

Investigación Original**Suplementación de noni (*Morinda citrifolia*) en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.)**

Reina Denisse Donis-Salazar

reina.donis.2023@alumni.zamorano.edu

Estudiante de pregrado

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Patricio E. Paz ppaz@zamorano.edu

Profesor Asociado

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Historial del artículo:

Recibido noviembre 20, 2023. Aceptado mayo 5, 2024. Publicado junio 30, 2024.

Cómo citar: Donis-Salazar, R., & Paz, P.E. (2024). Suplementación de noni (*Morinda citrifolia*) en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Ceiba*, 57(1), 89-101. doi: 10.5377/ceiba.v57i1.18144

Resumen. La acuicultura es uno de los métodos más eficientes y sostenibles para la producción de proteína de alta calidad. Debido a su alto potencial esta industria ha tenido un crecimiento acelerado buscando alternativas que maximicen la producción, y minimicen la presencia de enfermedades. Por lo cual, el uso de antibióticos tuvo un gran auge, pero debido a efectos contraproducentes y concientización de los consumidores el uso de estos productos ha sido prohibido en muchos países. Por lo cual, 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, los 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. La suplementación de extracto de noni y harina de hoja generaron resultados significativos en los distintos parámetros productivos evaluados en comparación con el tratamiento control y el tratamiento con VIUSID, obteniendo los mejores valores para las variables de ganancia diaria de peso (0.308 y 0.268 g vs 0.184 y 0.206 g), peso final (9.121 y 8.562 g vs 7.124 y 7.361 g), índice de conversión alimenticia (2.361 y 2.374 vs 0.184 y 0.206) y biomasa final (329.375 y 319.688 g vs 278.438 y 309.688 g). Por lo cual, se pudo concluir que la implementación de noni como prebiótico en la producción de tilapia roja tiene un alto potencial debido a que no se presentaron efectos negativos en la calidad de agua y por las mejoras en los parámetros productivos evaluados.

Palabras Clave: Extracto de noni, harina, *Morinda citrifolia*, producción, tilapia roja.

Supplementation of noni (*Morinda citrifolia*) in red tilapia (*Oreochromis sp.*) production

Abstract. Aquaculture is one of the most efficient and sustainable methods for producing high-quality protein. Due to its high potential, this industry has had an accelerated growth, searching for alternatives to maximize production and minimize the presence of diseases. Therefore, the use of antibiotics had a great boom, but due to counterproductive effects and consumer awareness, these products have been banned in many countries. Therefore, 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 ANDEVA was employed with a significance value of $P \leq 0.05$. The results were analyzed using SAS software through a DUNCAN multiple distances test. Noni extract and leaf meal supplementation generated significant results in the different productive parameters evaluated in comparison with the control treatment and the VIUSID treatment, obtaining the best values for the daily weight gain variables (0.308 and 0.268 g vs. 0.184 and 0.206 g), final weight (9.121 and 8.562 g vs. 7.124 and 7.361 g), feed conversion ratio (2.361 and 2.374 vs. 0.184 and 0.206) and final biomass (329.375 and 319.688 g vs. 278.438 and 309.688 g). Therefore, it was concluded that the implementation of noni as a prebiotic in the production of red tilapia has a high potential due to the fact that there were no negative effects on water quality and because of the improvements in the productive parameters evaluated.

Keywords: Noni extract, flour, *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. 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, 2022a). 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 sostenimiento de alimentos acuáticos es 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, 2022b). La acuicultura considera que un ambiente sano es crucial no solo para el mantenimiento de un ecosistema natural, sino también para los organismos de cultivo (Stickney, 2009). Esta industria cuenta con una huella de carbono baja y un buen índice de conversión alimenticia (ICA) y 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, 2022). González-Castro (2002) indicó que 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.

La tilapia es, junto con la carpa y el salmón, uno de los peces más importantes en esta industria. La FAO (2021) estimó 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. 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.

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. Solomon (2001) y Ma et al. (2006) indican que 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 el cual facilita el metabolismo dentro del cuerpo de los animales y aumenta la absorción de nutrientes. Pérez et al. (2014) y Marisa Halim et al. (2017) mencionan que la xeronina presente en la fruta de noni actúa sobre la superficie del intestino, facilitando el proceso de absorción de los alimentos, haciendo que los nutrientes se aprovechen de manera óptima. Un proceso

óptimo de absorción repercutirá significativamente el aumento en la retención de proteínas. Kristiana & Mukti (2020), determinaron con 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.

Propósito/Objetivos

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto prebiótico de la inclusión de 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 su repercusión en los parámetros productivos, siendo estos: ganancia diaria de peso, peso final, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia. Así mismo, comparar el efecto de la inclusión de noni en los parámetros fisicoquímicos de calidad agua a lo largo del estudio.

Metodología

Ubicación y periodo de ejecución

El experimento se llevó a cabo entre los meses de noviembre y diciembre del año 2022 en 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 estudio

Se usaron 16 tanques circulares de plástico con capacidad de 200 litros (0.80 m diámetro superior, 0.68 m diámetro inferior y 0.54 m de altura) ubicados dentro de un

invernadero. La aireación fue provista por un aireador marca “Hurricane” de 3 hp y piedras difusoras Sweetwater® de 3.5 × 7 cm. Recambios de agua fueron realizados dos veces por semana.

Tratamientos

Se usaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno (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 + Jugo 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 & Mukti (2020). Frutas maduras de noni fueron tomadas de árboles existentes en el campus de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Cada fruta se lavó con agua tibia y se trituraron con un procesador de alimentos y luego, con la pasta obtenida, se procedió a exprimir el jugo utilizando un colador de tela. 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. La zeolita se usó como aglutinante de alimento para peces. Jaime et al. (1994) emplearon el uso de zeolita en el cultivo de camarón *Litopenaeus schmitti*, indicando que esta posee propiedades nutritivas que se ven reflejada en el crecimiento y eficiencia de utilización de nutrientes. También, recomiendan que los niveles de inclusión no sean mayores del 3-10%. El alimento preparado se secó en una habitación abierta a temperatura

ambiente hasta su secado. Por último, se almacenó en bolsas de plástico.

Protocolo de preparación de harina de hoja de noni

Se tomó como referencia el protocolo establecido por Marisa Halim et al. (2017). Se recolectaron hojas verdes de árboles de noni del campus de Zamorano. Se lavaron dos veces para eliminar cualquier contaminante, 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 LAAZ hasta obtener la textura de harina deseada.

Contenido nutricional de las dietas

Es importante considerar que la base para todos los tratamientos fue el alimento comercial Alcon 45% de Proteína Cruda (Cuadro 2).

Cuadro 2

Contenido Nutricional alimento comercial ALCON 45%

Componente	Contenido (%)
Humedad	13
Proteína	45
Grasa	5
Fibra	4
Ceniza	12
Fósforo	1

Para conocer el aporte nutricional que hacía la fruta del noni adicionada a la dieta comercial se realizaron análisis bromatológicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), donde se evaluaron las dos presentaciones, extracto de noni y harina de hojas. Aunque, es importante mencionar el propósito de la inclusión de noni en estas dietas no es por un propósito nutricional, ya que como se muestran en los Cuadros 3 y 4, su aporte es casi muy bajo. El principal propósito de inclusión fue por sus propiedades antioxidantes y sus compuestos fitoquímicos, que hacen del noni un excelente prebiótico.

Cuadro 3

Contenido Nutricional del extracto de noni (*Morinda citrifolia*).

Componente	Contenido (por 100g)
Humedad (%)	92.45
Carbohidratos (%)	4.89
Proteína (%)	2.30
Grasa (%)	0.101
Fibra (%)	4.28
Calcio (mg)	23.45
Fósforo (mg)	6.12
Magnesio (mg)	10.23
Sodio (mg)	35.72
Compuestos Fitoquímicos	+150.00

Cuadro 4

Contenido Nutricional de la harina de hoja de noni (*Morinda citrifolia*).

Componente	Contenido (por 100g)
Materia Seca (%)	25.64
Proteína (%)	10.33
Extracto etéreo (%)	2.66
Fibra (%)	1.07
Calcio (mg)	14.83
Fósforo (mg)	12.17
Magnesio (mg)	11.33
Compuestos Fitoquímicos	+150

Siembra de alevines y tamaño de muestra

El peso promedio de siembra de los alevines fue de 2.58 g. Los alevines fueron distribuidos uniformemente, siendo pesados en tres grupos y sembrando 40 alevines por tanque para un total de 640 alevines. Previo a la siembra y en cada muestreo, todos los alevines fueron sometidos a un baño de sal a 25 mg/L por 30 segundos. En cada muestreo, se escogieron al azar un 25% de los alevines por tanque. En todo el proceso de la investigación se contó con supervisión, considerando los puntos críticos como la distribución de los animales en la siembra y la selección aleatoria de las muestras para evitar el cegamiento. El agua utilizada en este ensayo provino de un reservorio que forma parte de la unidad de acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana.

Criterios de inclusión***Peso de los animales***

Se seleccionaron animales con un tamaño promedio, para el estudio el peso promedio de siembra fue de 2.58 gramos. Excluyendo a los animales muy grandes o pequeños, para minimizar variación o sesgo experimental.

Reversión sexual

Para el caso de este experimento se seleccionaron animales que hubieran pasado por reversión sexual, esto con el propósito de reducir el posible sesgo debido al sexo y permitiendo un crecimiento homogéneo.

Animales sanos

Se observó que los animales sembrados estuvieran en buenas condiciones de salud, para que no existiera un sesgo en cuanto la sobrevivencia estimada a lo largo del experimento debida a factores intrínsecos de los animales.

Alimentación

La cantidad de alimento proporcionado por tanque se calculó mediante la biomasa, usando un 11% de peso vivo de siembra (2.58 g). Luego de cada muestreo, se determinaba la biomasa y se ajustaba la alimentación siguiendo el proceso explicado anteriormente. Esta tasa de alimentación se determinó con base a la guía de alimentación por etapa de crecimiento para *Tilapia* Cargill-Alcon (2018). La frecuencia de alimentación fue de seis veces al día, aplicando tres alimentaciones por la mañana y tres en la tarde.

Calidad del agua

La temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) se midieron diariamente utilizando un medidor multiparámetro YSI Pro20A; el amonio (NH_4^+ ; mg/L) y amoníaco (NH_3 ; mg/L) se midieron dos veces por semana con un API Ammonia test kit. Nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-) se midieron dos veces por semana con un API

nitrite/nitrate kit. El pH se midió dos veces por semana usando el API pH test kit.

Muestreos y cosecha

Los muestreos se realizaron cada 10 días, comenzando con la siembra usando una balanza digital Ohaus Scout, pesando 10 animales por tanque (25% de la población). En la cosecha (día 45) se contaron todos los animales para el cálculo de sobrevivencia y realizar el último muestreo. Como variables de producción, por muestreo, se midió biomasa (g), índice de conversión alimenticia (ICA), ganancia diaria de peso (GDP; g), peso (g) y en el último muestro la sobrevivencia (%) para determinar la efectividad de la inclusión de noni.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se usó un diseño completamente al azar utilizando tres tratamientos con cuatro repeticiones. Las variables fueron analizadas mediante un análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo con una significancia de $p \leq 0.05$. De ser necesario, se usó la prueba de distancias múltiples Duncan. Se usó el programa Statistical Analysis System (SAS®) versión 9.4.

Resultados

Calidad del agua

El uso de extracto de fruta y la harina de hojas de noni no tuvo un impacto negativo sobre la calidad del agua en comparación al control. El Cuadro 5 especifica los resultados obtenidos para las variables de calidad de agua medidos.

Cuadro 5

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

Indicadores	Control	Extracto de Fruta	Harina de Hoja	VIUSID	P	E.E.
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. P: Probabilidad; 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: amoniaco; NO₃: nitrato; NO₂: nitrito.

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. 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 evaluados (ganancia diría de peso, biomasa final, peso final e índice de conversión alimenticia) en

comparación al tratamiento control y el producto comercial VIUSID (Cuadro 6). En los parámetros de calidad de agua y sobrevivencia no se observaron diferencias ($P > 0.05$) en los tratamientos. 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 9 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 (Cuadro 6).

Cuadro 6

Análisis de parámetros generales y sobrevivencia 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	P	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
SOB (%)	76.875	83.75	81.666	83.75	0.6089	0.023

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). P: Probabilidad; EE.: 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 biomasa final los mejores valores los obtuvo el

tratamiento 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) (Figura 1). Para peso final se evidenció un comportamiento favorable para los tratamientos

de extracto de noni y harina de hoja con respecto al tratamiento VIUSID y control (Figura 2). En el índice de conversión alimenticia el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento de extracto de noni, mostrando así su efecto, haciendo más eficientes a los animales (Figura 3). Los valores de ICA observados en este ensayo fueron mayores a la norma debido a la presentación del alimento en polvo, el cual no es bien aprovechado por los peces. Aunque hubo un comportamiento similar para esta variable con respecto al tratamiento de harina de hoja de noni

con respecto al tratamiento VIUSID. Para ganancia diaria de peso los mejores resultados los presentó el tratamiento de extracto de noni y harina de hoja con respecto al tratamiento VIUSID y control (Figura 4). 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 evidenció en los valores más altos obtenidos para las variables de biomasa y peso final.

Figura 1

Biomasa final en los cuatro tratamientos evaluados, del día 0 al día 45.

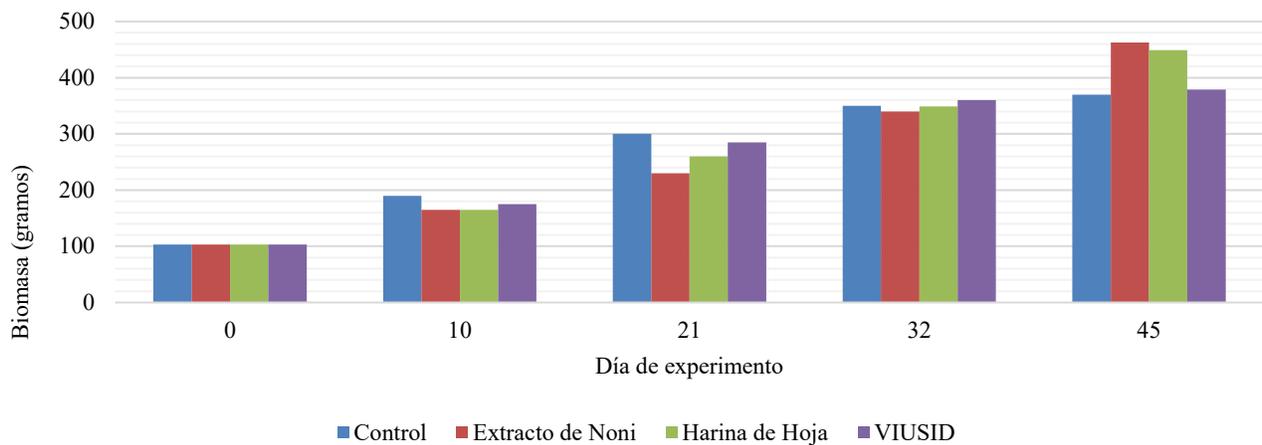


Figura 2

Peso final en los cuatro tratamientos evaluados, del día 0 al día 45

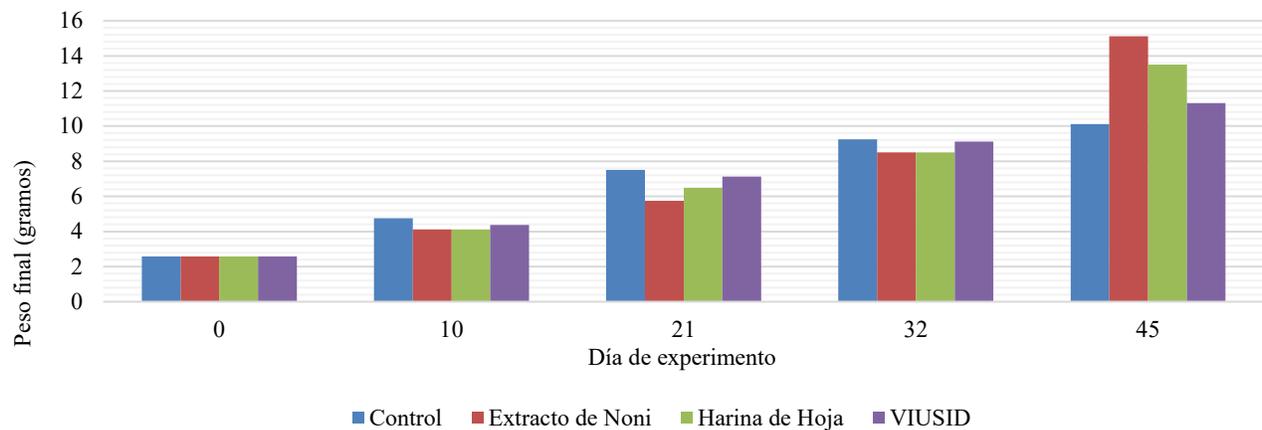


Figura 3

Gráfico de índice de conversión alimenticia (ICA) en los cuatro tratamientos evaluados, del día 0 al día 45.

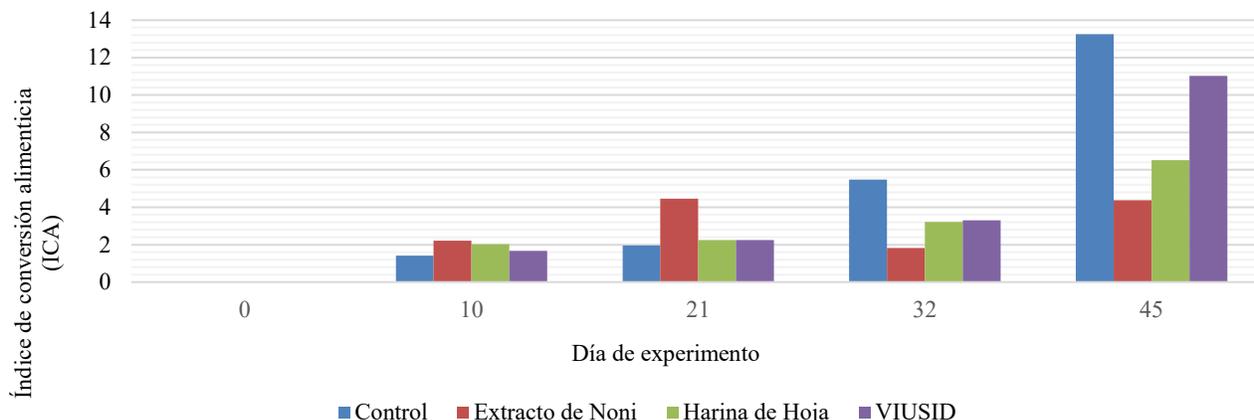
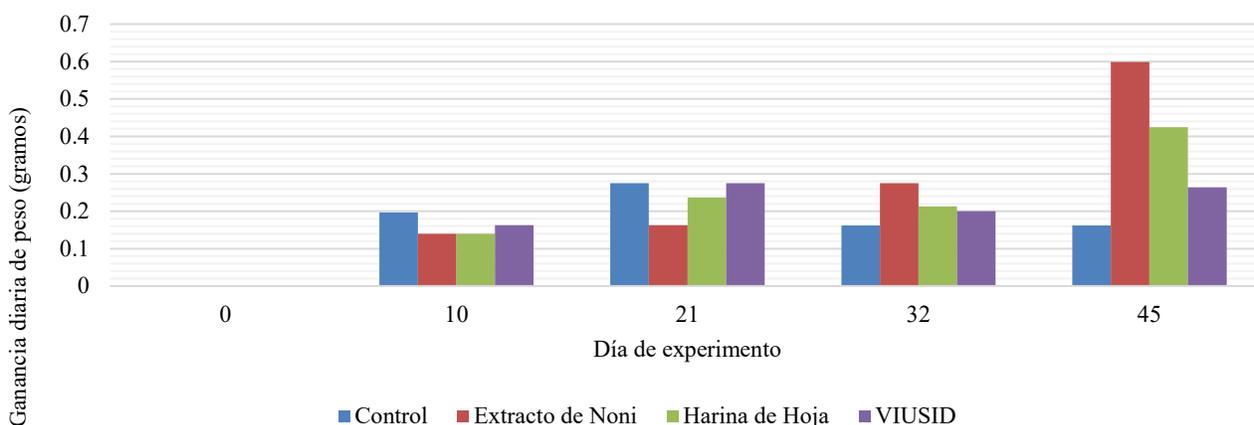


Figura 4

Ganancia diaria de peso (GDP) en los cuatro tratamientos evaluados, del día 0 al día 45.



Discusión/Conclusiones

Boyd (2015) y Marisa Halim et al. (2017) determinaron que la calidad del agua es esencial para la sobrevivencia de la tilapia roja. El agua como medio de crecimiento debe controlarse para mantener las condiciones óptimas que permitan la producción sostenible de tilapia roja (Valenzuela Vargas et al., 2017). Según Valenzuela-Vargas et al. (2017) y Vásquez-Salazar et al. (2014) las condiciones de temperatura deben mantenerse lo más estable posible para un buen rendimiento y sobrevivencia, condiciones que se consiguieron

en este experimento gracias al uso de un invernadero. Saavedra-Martinez (2006) y Rahman et al. (2020) indican que el nivel de concentraciones de oxígeno disuelto para tilapia oscila entre 3.3 y 5 mg/L o superior; al permanecer en niveles óptimos, los organismos mantienen un metabolismo estable al no presentar estrés y por lo tanto un crecimiento aceptable (Bautista Covarrubias & Ruiz Velazco Arce, 2011; Ruiz Velazco Arce et al., 2006). Boyd (2015) y Vásquez-Salazar et al. (2014) indican a 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. Bravo Yumi (2007) indica que la tilapia tolera condiciones que otras especies no podrían tolerar, como el caso de concentraciones de amonio observadas en este experimento. Saavedra-Martinez (2006) indica que una alta concentración de amonio produce efectos deletéreos en el crecimiento de la tilapia.

Kristiana & Mukti (2020) soportan los resultados productivos en este experimento, destacando que la aplicación de extracto de noni no mejoró la sobrevivencia de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Popma y Green (1990) indican que una sobrevivencia aceptable para la etapa de pre-engorde es entre 70 y 80%, lo que concuerda con este estudio. Granda Jaramillo (2022) igualmente aporta que la sobrevivencia está relacionada con la biomasa sembrada e incluso con el balance de las dietas usadas, en concordancia con la metodología de este experimento.

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. Según Marisa Halim et al., (2017) la inclusión de extracto de hojas de noni mejoró sustancialmente el comportamiento productivo del langostino gigante de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*), resultados que concuerdan con los observados en este experimento con tilapia roja (*Oreochromis niloticus*).

En estudios realizados por Kristiana & Mukti, (2020) se respaldan los resultados obtenidos para la variable de peso final. En esta investigación 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, donde el índice de crecimiento diario fue de 0.0150% contra los demás niveles de inclusión 100 y 300 mL (0.0135%, 0.0147%) superando el tratamiento control (0.0105%).

Como lo indican Pisuttharachai et al., (2022) la xeronina presente en el noni impacta los procesos metabólicos que se ven reflejados en el hábito de crecimiento de los animales. Además, el noni estimula el apetito, actuando como prebiótico, reduciendo el crecimiento de bacterias patógenas, aumentando la presencia de bacterias benéficas (Kristiana & Mukti, 2020). Pisuttharachai et al. (2022) indican 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. En lo que refiere al índice de conversión alimenticia (ICA), Pisuttharachai et al. (2022) agregan que la xeronina es importante en la síntesis de proteínas, absorción de glucosa y otros procesos metabólicos. Xie et al. (2011) y Novianti et al. (2022) indican que un ICA ideal debería ser inferior a dos. Para este experimento los valores de ICA fueron más altos de lo usual en todos los tratamientos. Estos resultados pueden deberse a problemas en la alimentación. Aunque, el consumo diario se repartió en 6 dosis al día para mejorar la asimilación de este, dar las dosis un corto tiempo de diferencia pudo influir en obtener valores de ICA más altos. Otro factor que pudo haber influido fue el uso de aglutinante (zeolita). En el caso de los tratamientos de extracto de jugo y harina de hoja, los valores de ICA fueron más bajos esto puede deberse al uso de aglutinante, el cual permitió que el alimento pudiera permanecer más tiempo en superficie y así mejorar su aprovechamiento por parte de los animales. Al contrario, los tratamientos control

y VIUSID donde no se utilizó un aglutinante adicional, más que el de la formulación del alimento comercial, haciendo que el alimento no permaneciera más tiempo en superficie, explicando así los valores más altos. Lili et al. (2022) indican 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. Obteniendo valores de 0.51 de ICA para el tratamiento de 50ml de inclusión. 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.

Similar a lo encontrado por Moh et al. (2021) en la ganancia diaria de peso con la inclusión de noni en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Los resultados del tratamiento con el mayor porcentaje de inclusión de noni (5%) obtuvieron el valor más alto de GDP (0.28 g/día) al día 30, correspondiente al final del experimento. Estos resultados positivos resaltan la función de enzimas antioxidantes que están fuertemente correlacionadas con el uso de noni.

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 & Mukti (2020) donde evaluaron el aumento del crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) mediante la suplementación con extracto de noni (*Morinda citrifolia*) Donde el nivel de supervivencia fue de 100% para todos los tratamientos evaluados.

Con base en los resultados encontrados, se puede concluir que la inclusión de noni (*Morinda citrifolia*) tanto en extracto de fruto como su harina, tiene un efecto positivo sobre la productividad de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y no impacta la calidad de agua de la producción.

Contribuciones de los autores

Donis-Salazar, R- Conceptualización de la investigación; Implementación de metodología de campo; recolección, procesamiento y análisis de datos; revisión de borrador original y artículo final. Paz, P.E. - Conceptualización de la investigación, planificación, coordinación y supervisión de la investigación; Implementación de metodología de campo, software y recursos; procesamiento, curación y análisis de datos; revisión de borrador original y artículo final.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Maria Fernanda Oyuela por su apoyo en el establecimiento y desarrollo de las actividades iniciales del estudio.

Referencias Bibliográficas

- Bautista Covarrubias, J. C., & Ruiz Velazco Arce, J. M. d. J. (2011). Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente*, 8(3), 10–14.
- Bravo Yumi, N. P. (2007). *Efecto agudo del amoníaco en tilapia roja (Oreochromis sp.)* [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2d946c56-7314-498f-bffc-a3bde86f5eb6/content>
- Boyd, C. E. (2015). *Water Quality*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-17446-4>
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Versión resumida*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9231es>
- FAO. (2021). *Pesca y acuicultura: Acuicultura sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- <https://www.fao.org/fishery/es/aquaculture>
- FAO. (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022*. FAO.
<https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. FAO.
<https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- González-Castro, M. I. (2002). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27(3), 128–136.
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33906605.pdf>
- Granda Jaramillo, H. E. (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*.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/51355>
- Marisa Halim, A., 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 Immunology*, 64, 457–468.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.045>
- Jaime, B., Peláez, A., de la Paz, D., & Fernández, A. (1994). Efecto de la zeolita en dietas para la precría del camarón blanco *Penaeus schmitti*. *Revista Cuba*, 5(18), 10–14.
- Kristiana, V., & Mukti, A. T. (2020). Increasing growth performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by supplementation of noni *Morinda citrifolia* fruit extract via diet. *AACL Bioflux*, 13(1), 159–166.
- Lili, W., Ibrahim, N. S. T. N. S., Haetami, K., & Grandiosa, R. (2022). Influence of Supplementing Dietary Herbal Concentrations on Growth and Survival of Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Juveniles. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 12–24.
<https://doi.org/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. *The Science of the Total Environment*, 367(1), 273–277.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.10.014>
- Ruiz Velazco Arce, J. M. d. J., Tapia Varela, R., García Partida, J. R., & González Vega, H. (2006). Evaluación de un cultivo semi-Intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VII(11), 1–12.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612653020>
- Moh, J. H. Z., Waiho, K., Fazhan, H., Shaibani, N., Manan, H., Sung, Y. Y., 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. *Aquaculture Reports*, 21, 100798.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100798>
- Mulyani, R. Y. (2022). Role of the plant *Morinda citrifolia* L. in management of diseases in fish cultured: A Mini-review. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 20(6), 1–9.
- Pérez, R., Romeu, B., Lastre, M., Morales, Y., Cabrera, O., Reyes, L., González, E., Sifontes, S., & Pérez, O. (2014). Inmunopotenciadores para la

- acuicultura. *VacchiMonitor*, 23(1), 24–31.
- 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 Journal of Scientific and Technological Reports*, 25(2), 67–73.
<https://doi.org/10.55164/ajstr.v25i2.246418>
- Popma, T. J., & Green, B. W. (1990). *Sex reversal of tilapia in earthen ponds* (Research and Development Series No. 35). Auburn University.
- 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://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.08.002>
- Saavedra-Martinez, M. A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA).
- Solomon, N. (2001). *El fenómeno noni* (21st ed). Direct Source Publishing.
- Stickney, R. R. (2009). *Aquaculture: An introductory text* (2nd ed.). CABI.
- Valenzuela Vargas, R., Martínez, P., & Arévalo, J. J. (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.
<https://doi.org/10.25054/22161325.1737>
- Vásquez-Salazar, R. D., Pupo-Urrutia, A. C., & Jiménez-Aguas, H. J. (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. *Facultad De Ingeniería*, 23(36), 9–23.
- 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.