma importancia en los procesos metabólicos que se ven reflejados en el hábito de crecimiento de los animales. La proxeronina, es convertida en xeronina por

la enzima proxeoninasa. Además, el noni estimula el apetito, actuando como prebiótico, reduciendo el crecimiento de bacterias patógenas, aumentando la presencia de bacterias benéficas. En estudios realizados por (Kristiana et al. 2020) se evaluó el efecto de la inclusión de extracto de noni en la dieta en la producción de tilapia del Nilo. El experimento consistió en cuatro tratamientos evaluando diferentes niveles de inclusión de extracto de noni (100, 300 y 500 mL) y el tratamiento control. Al final del experimento se obtuvieron diferencias significativas y sostenidas para la variable peso a cosecha, con el nivel de inclusión de 500 mL de extracto noni contra los demás niveles de inclusión (100 y 300 mL), superando el tratamiento control. (Pisuttharachai et al. 2022) indica que, alimentando en base al porcentaje de peso corporal, el noni, tanto en forma de fruta fresca como de extractos de fruta, aumenta la tasa de crecimiento de los animales de experimentación.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Al analizar esta variable por muestreos se muestra que los primeros dos muestreos no se encontraron diferencias ($P > 0.05$; Cuadro 2 y 3). Pero al analizar los últimos muestreos se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$; Cuadro 4 y 5). Los tratamientos 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita) y 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g zeolita). Mostraron los mejores niveles de esta variables notables en los demás parámetros, ya que los animales necesitaban menos alimento para ganar peso, haciendo más eficiente el proceso de nutrición y aprovechamiento del alimentos. Aunque el Cuadro 6 muestra como en general se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para esta variable para los tratamientos de extracto y harina de hoja de noni. Como indican (Pisuttharachai et al. 2022) la xeronina es importante para los procesos bioquímicos del organismo, como la síntesis de proteínas, la absorción de glucosa y otros procesos metabólicos que afectan al crecimiento, reflejados en el índice de conversión alimenticia. (Novianti et al. 2022) indican que la tasa de conversión alimenticia ideal debería ser inferior a 2, buscando obtener valores entre 2 o menores. (Lili et al. 2022) indican en los resultados de sus estudios que la inclusión de noni tuvo un efecto significativo al mejorar la digestibilidad del alimento, lo que permite una mejor absorción nutricional por parte del tracto digestivo. El noni permite que el alimento consumido por los juveniles de tilapia roja puede aumentar la actividad de

enzimas digestivas, mejorando así la tasa de conversión alimenticia.

Ganancia Daria de Peso (GDP)

La inclusión de noni en la dieta de tilapia roja mostro diferencias en esta variable ($P \leq 0.05$) visibles en los últimos dos muestreos (Cuadro 4 y 5) y visibles en el análisis final (Cuadro 6). Teniendo en consideración que los mejores resultados los presenta el tratamiento 1 (DC 45% PC + 500 mL noni + 30 g zeolita) y 2 (DC 45% PC + 9 g harina noni + 30 g zeolita), siendo estos la inclusión de extracto de fruta y harina de hoja de noni, respectivamente. Los efectos del noni en la variable ganancia diaria de peso, fueron similares que en la investigación realizada por (Moh et al. 2021), donde se detalla, donde se evaluó el efecto la suplementación de noni sobre el rendimiento del crecimiento y respuestas fisiológicas del hepatopáncreas en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Se encontraron resultados significativos en parámetros productivos, debidos a la inclusión de noni. Para la variable ganancia diaria de peso, se encontró que se vio influenciada por las enzimas antioxidantes que se encuentran fuertemente correlacionadas con la concentración de extracto de fruta de *M. citrifolia* suplementada, afectando el crecimiento de *L. vannamei*. Los resultados demuestran que la ganancia diaria de peso del camarón mejoró con el aumento de las actividades de las enzimas antioxidantes, por efecto de la inclusión de noni en la dieta.

Sobrevivencia

El Cuadro 7 muestra como la inclusión de noni en la dieta para la producción de tilapia roja no mostró diferencias ($P > 0.05$) en los tratamientos para la variable sobrevivencia de los animales a lo largo del experimento. (Pompa y Green 1990) indican que el porcentaje de sobrevivencia aceptable en la etapa de pre-engorde es de 70-80%. A lo largo del experimento el porcentaje más bajo de sobrevivencia lo obtuvo una de las repeticiones del tratamiento control, presentando (47.5%) de mortalidad. (Granda Jaramillo 2022) reportan que la variable del porcentaje (%) de mortalidad puede estar relacionado con la cantidad de animales sembrados con respecto al área o incluso al balance de las dietas.

Cuadro 7

Efecto de la suplementación de noni (*Morinda citrifolia*) en la sobrevivencia de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) a través de la dieta.

Variable	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	Probabilidad	E.E.
SOB (%)	76.875	83.75	81.666	83.75	0.6089	0.023

Nota. E.E error estándar, SOB : sobrevivencia.

Como se aprecia en el Cuadro 7 la inclusión de noni en la dieta para la producción de tilapia roja no mostró diferencias ($P > 0.05$) para la variable sobrevivencia, a lo largo del experimento. Estos resultados concuerdan con (Kristiana et al. 2020) donde evaluaron el aumento del crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) mediante la suplementación con extracto de noni (*Morinda citrifolia*) a través de la dieta, y determinaron que la tasa de supervivencia no difirió significativamente entre los tratamientos. Aunque según investigaciones realizadas por (Halim MATika et al. 2017) donde se probó que la inclusión del extracto de agua caliente de hojas de noni como promotor de la inmunocompetencia del langostino gigante de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*). La susceptibilidad de los langostinos alimentados con extracto de noni a 0.6 g/kg a la infección por (*Lactococcus garvieae*) disminuyó significativamente, y el porcentaje relativo de supervivencia fue del 23.1%. Mostrando así el efecto del noni en la sobrevivencia y como estimulador del sistema inmune.

Calidad de Agua

En el transcurso de la investigación se llevó un control y monitoreo de los parámetros físicos del agua para garantizar las condiciones ideales para el cultivo de tilapia roja. Al mismo tiempo, se realizó un monitoreo y registro de las variables químicas del agua para evaluar si la inclusión de noni presentaba algún efecto negativo al agua.

En el Cuadro 7, se puede apreciar las variables evaluadas en calidad de agua a lo largo del experimento, mostrando que no hay una diferencia ($P > 0.05$) en los mismo para los distintos tratamientos. Demostrando así que la inclusión de noni, en extracto y harina de hoja no repercutieron negativamente los parámetros evaluados, volviendo factible su inclusión en la producción de tilapia

roja. (Halim MATika et al. 2017) determinó que la calidad del agua es un parámetro de apoyo esencial para la tasa de supervivencia de la tilapia roja. El agua, como medio de vida de los peces que se conservan, debe cumplir los requisitos. Además, la calidad del agua debe controlarse para mantener sus condiciones óptimas, creando así un entorno adecuado para el hábitat de la tilapia roja. Los aspectos que tienen mayor importancia son: pH, temperatura, alcalinidad total, turbidez, nitratos, nitritos, amonio, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno (Valenzuela Vargas et al. 2017).

Cuadro 8

Efecto de la suplementación de noni (Morinda citrifolia) en la calidad de agua de tilapia roja (Oreochromis sp.) a través de la dieta.

Indicadores	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	Valor de P	EE±
T°	30.89	30.86	30.85	30.90	0.999	0.283
OD	5.03	5.07	5.00	4.81	0.525	0.134
pH	7.39	7.28	7.31	7.31	0.345	0.043
Turb	28.67	30.17	28.67	29.92	0.656	1.090
Amon	1.28	1.19	1.25	1.25	0.905	0.008
NO ₃	16.67	12.08	14.67	16.08	0.298	1.837
NO ₂	0.84	0.71	0.78	0.78	0.861	0.106

Nota. EE.: error estándar; Valor de P: Probabilidad; T°: Temperatura; OD: oxígeno disuelto; pH HR: pH de rango alto; pH: medida de acidez o alcalinidad; Turb: turbidez; Amon: amoniac; NO₃: nitrato; NO₂: nitrito.

Los niveles promedios obtenidos para cada una de las variables de calidad de agua evaluadas a lo largo del experimento para los cuatro tratamientos, donde se puede observar que no hay una diferencia ($P > 0.05$).

Variables de Calidad de Agua

Temperatura (°C)

Este es uno de los factores con mayor importancia en la producción acuícola, debida a su estrecha relación con respuestas fisiológicas y habito de alimentación (Xie et al. 2011). Durante el experimento se llevó control de esta variable, sin encontrar diferencias significativas de la misma en los distintos tratamientos. Aunque se hubieron variaciones de la temperatura tomada por la mañana

y por la tarde. La similitud entre las medias de la temperatura en los distintos tratamientos puede deberse principalmente a que el experimento se realizó bajo una estructura protegida, siendo esta el invernadero de la unidad de producción. Vásquez-Salazar et al. (2014) indica según sus investigaciones que el cultivo de tilapia roja es crítico mantener la temperatura alrededor de los 28 °C, esto para hacer más eficiente su metabolismo y, así, su crecimiento. En el experimento se registraron como temperatura más baja (28.4 °C) y más alta (33.2 °C), manteniendo así una temperatura óptima a lo largo de la investigación. Las temperaturas que presentan riesgos mortales para la tilapia roja se encuentran entre los 10 °C y los 11 °C; cesando su alimentación cesa por debajo de 16-17 °C y aumentando así la incidencia de enfermedades. La temperatura afecta la reproducción, haciendo que esta cese por debajo de los 20 °C (Valenzuela Vargas et al. 2017).

Oxígeno Disuelto (O.D.)

La variable oxígeno disuelto no mostró diferencias significativas por tratamiento a lo largo del experimento, y se mantuvo estable durante a los 45 días, esto se debió principalmente al sistema de aguas verdes, los constantes recambios de agua (realizados dos veces por semana) y el sistema de aireación que se instaló en el experimento. Rahman et al. (2020) indican que el nivel concentraciones de oxígeno disuelto para tilapia oscilan entre 3.3 a 5 mg/L o superior. Además, el oxígeno disuelto es también un indicador importante en los resultados del crecimiento de esta especie, al permanecer en niveles óptimos, los organismos mantienen un metabolismo estable al no presentar estrés y por lo tanto un crecimiento aceptable (Ruiz Velazo Arce Javier et al. 2006). Según Vásquez-Salazar et al. (2014) existe una relación directamente proporcional entre la temperatura del agua y el consumo de O₂; es decir, que a medida que aumenta la temperatura se aumenta el consumo de O₂, afectando a su vez la ganancia de peso y desarrollo corporal.

Amonio (NH₄⁺)

Los niveles de concentración de amonio presentes en los tratamientos no mostraron una diferencia significativa en el transcurso del experimento. Por lo tanto, la inclusión de noni, en extracto

y harina de hoja no modificó la concentración de amonio en el agua. Las principales razones que provocan la presencia de amonio, es por la excreción de los animales, descomposición de la materia orgánica, la degradación del alimento suministrado y la actividad metabólica. Bravo Yumi (2007b) indica que la tilapia puede tolerar condiciones no favorables que otras especies no soportarían, como concentraciones máximas de 2.4 mg/L de amoníaco. Por lo cual, es necesario mantener la concentración por debajo de este valor, evitando así que el animal se estrese, afectando la respuesta fisiológica de los animales. Saavedra Martínez (2006) indica que la concentración alta de amonio, genera un bloqueo del metabolismo, daño en branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos, inmuno supresión y aumenta la susceptibilidad a enfermedades, reducción del crecimiento y sobrevivencia, exoftalmia que son ojos brotados y ascitis que es una acumulación de líquidos en el abdomen.

Nitrito (NO_2^-)

En el experimento no se obtuvieron diferencias significativas en la concentración de nitrito para los distintos tratamientos. El valor osciló entre los (0.25- 2 mg/L), siendo la media más alta 0.84 mg/L correspondientes para el tratamiento control. La concentración de nitrito es un parámetro fundamental debido a su alta toxicidad y es generado principalmente mediante la transformación del amoníaco a nitratos. La toxicidad de los nitritos depende en su mayoría por la cantidad de cloruros, temperatura y concentración de oxígeno en el agua (Nicovita 2002). Saavedra Martínez (2006) indica que el rango de concentración de nitrito debería encontrarse entre los 0 – 0.10 mg/L, esto para no exceder niveles que causan estrés (0.75 mg/L) a los animales y que pueden causar mortalidad (5 mg/L).

Nitrato (NO_3^-)

Los niveles de nitrato en el estudio no mostraron alguna diferencia significativa en los distintos tratamientos evaluados. Los niveles de concentración de esta variable a lo largo del experimento oscilaron entre (0 – 40 mg/L), siendo los más alto correspondientes al día que se realizaba recambio. Bautista Covarrubias y Ruiz Velazco Arce, Javier Marcial de Jesús (2011) indica que los niveles de

nitrito deben estar entre 0 y 40 mg/L, siendo estos generalmente los más seguros. Valores superiores a 80 mg/L pueden ser tóxicos. A menudo es difícil precisar la fuente de un alto contenido de nitratos, debido a que este puede provenir de muchas fuentes.

pH

Los niveles de pH no variaron a lo largo del experimento entre los tratamientos. El rango de pH en el transcurso de la experimentación se encontró entre (6.6 – 7.6). Mostrando así que la inclusión del noni en extracto de fruta y harina de hoja, no afectó negativamente el pH del agua. Nicovita (2002) indica que el rango óptimo para la tilapia es de (6.5 a 9.0), valores por encima o por debajo, causan cambios en el comportamiento, como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción. El pH interviene en la determinación si un agua es de carácter dura o blanda. La tilapia se desarrolla mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino. Su crecimiento se ve afectado en aguas ácidas y toleran hasta un pH de 5; un alto valor de pH como 11, no les genera alguna alteración (Saavedra Martínez 2006).

Conclusiones

La inclusión de noni (*Morinda citrifolia*), en extracto de fruto y harina mostró un efecto positivo en los parámetros productivos evaluados (ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia y peso final. Aunque no mostró un efecto significativo para la variable sobrevivencia.

El resultado de la inclusión de noni, tanto en extracto de fruto, como la harina de hoja de noni, tuvieron un comportamiento similar en los distintos parámetros productivos evaluados (índice de conversión alimenticia, ganancia diaria de peso y peso final).

La suplementación de noni en el alimento, tanto en extracto de fruto como en harina de hoja no mostraron un efecto negativo en los parámetros de calidad de agua evaluados.

Recomendaciones

Realizar el experimento desde el proceso de pre-engorde hasta cosecha, para poder evaluar la calidad de la canal y la incidencia de la suplementación de noni en la retención de proteínas y lípidos como el omega 6 y 3, en la canal resultante.

Desarrollar un estudio económico que muestre la factibilidad de incluir noni (*Morinda citrifolia*) en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) como prebiótico en la alimentación.

Probar la factibilidad de inclusión de otros aglutinantes que se tengan disponibles en las zonas de producción.

Referencias

- Bautista Covarrubias JC, Ruiz Velazco Arce, Javier Marcial de Jesús. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Fuente; [consultado el 5 de mar. de 2023]. 3(8). <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>.
- Bravo Yumi NP. 2007a. Efecto agudo del amoníaco en tilapia oja (*Oreochromis* sp.) [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 3 de feb. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2d946c56-7314-498f-bffc-a3bde86f5eb6/content>.
- Bravo Yumi NP. 2007b. Efecto agudo del Amoníaco en tilapia roja (*Oreochromis* sp.) [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p; [consultado el 27 de ene. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2d946c56-7314-498f-bffc-a3bde86f5eb6/content>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1997. Nutrición y alimentación de los peces. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 27 de ene. de 2023]. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.htm.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Versión resumida. [sin lugar]: FAO. 28 p. ISBN: 978-92-5-132780-7; [consultado el 15 de mar. de 2023]. <https://www.fao.org/3/ca9231es/ca9231es.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2022a. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. [sin lugar]: FAO. 288 p. ISBN: 978-92-5-136464-2; [consultado el 11 de feb. de 2023]. <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2022b. The state of world fisheries and aquaculture: Towards blue transformation. Rome: FAO. 236 p. (The state of world fisheries and aquaculture; vol. 2022). ISBN: 978-92-5-136364-5; [consultado el 15 de mar. de 2023]. <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>.
- González Castro MI. 2002. Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. Interferencia. 27(3):128–136. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33906605.pdf>.
- Granda Jaramillo HE. sep. 2022. Comparación de los parámetros de producción obtenidos en 8 estanques de producción de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) en una explotación piscícola con sistema de recirculación en el municipio de rio negro, Santander [Proyecto especial de graduación]. España: Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente ECAPMA; [consultado el 3 de mar. de 2023]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/51355/hegrandaj.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Halim MA, Lee P-P, Chang Z-W, Chang C-C. 2017. The hot-water extract of leaves of noni, *Morinda citrifolia*, promotes the immunocompetence of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Fish Shellfish Immunol. 64:457–468. eng. doi:10.1016/j.fsi.2017.03.045.
- Kristiana V, Mukyi A, Agustono. 2020. Increasing growth performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by supplementation of noni *Morinda citrifolia* fruit extract via diet. AACL Bioflux; [consultado el 27 de ene. de 2023]. 13(1):159–166. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2020.159-166.pdf>.
- Lili W, Ibrahim NSTNS, Haetami K, Grandiosa R. 2022. Influence of Supplementing Dietary Herbal

- Concentrations on Growth and Survival of Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Juveniles. AJFAR. 16(1):12–24. doi:10.9734/AJFAR/2022/v16i130362.
- Ma D, Hu Y, Wang J, Ye S, Li A. 2006. Effects of antibacterials use in aquaculture on biogeochemical processes in marine sediment. Sci Total Environ. 367(1):273–277. eng. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.10.014.
- Moh JHZ, Waiho K, Fazhan H, Shaibani N, Manan H, Sung YY, Ma H, Ikhwanuddin M. 2021. Effect of Noni, *Morinda citrifolia* fruit extract supplementation on the growth performances and physiological responses of the hepatopancreas of Whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei* Post Larvae. India: [sin editorial] (vol. 21). <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352513421002143?token=11C21EA7889DF274966E13E0ADFB8FD6F7F7F5DFD7A2D5F7FDC31130E091AED5977E437BE9D357DA7C0A7A4AC0533E25&originRegion=us-east-1&originCreation=20230303051126>.
- Mulyani, Rosidah. 2022. Role of the plant *Morinda citrifolia* L. in managment of diseases in fish cultured: a mini-review. Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research; [consultado el 27 de ene. de 2023]. 20(6):1–9. <https://acuiculturadeespana.es/alimentacion-saludable-y-vida-sostenible/valores-nutricionales-del-pescado-de-acuicultura/>.
- Nicovita. 2002. Manual de crianza tilapia. Argentina: [sin editorial]; [consultado el 5 de mar. de 2023]. 49 p. <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>.
- Nicovita. 2013. Amonio en el cultivo del tilapia. [sin lugar]: Conocimientoweb.net; [actualizado el 7 de jul. de 2013; consultado el 27 de ene. de 2023]. <https://conocimientosweb.net/dcmf/ficha14886.html>.
- Novianti, Umar NA, Budi S. 2022. The Effect of Various Concentrations of Seaweed *Caulerpa lentillirea* on Feed on The Growth of Tilapia. jae. 4(2):45–49. en. doi:10.35965/jae.v4i2.1523.
- Pérez R, Romeu B, Lastre M, Morales Y, Cabrera O, Reyes L, González E, Sifontes S, Pérez O. 2014. Inmunopotenciadores para la acuicultura. SCIELO; [consultado el 27 de ene. de 2023]. 23. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-028X2014000100005.
- Pisuttharachai D, Lerdsuwan S, Sangkhonkhet N, Nalinanon W. 2022. Effects of Diet Supplemented with *Morinda citrifolia* Fermented Extract on the Growth Performance and Feed Conversion Ratio of *Oreochromis niloticus*. ASEAN J. Sci. Tech. Report; [consultado el 1 de mar. de 2023]. 2(25):67–73. <https://doi.org/10.55164/ajstr.v25i2.246418>.
- Pompa T, Green B. 1990. Sex-Reversal-of-Tilapia-in-Earthen-Ponds. International Center for Aquaculture Alabama agricultural experiment station, Auburn University; [consultado el 2 de mar. de 2023]. 1(35). <http://agrilife.org/fisheries2/files/2013/09/Sex-Reversal-of-Tilapia-in-Earthen-Ponds.pdf>.
- Rahman A, Dabrowski J, McCulloch J. 2020. Dissolved oxygen prediction in prawn ponds from a group of one step predictors. Information Processing in Agriculture. 7(2):307–317. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317319301660>. doi:10.1016/j.inpa.2019.08.002.
- Ruiz Velazo Arce Javier JMdJ, Tapia Varela R, García Partida JR, González Vega H. 2006. Evaluación de un cultivo semi-Intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. Revista Electronica Veterinaria; [consultado el 4 de mar. de 2023]. 7(11). <http://dspace.uan.mx/bitstream/123456789/102/4/110622.pdf>.

- Saavedra Martínez MA. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua: [sin editorial]. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.
- Solomon N. 2001. El fenómeno del noni. 21ª ed. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 3 de feb. de 2023]. <https://actiweb.one/lastrincherasesnoni/archivo1.pdf>.
- Stickney RR. 2009. Aquaculture: An introductory text. 2ª ed. Oxfordshire UK, Cambridge MA: CABI. x, 304. ISBN: 978-1-84593-543-6.
- Valenzuela Vargas R, Martínez P, Arévalo JJ. 2017. Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Ingeniería y Región. 18:25–33. doi:10.25054/22161325.1737.
- 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. Fac. Ing; [consultado el 4 de mar. de 2023]. 23(36):9. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v23n36/v23n36a02.pdf>. doi:10.19053/01211129.2708.
- Xie S, Zheng K, Chen J, Zhang Z, Zhu X, Yang Y. 2011. Effect of water temperature on energy budget of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition. 17(3):e683-e690. doi:10.1111/j.1365-2095.2010.00827.x.