



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2024; 15:1-17. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2024.13>  
Artículo Original. Recibido: 11/07/2023. Aceptado:25/05/2023. Publicado: 19/07/2024. Clave: e2023-23  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_xQI3ouuD6Q](https://www.youtube.com/watch?v=_xQI3ouuD6Q)

## Efecto del ajo en polvo (*Allium sativum*) sobre el rendimiento de crecimiento, composición bioquímica, utilización de nutrientes y supervivencia de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)



Effects of garlic powder (*Allium sativum*) on growth performance, biochemical composition, nutrient utilization, and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Gutiérrez-Leyva Ranferi\*<sup>1, 2</sup> , Carmona-Gasca Carlos<sup>3</sup> , Ramírez-Ramírez José<sup>1</sup> ,  
Rodríguez-Carpena Javier<sup>1</sup> , De-La-Cruz-Moreno Carlos<sup>1</sup> , Escalera-Valente  
Francisco\*\*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Academia Salud Pública Veterinaria, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Compostela-Chapalilla km 3.5, C.P. 63700, Compostela, Nayarit, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Laboratorio de Análisis Especiales, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Compostela-Chapalilla km 3.5, C.P. 63700, Compostela, Nayarit, México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Laboratorio de Biología Funcional, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Compostela-Chapalilla km 3.5, C.P. 63700, Compostela, Nayarit, México. \*Autor responsable: Gutiérrez-Leyva Ranferi. \*\*Autor de correspondencia: Escalera-Valente Francisco, Carretera Compostela-Chapalilla km 3.5, C.P. 63700, 013272771718, Compostela, Nayarit, México. E-mail: ranferi.gutierrez@uan.edu.mx, carmonagasca@uan.edu.mx, josec.ramirez@uan.edu.mx, german.rc@uan.edu.mx, carlosdelacruz@uan.edu.mx, fescalera@uan.edu.mx

### Resumen

El objetivo fue evaluar crecimiento, composición bioquímica, utilización de nutrientes, y supervivencia de la tilapia del Nilo al utilizar diferentes niveles dietarios de ajo en polvo en dos bioensayos de 30 días. Bioensayo 1: A 84 tilapias juveniles se les proporcionaron alimentos con 317 g/kg de proteína y una relación P/E de 16.7 g/MJ que contenían niveles de 0, 10, 20 y 30 g/kg de harina de ajo. Bioensayo 2: A 96 tilapias preadultas se les asignaron los alimentos del primer bioensayo con un diseño experimental similar para evaluar en ambas pruebas parámetros zootécnicos, y de utilización del alimento. Adicionalmente, el segundo bioensayo determinó la composición energética, proteica y lipídica del filete más triglicéridos y colesterol. Los tres niveles de inclusión no tuvieron un efecto significativo en los parámetros zootécnicos y de utilización del alimento respecto al control ( $p > 0.05$ ), y por el contrario si afectaron la composición energética, proteica, lipídica, y contenidos de triglicéridos y colesterol, sobre todo a niveles de inclusión de 20 g/kg ( $p < 0.05$ ). Niveles dietarios de 10, 20 y 30 g/kg de harina de ajo no afectan el desempeño productivo de la tilapia, y si modifican la composición de nutrientes y el perfil bioquímico del filete.

**Palabras clave:** tilapia del Nilo, rendimiento de crecimiento, alimento funcional, parámetros zootécnicos, triglicéridos, colesterol.

### Abstract

The main objective was to evaluate growth performance, biochemical composition, nutrient utilization, and survival of Nile tilapia using different dietary levels of garlic powder in two 30-day bioassays. Bioassay 1: 84



juvenile tilapias were fed on diets with 317 g/kg of protein and a P/E ratio of 16.7 g/MJ containing levels of 0, 10, 20, and 30 g/kg of garlic meal. Bioassay 2: 96 pre-adult tilapias were assigned the diets from the first bioassay with a similar experimental design to evaluate zootechnical parameters and feed utilization in both trials. Additionally, the second bioassay determined the energetic, protein and lipid composition of the fillet plus triglycerides and cholesterol. The three levels of inclusion did not have a significant effect on the zootechnical parameters, and the use of feed compared to the control ( $p > 0.05$ ), and on the contrary, they did affect the energy, protein, and lipid composition, and triglyceride and cholesterol contents, especially at inclusion levels of 20 g/kg ( $p < 0.05$ ). Dietary levels of 10, 20 and 30 g/kg of garlic powder do not affect the productive performance of tilapia, and they do modify the nutrient composition and the biochemical profile of the fillet.

**Keywords:** Nile tilapia, growth performance, functional food, zootechnical parameters, triglycerides, cholesterol.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) del Sistema Producto tilapia de México en años recientes detecta que las principales debilidades del sector son: i) poca rentabilidad en el eslabón primario de producción; ii) altos costos de producción donde el mayor *ítem* es el alimento comercial [40 a 60 %]; iii) falta de gestión de apoyos oficiales para buscar incrementar los volúmenes de producción y comercialización; y iv) falta de vinculación con el sector de investigación para generar valor agregado en el producto, entre otras. Con base en esta problemática se requieren nuevos proyectos de investigación enfocados en incrementar el uso de ingredientes de alta disponibilidad y funcionalidad comprobada (Puente *et al.*, 2019; Gutiérrez-Leyva *et al.*, 2020; Zavala-Leal & Ortega, 2021).

La tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (L., 1758), es una de las principales especies de cultivo a nivel mundial por su alta demanda (Gutiérrez-Leyva *et al.*, 2022) representando en 2019 una producción mundial de 6 millones de t de tilapia producida por acuicultura (El-Sayed & Fitzsimmons, 2023). En México, la CONAPESCA registró en el 2020 una producción total acuícola de mojarra-tilapia de 72,595.06 t (CONAPESCA, 2021), y de acuerdo con el Consejo Empresarial Mexicano de la Tilapia Mexicana, A.C., en 2018 México importó 75,600 t. Una meta relevante para incrementar la tasa de producción actual de tilapia implica el desarrollo de nuevas investigaciones centradas en determinar el beneficio de utilizar diferentes modelos de producción que sean ecoeficientes, y determinar cómo su aplicación influye en los parámetros económicos y productivos (Janssen *et al.*, 2017; Gutiérrez-Leyva *et al.*, 2020).

Los nutrimentos más abundantes del ajo, *Allium sativum* (L., 1753) son las grasas (28.41 %) y los carbohidratos (1.42 %). Los compuestos bioactivos funcionales reportados en el bulbo son: alicinas, cicloalinas, E-ajoeno, Z-ajoeno, disulfuro de dialilo, sulfuro de dialilo, 3-vinil-1,2-ditina, trisulfuro de dialilo, S-alil-cisteína, S-alilmercaptocisteína, ácido cefeico, tetrasulfuro de dialilo, trisulfuro de metilo de alilo, vinilditiinas, y otros que representan el 82% del contenido total de azufre del ajo (El-Saber *et al.*, 2020; Tudu *et al.*, 2022). Los componentes azufrados del ajo actúan como precursores y regeneradores del glutatión



reducido (GSH), como inductores enzimáticos de la síntesis y regeneración de GSH o como antioxidantes *per se* (Öztürk *et al.*, 1994). *A. sativum* tiene propiedades muy variadas como: diaforéticas, expectorantes, antiespasmódicas, antisépticas, antimicrobianas, hipotensivas y antihelmínticas y es un promotor de la leucocitosis. Por lo cual su uso actual se centra en sus acciones antihipertensivas, antiaterogénicas, antitrombóticas, antimicrobianas, fibrinolíticas, preventivas del cáncer e hipolipemiantes entre otras (López-Luengo, 2007).

Se han publicado avances importantes en el uso del ajo en peces a nivel de crecimiento y respuesta por ejemplo en híbridos de tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) según Fall & Ndong (2007), a nivel de la microbiota y como moderador de la salud contra *Streptococcus iniae* en *O. niloticus* (Foysal *et al.*, 2019), también sobre la actividad antioxidante de *O. niloticus* (Metwally, 2009) y para aumentar la respuesta inmune no específica de *O. niloticus* (Marentek *et al.*, 2013). En la actualidad hay reportes de su uso con efectos positivos en especies como el bagre de rayas (*Pangasianodon hypophthalmus*) revelando que la inclusión de 20 g/kg en el alimento mejora el crecimiento, la utilización del alimento y la calidad de la carne (Patel *et al.*, 2022); también en la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) aumentando en el cuerpo del pez la proporción de proteína con una disminución en su contenido de humedad y lípidos, lo cual influyó en reducir los niveles de ácidos grasos, ácidos grasos monoinsaturados y por el contrario, provocó un aumento en los ácidos grasos poliinsaturados. Por lo cual, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión dietarios de harina de ajo comercial en términos de rendimiento de crecimiento, composición bioquímica, utilización de nutrientes, y supervivencia de la tilapia nilótica en dos etapas de desarrollo con el propósito de establecer recomendaciones de su uso.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Preparación de ingredientes y diseño de alimentos

Un lote de 3 kg de harina de ajo marca comercial fue obtenido en México. Para el desarrollo de los alimentos balanceados para tilapia, diferentes ingredientes comerciales fueron obtenidos con distribuidores locales de Nayarit y Jalisco. Los alimentos se formularon tomando como base el requerimiento de *O. niloticus* en proteína de 330 g/kg determinado por Huang *et al.* (2022), y en referencia al requerimiento de proteína/energía de 18 MJ/kg definido por Portz & Liebert (2004) usando el software AFOS™ (Five Horizons LLC, Dover, DE, USA). Se diseñaron 4 alimentos: un control y tres con inclusión de harina de ajo del 10, 20 y 30 g/kg, los cuales se elaboraron según el método descrito por Gutiérrez-Leyva *et al.* (2022) en una planta piloto de alimentos. En primera instancia los macro ingredientes fueron tamizados a 350 µm (pasta soya, harina trigo y harina de sardina), después se combinaron con las premezclas de vitaminas y minerales en una mezcladora de alimentos Kitchen Aid de 4 L (Modelo K5SS, Michigan, USA) por espacio de 10 min, posteriormente se adicionaron los lípidos (aceite de girasol) y se mezclaron



por 5 min más, y por último se adicionó agua a temperatura de 80 °C (aproximadamente el 400 g/kg del peso total de los ingredientes) hasta formar una masa uniforme en textura. La mezcla fue extruida en un molino de carne (Tor Rey, México) de 3/4-HP a través de dado con orificios de 2.2 mm en diámetro. Los pellets obtenidos fueron cortados manualmente con una espátula metálica y posteriormente se secaron en una estufa con flujo de aire a temperatura de 40 °C hasta un valor de humedad de  $10 \pm 2$  %.

### **Organismos y sistema experimental de cultivo**

Se trasladaron un total de 1,000 crías hormonadas de tilapia del Nilo del UNCIBNOR (Tepic, Nayarit, México) y se aclimataron a las condiciones del laboratorio (temperatura de  $28 \pm 0.5$  °C y nivel de oxígeno disuelto de  $6.0 \pm 0.5$  mg/mL) en un tanque de fibra de vidrio con capacidad de 2 m<sup>3</sup>. Los alevines de tilapia se alimentaron diariamente al 10 % de biomasa con un alimento comercial para tilapia que contenía 440 g/kg de proteína cruda y 80 g/kg de lípidos (Nutripec-Purina, México) hasta que alcanzar el tamaño requerido para el primer ensayo de crecimiento con juveniles. El sistema de cultivo para conducir los bioensayos de crecimiento consistió en 12 tanques marca Rotoplast de 1200 L tapados en la parte superior para evitar productividad primaria por no haber fotoperiodo natural en el sistema, los cuales fueron acoplados a un sistema de abasto de agua alimentado con agua dulce de pozo profundo, además equipados con tubos de aireación, calentador sumergible de 200 W, y sistema de drenaje. La temperatura del agua y el oxígeno disuelto se monitorearon diariamente con un detector digital portátil AR modelo 8406 (Smart Sensor Taiwán R.O.C) y un refractómetro portátil, respectivamente. Los nutrientes nitrogenados de nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y nitrógeno amoniacal total (NAT: NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se determinaron cada semana utilizando un kit comercial de agua dulce API y acto posterior se reemplazó el 95% del volumen del agua de cada tanque (MARS, Chalfont, PA, USA). Todos los peces se pesaron en los días 0, 15 y 30 en las pruebas de crecimiento. Tanto en los procedimientos de traslado de los peces al laboratorio, periodo de aclimatación y realización de los bioensayos se utilizaron los protocolos de bienestar animal recomendados por la Norma Oficial Mexicana NOM-022-PESC-1994, manifestados en el documento interno de bienestar animal clave BA-2023C.

### **Análisis químicos proximales y de energía**

Muestras de las harinas como ingredientes, alimentos y los filetes de las tilapias fueron secados en estufa a 105 °C por 24 h, después finamente molidos y analizados en su composición química proximal de proteína cruda (%Nitrógeno  $\times$  6.25), extracto etéreo (lípidos), materia seca, fibra cruda y cenizas, todo esto con los métodos estandarizados descritos por la [A.O.A.C. \(2012\)](#). El extracto libre de nitrógeno se calculó desde la composición proximal con la siguiente ecuación % ELN = 100 – (% proteína + % extracto etéreo + % cenizas + % humedad + % fibra cruda). La energía bruta se determinó utilizando un calorímetro isoperibólico (IKA, Wilmington, NC, USA).



## Bioensayos de crecimiento y parámetros productivos

Se realizaron dos bioensayos de crecimiento con duración de 30 días en el periodo de invierno correspondiente al 2022-2023 en la localidad de Compostela, Nayarit, México (21.23073 latitud;104.88187 longitud). Para el primer bioensayo de crecimiento se utilizaron 84 juveniles de tilapia nilótica (peso inicial promedio  $15.1 \pm 0.25$  g), los cuales se pesaron y se distribuyeron aleatoriamente en un diseño de cuatro tratamientos por triplicado con una densidad de cultivo de 7 peces/tanque, las cuales fueron alimentadas con una tasa de alimentación a saciedad aparente de 2.079 g/tilapia/día. Para el segundo bioensayo se utilizaron 96 tilapias preadultas (peso inicial promedio  $80 \pm 2.5$  g), con una densidad de cultivo de 8 peces/tanque con una tasa de alimentación a saciedad aparente de 7.54 g/tilapia/día. Al final de ambos experimentos de crecimiento se determinaron los parámetros productivos siguientes de acuerdo con [Gutiérrez-Leyva et al. \(2022\)](#):

- Supervivencia (%) = (número final de peces/número inicial de peces)  $\times$  100
- Biomasa ganada (g) = (PF-PI), donde PF es el peso final del pez (g) y PI es el peso inicial del pez (g)
- Tasa específica de crecimiento (%/día) =  $[(\text{Ln PF} - \text{Ln PI})/\text{días}] \times 100$ , donde Ln es el logaritmo natural
- Ganancia diaria de peso (g/tilapia/día) = biomasa ganada/ número de días experimentales
- Alimento aparentemente consumido =  $[(\text{consumo de alimento (g)})/(\text{número de peces})]/\text{día}$
- Conversión alimenticia =  $[\text{alimento aparentemente consumido (g)}/\text{biomasa ganada (g)}]$
- Proteína ingerida = alimento aparentemente consumido (g/tilapia/día)  $\times$  contenido de proteína del alimento
- Eficiencia proteica = biomasa ganada (g)/proteína ingerida (g).

## Análisis proximales y bioquímicos de la tilapia

Al finalizar el bioensayo 2 se determinó la composición química de proteína y extracto etéreo (lípidos) en muestras de filetes de tilapia por triplicado obtenidos de la región dorsal a 5 cm de la cabeza de tilapias muertas por eutanasia para cada tratamiento experimental, las cuales fueron deshidratadas en estufa eléctrica a una temperatura de 105 °C por 24 h antes de ser analizadas según los criterios de la [A.O.A.C. \(2012\)](#). También se obtuvieron muestras de tejido fresco de tres tilapias por tratamiento en la región dorsal indicada y se llevaron a cabo bioensayos *in vitro* para triglicéridos (glicerol fosfato oxidasa/peroxidasa) con un kit de marca comercial (BioSystems™, Barcelona, España), y de la misma forma para colesterol con kit comercial (colesterol oxidasa/peroxidasa), todo ello de acuerdo a los procedimientos desarrollados por [Galvis-Gómez et al. \(2016\)](#) para la extracción y cuantificación de la fracción mayoritaria de lípidos utilizando una mezcla de hexano e isopropanol en la separación para posteriormente aplicar en las



muestras la cuantificación enzimática. Para la eutanasia de las tilapias se utilizaron los procedimientos descritos por [Afonso et al. \(2001\)](#).

### **Análisis estadístico**

La normalidad y homogeneidad de varianzas de todos los datos se verificó utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett, respectivamente. Los valores promedio para cada tratamiento de los parámetros zootécnicos, biométricos, composición química corporal, perfiles bioquímicos de triglicéridos y colesterol se analizaron mediante ANOVA de una vía, y posteriormente con la prueba de comparación múltiple de Tukey para determinar grupos diferentes con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  en ambos casos ([Sokal & Rohlf, 1995](#)). Los cálculos se procesaron con el paquete STATISTICA™ Versión 6.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

## **RESULTADOS**

La composición de ingredientes, nutrimental y energética de los alimentos experimentales se presentan en la Tabla 1. Las pruebas experimentales se realizaron bajo condiciones de alimentación con tratamientos que fueron no isoproteicos, pero si isoenergéticos, con un contenido promedio de proteína de 317 g/kg y una relación Proteína/Energía (P/E) promedio de 16.7 g/MJ entre los cuatro tratamientos respectivamente (Tabla 1).

Los parámetros de calidad de agua monitoreados durante 30 días experimentales en condiciones de agua clara sin productividad primaria en cada bioensayo se presentan en la Tabla 2. Los valores promedio en la columna de agua de los parámetros temperatura y oxígeno disuelto de ambos bioensayos fueron ligeramente variables (25.2 vs 26.0 y 6.2 vs 5.9 mg/L), y los valores de pH, nitrógeno amoniacal total, nitritos y nitratos siguieron la misma tendencia entre tratamientos y entre bioensayos, reflejando un efecto de la calidad del alimento y de las condiciones experimentales utilizadas en el periodo de invierno indicado en la Tabla 2.

Los parámetros productivos del primer bioensayo de crecimiento con organismos juveniles y una duración de 30 días se presentan en la Tabla 3. La comparación del tratamiento control respecto a los alimentos con 10, 20 y 30 g/kg de harina de ajo no presentaron un efecto significativo en el ANOVA ( $p > 0.05$ ) en los parámetros de Supervivencia (S), Peso Inicial (PI), Peso Final (PF) Biomasa Ganada (BG), Tasa Específica de Crecimiento (TEC), Ganancia Diaria de Peso (GDP), Conversión Alimenticia (CA) y Eficiencia Proteica (EP).



**Tabla 1. Nivel de inclusión de ingredientes, composición nutrimental y energética de los alimentos utilizados en los bioensayos de crecimiento con *O. niloticus***

Ingredientes (g/kg alimento)	Control	HA10	HA20	HA30
Harina de ajo <sup>1</sup>	----	10.0	20.0	30.0
Harina de trigo <sup>2</sup>	408.21	441.15	432.07	422.98
Pasta de soya <sup>3</sup>	200.00	200.00	200.00	200.00
Harina de sardina <sup>4</sup>	272.39	227.70	226.62	225.54
Vitaminas y minerales <sup>5</sup>	25.00	25.00	25.00	25.00
Aceite de girasol <sup>6</sup>	54.40	56.14	56.31	56.48
Grenetina (ligante) <sup>7</sup>	40.00	40.00	40.00	40.00
Composición proximal (g/kg) y energética en base seca (n=3, ± desviación estándar).				
Materia seca	887.0±1.1	897.8±0.8	888.6±2.1	899.4±0.4
Proteína cruda	327±3.0	310±4.0	304±5.0	306±2.0
Extracto etéreo	89±1	88±0	81±0	85±1
Fibra cruda	36±6	27±2	32±1	44±1
Cenizas	71.8±1.4	62.0±3.3	66.8±1.2	64.1±3.1
Energía bruta (MJ/kg)	18.9±0.04	18.9±0.08	18.6±0.00	18.5±0.05
Extracto libre de nitrógeno <sup>§</sup>	424	387	384	399
Relación P/E (g/MJ) <sup>§</sup>	17.3	16.4	16.4	16.6

Códigos de los alimentos en función del nivel de inclusión del ingrediente: HA10, HA20 y HA30 (10, 20 y 30 g/kg de harina de ajo).

<sup>1</sup>Bulbos deshidratados y pulverizados. Encapsuladoras de México, S.A. de C.V. Lote AS7322.

<sup>2</sup>Harina extrafina Guadalupe. Harinas Guadalupe, S.A. de C.V. Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>3</sup>Forrajes Barajas, S.A. de C.V. Tepic, Nayarit, México.

<sup>4</sup>Proteínas Marinas y Agropecuarias, S.A. de C.V. Zapopan, Jalisco, México.

<sup>5</sup>Premezcla vitamínico y mineral fortificada Farmix C-3060® constituida por: aceite mineral, vitamina A-acetato, vitamina D3, vitamina E-acetato, vitamina K3, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B6, vitamina B12, biotina, ácido fólico, niacina, D-pantotenato de calcio, cloruro de colina, fosfato monodivalente, carbonato de calcio, sal, cobre, hierro, E.D.D.I. (fuente de yodo), manganeso, selenio, zinc, L-Lisina HCl, DL-Metionina, L-Treonina, L-Triptófano, suplementos enzimáticos (fitasa, xilanasas), antioxidante (ETQ). Trouw Nutrition, México, S.A. de C.V. Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>6</sup>Aceite Cristal con antioxidante TBHQ no mayor a 0.02%. Aceites Grasas y Derivados S.A. de C.V. Zapopan, Jalisco, México.

<sup>7</sup>Marca D'Gari®, S.A. de C.V. Querétaro, Querétaro, México.

<sup>§</sup>Valores de cálculo unitarios.



**Tabla 2. Parámetros de calidad del agua del sistema de cultivo (n=3, ± desviación estándar)**

Bioensayo con peces juveniles realizado en invierno (2022-2023)					
	CONTROL	HA10	HA20	HA30	Promedio
Temperatura (°C)	25.1±0.4	25.8±0.6	24.9±0.2	25.0±1.4	25.2
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.2±0.3	6.2±0.3	6.3±0.1	6.1±0.2	6.2
pH	7.7±0.5	7.4±0.0	7.7±0.3	7.7±0.5	7.6
NAT (mg/L)	1.0±0.0	7.7±11.5	0.8±0.3	1.0±0.0	2.6
Nitritos (mg/L)	3.7±2.3	1.3±0.6	1.0±0.0	2.3±2.3	2.1
Nitratos (mg/L)	10.0±0.0	20.0±17.3	13.3±5.8	10.0±0.0	13.3
Bioensayo con peces preadultos realizado en invierno (2022-2023)					
	CONTROL	HA10	HA20	HA30	Promedio
Temperatura (°C)	25.7±0.3	26.5±0.3	25.7±0.2	26.1±0.9	26.0
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.1±0.5	6.0±0.4	5.8±0.4	5.6±0.4	5.9
pH	7.5±0.2	7.4±0.0	7.6±0.2	7.5±0.2	7.5
NAT (mg/L)	0.9±0.2	0.8±0.2	0.6±0.1	0.9±0.2	0.8
Nitritos (mg/L)	3.5±1.4	1.5±1.0	2.2±0.0	2.4±1.6	2.4
Nitratos (mg/L)	15.0±8.7	25.0±15.0	23.3±2.9	21.7±10.4	21.3

**Tabla 3. Parámetros zootécnicos productivos y utilización de alimento en tilapias juveniles evaluadas durante 30 días (n=3, ± desviación estándar)**

	CONTROL	HA10	HA20	HA30	Promedio
S (%)	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100
PI (g)	12.0±0.9	12.4±1.6	12.7±1.2	11.6±1.8	12.2
PF (g)	37.3±3.4	37.6±5.3	38.2±8.4	33.0±1.5	36.5
BG (g)	25.3±3.0	25.2±4.7	25.5±7.2	21.4±0.8	24.4
TEC (%/día)	3.8±0.3	3.7±0.4	3.6±0.4	3.5±0.4	3.7
GDP (g/tilapia/día)	0.84±0.10	0.84±0.16	0.85±0.24	0.71±0.03	0.8
CA	2.5±0.3	2.5±0.5	2.6±0.7	2.9±0.1	2.6
EP	1.16±0.14	1.15±0.21	1.17±0.33	0.98±0.04	1.1

Los parámetros productivos del primer bioensayo de crecimiento con animales preadultos y una duración de 30 días se presentan en la Tabla 4. La comparación del tratamiento control respecto a los alimentos con 10, 20 y 30 g/kg de harina de ajo no presentaron un efecto significativo en el ANOVA ( $p > 0.05$ ) en los parámetros de S, PI, PF, BG, TEC, GDP, CA y EP.



**Tabla 4. Parámetros zootécnicos productivos, utilización de alimento y condición corporal en tilapias preadultas evaluadas por 30 días (n=3, ± desviación estándar)**

	CONTROL	HA10	HA20	HA30	Promedio
S (%)	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100
PI (g)	90.2±1.9	91.4±2.3	89.9±3.1	90.9±0.8	90.6
PF (g)	182.9±7.9	186.6±26.0	175.7±13.3	178.3±13.2	180.9
BG (g)	92.7±6.7	95.1±23.8	85.8±11.1	87.4±12.5	90.3
TEC (%/día)	3.1±0.2	3.2±0.8	2.9±0.4	2.9±0.4	3.0
GDP (g/tilapia/día)	2.4±0.1	2.4±0.4	2.2±0.2	2.2±0.2	2.3
CA	2.4±0.2	2.5±0.5	2.7±0.4	2.6±0.4	2.6
EP	1.2±0.1	1.2±0.3	1.1±0.1	1.1±0.2	1.2

La composición química de proteína y extracto etéreo (lípidos) del cuerpo completo de la tilapia expresados en base seca excepto humedad después de 30 días de alimentación se presentan en la Tabla 5. El perfil corporal bioquímico de triglicéridos y colesterol total también se describen en la Tabla 5. El contenido de humedad fue significativamente diferente entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), con una tendencia a que niveles de inclusión de 20 y 30 g/kg en el alimento tienden a disminuir la retención de agua en el filete de tilapia. El nivel de inclusión de 20 g/kg en el alimento presentó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la deposición de proteína, también de igual forma modificó significativamente los contenidos de lípidos, energía, triglicéridos y colesterol total respecto al tratamiento control ( $p < 0.05$ ). Niveles de inclusión de 20 g/kg y 30 g/kg en el alimento respecto al valor del tratamiento control tuvieron una respuesta similar en su contenido de proteína ( $p > 0.05$ ), superior en el contenido de lípidos ( $p < 0.05$ ), y a su vez una tendencia irregular en sus contenidos de energía, triglicéridos y colesterol respecto al nivel de inclusión de la harina de ajo, es decir, conforme se incrementó el nivel de inclusión no se incrementó proporcionalmente la variable de respuesta.

**Tabla 5. Composición química corporal y contenido bioquímico del filete de tilapias preadultas evaluadas por 30 días (n=3, ± desviación estándar)**

	CONTROL	HA10	HA20	HA30	Promedio
Humedad (%)	24.45±0.39 <sup>a</sup>	21.65±0.16 <sup>bc</sup>	20.78±0.64 <sup>c</sup>	22.03±0.13 <sup>b</sup>	22.2
Proteína cruda (%) <sup>&amp;</sup>	90.80±0.30 <sup>a</sup>	90.20±0.60 <sup>ab</sup>	88.90±0.80 <sup>b</sup>	90.30±0.80 <sup>ab</sup>	90.1
Extracto etéreo (%) <sup>&amp;</sup>	4.31±0.06 <sup>d</sup>	4.87±0.19 <sup>c</sup>	7.29±0.12 <sup>a</sup>	5.94±0.05 <sup>b</sup>	5.6
Energía bruta (KJ/g) <sup>&amp;</sup>	22.33±0.04 <sup>c</sup>	22.47±0.03 <sup>b</sup>	22.63±0.01 <sup>a</sup>	22.37±0.01 <sup>c</sup>	22.4
Triglicéridos (mg/dL) <sup>#</sup>	76.80±12.70 <sup>a</sup>	49.90±8.20 <sup>b</sup>	21.00±5.60 <sup>c</sup>	76.80±12.70 <sup>a</sup>	56.1
Colesterol (mg/dL) <sup>#</sup>	57.20±6.40 <sup>b</sup>	80.1±4.90 <sup>a</sup>	38.20±5.40 <sup>c</sup>	57.20±6.40 <sup>b</sup>	58.2

<sup>&</sup>Valores expresados en base seca. <sup>#</sup>Valores expresados sobre tejidos procesados en base húmeda.

<sup>a,b,c,d</sup>Medias con diferentes superíndices dentro de la misma fila son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).



## DISCUSIÓN

Los parámetros de calidad del agua y de supervivencia reportados para las etapas de crecimiento de juveniles y preadultos de *O. niloticus* está dentro de los reportado por [Gutiérrez-Leyva et al. \(2022\)](#) en bioensayos controlados en condiciones de laboratorio similares con la misma especie y en la misma localidad geográfica. Por su parte [Leonard & Skov \(2022\)](#), indican que la tilapia puede sobrevivir en un rango de temperatura de 13 a 39 °C, sin embargo, indican que para mantener una demanda aeróbica absoluta del pez estimada en 190 mg O<sub>2</sub>/kg/hora se requieren una temperatura del agua de 25 °C, lo cual explican a su vez permite mantener una tasa estándar metabólica de difusión de oxígeno para *O. niloticus* de  $24.423e^{0.0582T}$ , en referencia a este hallazgo se propone que los dos bioensayos de crecimiento de esta investigación fueron adecuados en términos de las temperaturas del agua registradas (25-26 °C) para mantener una tasa de crecimiento constante durante las dos etapas de crecimiento evaluadas en periodos productivos de 30 días.

Potencialmente el uso de niveles de inclusión dietarios de extractos de ajo del 10, 20 y 30 mL/kg están reportados en el trabajo de [Mohammady et al. \(2022\)](#), con efectos positivos y significativos ( $p < 0.05$ ) en los parámetros zootécnicos de peso ganado, tasa específica de crecimiento, supervivencia, índices hematológicos, actividad enzimática digestiva y antioxidante, expresiones génicas de crecimiento, inmunoglobulinas y la actividad superóxido dismutasa. Por su parte la investigación de [Jegade \(2012\)](#), demostró al evaluar niveles de inclusión de ajo en polvo en la dieta de 5, 10, 15 y 20 g/kg en juveniles de mojarra *Tilapia zillii*, que los mejores resultados se presentan en el nivel de 20 g/kg sobre tasa de crecimiento, eficiencia y digestibilidad proteica ( $p < 0.05$ ). En otra investigación realizada por [Shalaby et al. \(2006\)](#), al utilizar niveles alimentos balanceados con 320 g/kg de proteína con niveles de inclusión de ajo en polvo de 10, 20, 30, y 40 g/kg en juveniles de *O. niloticus* (peso inicial promedio de 7 g) obtuvieron ganancias significativas ( $p < 0.05$ ) en la tasa específica de crecimiento en todos los tratamientos con ajo respecto al control (sin ajo) después de 90 días (1.13, 1.14, 1.23 y 1.18 %/día vs 1.05 %/día, respectivamente). En la literatura se atribuyen estos beneficios a un efecto dinámico y sinérgico de los componentes bioactivos del ajo como aliina, alicina, ajoeno, S-alil-cisteína, S-trilit-L-cisteína, sulfuro de dialilo y S-alilmercaptocisteína ([Ozma et al., 2022](#)); sin embargo, en esta investigación no se presentaron diferencias significativas en términos de crecimiento y utilización de alimento, una potencial explicación puede deberse a que los diferentes niveles de inclusión 10, 20 y 30 g/kg no mejoraron la eficiencia de utilización proteica, lipídica y energética del alimento, al respecto la investigación de [Samson \(2019\)](#), obtuvo resultados similares en la tasa de crecimiento que esta investigación en los niveles de 10 y 20 g/kg al utilizar polvo de ajo en la tilapia roja (*Oreochromis spp.*), explicando que niveles elevados afectan la palatabilidad del alimento debido esto a una cantidad excesiva de sulfuro de alquilo que ingresa al



intestino, lo cual interfiere con el metabolismo y por ende con el crecimiento. En este sentido, los niveles de seguridad del uso de la harina comercial de ajo estarían en niveles máximos probables de 5 y 10 g/kg de alimento, en la literatura las investigaciones en *O. niloticus* anteriormente citadas de [Samson \(2019\)](#) y [Shalaby et al. \(2006\)](#) respaldan esta propuesta respecto al uso del polvo de ajo en los valores anteriormente mencionados. La tasa de alimentación suministrada en este trabajo fue equitativa para todos los tratamientos en ambos bioensayos (2.079-7.54 g/tilapia/día, bioensayos 1 y 2 respectivamente), y no tuvo un efecto significativo ( $p > 0.05$ ) sobre los parámetros zootécnicos de S, BG, TEC, GDP, CA y EP en ambos casos de estudio. Con relación a este hecho [Gutiérrez-Leyva et al. \(2022\)](#), mencionan que cuando los factores antinutrientales del alimento están en contenido bajo o ausente, los alimentos permiten una adecuada tasa de crecimiento y supervivencias del 100%, por lo tanto, este trabajo propone futuras investigaciones para evaluar los principios activos de la harina comercial utilizada, y validar si los valores obtenidos promedio en tasa de crecimiento (3.7 vs 2.3 %/día), conversión alimenticia (2.6), eficiencia proteica (1.2 vs 1.2) de los bioensayos 1 y 2 respectivamente, pudieran presentar alguna correlación respecto al nivel de los principios activos presentes en harinas de ajo de tipo comercial. [Gutiérrez-Leyva et al. \(2022\)](#) definen que conversiones del alimento a biomasa corporal cercanos a 1, y niveles de eficiencia proteica en valores de 2 a 3 son deseables en el cultivo de juveniles de tilapia, por lo tanto, se sugiere que otras investigaciones puedan enfocarse en manejar un sistema de alimentación restringido con un nivel de alimento suministrado a los peces de 3.61 g/tilapia/día, lo cual podría mantener una ingesta diaria de proteína alrededor de 1.44 g/tilapia/día para la etapa desde juvenil a preadulto (10-150 g), todo ello para validar la utilización del alimento por parte de la tilapia en referencia a lo presentado por [Gutiérrez-Leyva et al. \(2020\)](#) en las condiciones mencionadas por estos autores.

Los resultados encontrados para los niveles de inclusión de 10, 20 y 30 g/kg de harina de ajo en el alimento de la Tabla 5 sugieren que la composición proximal y bioquímica del filete de tilapia es significativamente afectada respecto al tratamiento sin harina de ajo ( $p < 0.05$ ). Estas diferencias están documentadas en la investigación conducida con alimentos a base de ajo en *O. niloticus* por [Metwally \(2009\)](#), en los perfiles de triglicéridos y colesterol, ya que reportan valores que disminuyen significativamente ( $p < 0.05$ ) de 74.55 % a 59.33 %, y de 74.55 % a 56.33 % al utilizar polvo y aceite de ajo respectivamente en referencia al control. Algunos autores como [Amarakoon & Jayasekara \(2017\)](#) y [Shang et al. \(2019\)](#), definen al ajo como un alimento funcional con propiedades hipolipemiantes e hipocolesterolémicas. Por su parte [Shalaby et al. \(2006\)](#), reportaron un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en reducir el contenido de lípidos corporal en *O. niloticus* al comparar el tratamiento con 30 g/kg de ajo en polvo con el control (18.35 % vs 22.76 %, respectivamente) lo cual concuerda con esta investigación, y por el contrario el resultado de los valores de proteína de este trabajo son opuestos a los valores en el contenido de proteína reportados por [Abdel-Hakim et al. \(2010\)](#), quienes reportan



un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en el contenido de proteína al utilizar niveles de inclusión de ajo deshidratado de 30 g/kg (64.47 % vs 61.03 %, respectivamente) en la misma especie respecto al control. Este aspecto es relevante de considerar ya que en lo general el valor de proteína encontrado en el filete de tilapia deshidratado encontrado en la tilapia preadulto es superior a los valores reportados de 61-64 % por [Metwally \(2009\)](#) y también a los datos de 59-61 % reportados por [Shalaby et al. \(2006\)](#); en ambos casos respecto a los tejidos corporales de *O. niloticus*, postulando entonces a manera de sugerencia que es factible recomendar otras investigaciones para dilucidar si la harina de ajo tiene efectos sobre las características organolépticas del filete de tilapia, y verificar si esto se potencialmente pudiera correlacionarse respecto al valor proteico del filete. El valor de humedad del filete de tilapia no ha sido estudiado en profundidad, reportándose en la literatura valores solo a nivel del cuerpo completo del pez en los trabajos de [Abdel-Moniem et al. \(2019\)](#) y de [Mahmoud & El-Hais \(2017\)](#), este efecto de retención de agua por efecto del uso de aceite de ajo ha sido demostrado en el cuye (*Cavia porcellus*) por [Ortiz-Davila \(2018\)](#) en un valor de 21.83 %, el cual es aproximado respecto a los valores mínimos y máximos de esta investigación (20.8 al 22%) en los peces alimentados con los tratamientos con ajo a 10, 20 y 30 g/kg, sin embargo se requieren nuevas precisiones al respecto.

## CONCLUSIONES

La inclusión de 10, 20 y 30 g/kg de harina de ajo en alimento para tilapia no tiene efectos significativos sobre el crecimiento y la utilización del alimento, y por el contrario si modifica significativamente el contenido de proteína, lípidos, energía, triglicéridos y colesterol del filete de la tilapia sobre todo a niveles de 20 g/kg, lo cual define la calidad funcional del ajo como agente hipocolesterolémico e hipolipemiante.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Nayarit por el financiamiento otorgado al proyecto SIP/PU22/04/01/2022. Se agradece la participación técnica de Javier Armendáris Godínez y Oscar Pérez Dueñas en la realización de pruebas analíticas. También a los estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia Felipe A. Cázares Romero, Daniela E. Cruz Ruiz y Berenice Peña Rojas por su asistencia en los bioensayos.

## LITERATURA CITADA

AOAC (Association of Official Analytical Chemist) 2012. In: Official methods of analysis of AOAC International. 2 Vols. 19th Edn., AOAC, Inc. Arlington, VA, USA. Association of Analytical Communities. ISBN: 9780935584837.



ABDEL-HAKIM, N, Lashin M, Ashry A, Al-Azab AD. 2010. Effect of fresh or dried garlic as a natural feed supplement on growth performance and nutrients utilization of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticas*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 14(2):19-38. ISSN: 1110-1131. <https://doi.org/10.21608/EJABF.2010.2058>

ABDEL-MONIEM MY, Elbattal A, Elgelany SS, Attia S. 2019. Incorporation of garlic meal (*Allium sativum*) as natural additive to enhance performance, immunity, gonad and larval survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock. *African Journal of Biological Science*. 15(1):117-135. ISSN: 1687-4870.  
[https://ajbs.journals.ekb.eg/article\\_64005.html](https://ajbs.journals.ekb.eg/article_64005.html)

AFONSO LOB, Wassermann GJ, Terezinha de Oliveira R. 2001. Sex reversal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using a nonsteroidal aromatase inhibitor. *Journal of Experimental Zoology*. 290(2):177-181. ISSN: 2471-5646.  
<https://doi.org/10.1002/jez.1047>

AMARAKOON S, Jayasekara D. 2017. A review on garlic (*Allium sativum* L.) as a functional food. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(6):1777-1780. ISSN: 2278-4136. ISSN: 2278-4136. <https://www.phytojournal.com/archives/2017.v6.i6.2294/a-review-on-garlic-allium-sativum-l-as-a-functional-food>

CONAPESCA (COMISIÓN NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA) 2021. Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura del 2021.  
<https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>

EL-SABER BG, Magdy BA, G. Wasef L, Elewa YHA, A. Al-Sagan A, Abd El-Hack ME, Taha AE, M. Abd-Elhakim Y, Prasad Devkota H. 2020. Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (*Allium sativum* L.): A review. *Nutrients*. 12(3):872. ISSN: 2072-6643. <https://doi.org/10.3390/nu12030872>

EL-SAYED AFM, Fitzsimmons K. 2023. From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. *Reviews in Aquaculture*. 15:6-21. ISSN:1753-5131.  
<https://doi.org/10.1111/raq.12738>

FALL J, Ndong D. 2007. The effect of garlic (*Allium sativum*) on growth and immune responses of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). *AquaDocs.org*. Pp. 1-23. <https://aquadocs.org/handle/1834/1478>



FOYSAL MJ, Alam M, Momtaz F, Chaklader MR, Siddik MA, Cole A, Foteder R, Rahman M.M. 2019. Dietary supplementation of garlic (*Allium sativum*) modulates gut microbiota and health status of tilapia (*Oreochromis niloticus*) against *Streptococcus iniae* infection. *Aquaculture Research*. 50(8): 2107-2116. ISSN:1365-2109. <https://doi.org/10.1111/are.14088>

GALVIS-GÓEZ RD, Ramírez Vásquez NF, Giraldo Mejía Á. 2016. Extracción, cuantificación y distribución de las principales fracciones lipídicas en pequeñas biopsias de hígado de vacas en el periodo de transición. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 11(1):26-38. ISSN: 1900-9607.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-96072016000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-96072016000100003&script=sci_arttext)

GUTIÉRREZ-LEYVA R, Ulloa JA, Ramírez-Ramírez JC, Bautista-Rosales PU, Rosas-Ulloa, P, Silva-Carrillo Y, Ramírez-Acevedo EA, Camarena-Herrera ME. 2020. Evaluation of the intensive production of juvenile tilapia under greenhouse conditions: Profitability analysis and aspects of its applicability. *Revista Bio Ciencias*. 7:1-23. ISSN 2007-3380.  
<https://doi.org/10.15741/revbio.07.e584>

GUTIÉRREZ-LEYVA R, Rodríguez-González H, Carrillo-Domínguez S, Ulloa JA, Ramírez-Ramírez JC, Rosas-Ulloa P, Bautista-Rosales PU, Civera-Cerecedo R. 2022. Canary seed, *Phalaris canariensis*, has higher nutritional value than giant kelp seaweed, *Macrocystis pyrifera*, as feed ingredient in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 54(3):666-685. ISSN:1749-7345.  
<https://doi.org/10.1111/jwas.12937>

HUANG D, Liang H, Ren M, Ge X, Zhang Q, Gu J. 2022. The optimum dietary protein requirement of the genetically improved farmed tilapia (GIFT: *Oreochromis niloticus*): Effects on growth performance and protein metabolism via GH-IGF axis and TOR signalling pathway at different seasonal growth stages. *Aquaculture Research*. 53(15):5413-5427. ISSN:1365-2109. <https://doi.org/10.1111/are.16024>

JANSSEN K, Berentsen P, Besson M, Komen H. 2017. Derivation of economic values for production traits in aquaculture species. *Genetics Selection Evolution*. 49:1-13. ISSN: 1297-9686. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0278-x>

JEGEDE T. 2012. Effect of Garlic (*Allium sativum*) on Growth, Nutrient Utilization, Resistance and Survival of *Tilapia zillii* (Gervais 1852) Fingerlings. *Journal of Agricultural Science*. 4(2): 269-274. ISSN: 1916-9760. <https://doi.org/10.5539/jas.v4n2p269>



LEONARD JN, Skov PV. 2022. Capacity for thermal adaptation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Effects on oxygen uptake and ventilation. *Journal of Thermal Biology*. 105:1-7. ISSN: 1879-0992. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103206>

LÓPEZ-LUENGO MTL. 2007. El ajo: Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Offarm: Farmacia y Sociedad*. 26(1):78-81. ISSN: 0212-047X. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5324419>

MAHMOUD HK, El-Hais A. 2017. Effect of dietary garlic (*Allium sativum*) supplementation on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles performance under two stocking densities. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*. 20(1):115-124. ISSN: 1110-6360. <https://doi.org/10.21608/EJNF.2017.75140>

MARENTEK G, Manoppo H, Longdong SN. 2013. Evaluation of The Use of Garlic (*Allium sativum*) in Enhancing Nonspecific Immune Response and Growth of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *e-Journal BUDIDAYA PERAIRAN*. 1(1):1-7. ISSN: 2684-7396. <https://doi.org/10.35800/bdp.1.1.2013.719>

METWALLY MAA. 2009. Effects of Garlic (*Allium sativum*) on Some Antioxidant Activities in Tilapia Nilotica (*Oreochromis niloticus*). *World Journal of Fish and Marine Sciences*. 1(1):56-64. ISSN 1992- 0083. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=ab6ee0bb28336cb67f38373a5a3720d3f8a6d9bd>

MOHAMMADY EY, Soaudy MR, Mohamed AE, EL-Erian MMA, Farag A, Badr AM, Bassuony NI, Ragaza JA, El-Haroun ER, Hassaan MS. 2022. Can dietary phytogetic mixture improve performance for growth, digestive enzyme activity, blood parameters, and antioxidant and related gene expressions of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*? *Animal Feed Science and Technology*. 290:115369. ISSN: 1873-2216. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115369>

ORTIZ-DAVILA YD. 2018. Efecto de la concentración de aceite esencial de ajo (*Allium sativum*) sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de carcasas de cuy (*Cavia porcellus*) frescas empacadas al vacío”. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú. Tesis de Ingeniera Agroindustrial y Comercio Exterior. Pp. 10. Repositorio Institucional-UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32628>



OZMA MA, Abbasi A, Ahangarzadeh Rezaee M, Hosseini H, Hosseinzadeh N, Sabahi S, Ali Noori S, Sepordeh S, Khodadadi E, Lahouty, M, Kafil HS. 2022. A Critical Review on the Nutritional and Medicinal Profiles of Garlic's (*Allium sativum* L.) Bioactive Compounds. *Food Reviews International*. 1-38. ISSN: 8755-9129.

<https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2100417>

ÖZTÜRK Y, Aydın S, Koşar M, Başer KHC. 1994. Endothelium-dependent and independent effects of garlic on rat aorta. *Journal of Ethnopharmacology*. 44(2):109-116. ISSN: 1872-7573. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(94\)90076-0](https://doi.org/10.1016/0378-8741(94)90076-0)

PATEL P, Borichangar R, Vanza J. 2022. Effect of garlic (*Allium sativum*) supplementation on growth, survival and body composition of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*, Sauvage, 1878). *The Pharma Innovation Journal*. SP-11(4):642-652. ISSN: 2277- 7695.

<https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue4S/PartI/S-11-4-23-162.pdf>

PORTZ L, Liebert F. 2004. Growth, nutrient utilization and parameters of mineral metabolism in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed plant-based diets with graded levels of microbial phytase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 8899(9-10):311-320. ISSN:1439-0396. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2004.00486.x>

PUENTE IS, Ovalles L, Ortega GP. 2019. Tilapia de cultivo: análisis de competitividad para la toma de decisiones de comercialización. *RILCO: Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional*. 1(4):1-19. ISSN: 2659-5494. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7754380>

SAMSON JS. 2019. Effect of garlic (*Allium sativum*) supplemented diets on growth, feed utilization and survival of red tilapia (*Oreochromis* sp.). *International Journal of Agricultural Technology*. 15(4):637-644. ISSN: 2630-0192.

[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Effect+of+garlic+%28Allium+sativum%29+supplemented+diets+on+growth%2C+feed+utilization+and+survival+of+red+tilapia+%28Oreochromis+sp.%29.+International+Journal+of+Agricultural+Technology.&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Effect+of+garlic+%28Allium+sativum%29+supplemented+diets+on+growth%2C+feed+utilization+and+survival+of+red+tilapia+%28Oreochromis+sp.%29.+International+Journal+of+Agricultural+Technology.&btnG=)



SHALABY AM, Khattab YA, Abdel Rahman AM. 2006. Effects of Garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*. 12:172-201. ISSN: 1678-9199. <https://doi.org/10.1590/S1678-91992006000200003>

SHANG A, Cao SY, Xu XY, Gan RY, Tang GY, Corke H, Mavumengwana V, Li HB. 2019. Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*. 8(7):246. ISSN: 2304-8158. <https://doi.org/10.3390/foods8070246>

SOKAL RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry: The Principles and Practices of Statistics in Biological Research*. (W.H. Freeman), 3rd. Edn. New York, USA. Pp. 880. ISBN: 978-0716724117.

TUDU CK, Dutta T, Ghorai M, Biswas P, Samanta D, Oleksak P, Jha NK, Kumar M, Radha, Procków J, Pérez de la Lastra JM, Dey A. 2022. Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology of garlic (*Allium sativum*), a storehouse of diverse phytochemicals: A review of research from the last decade focusing on health and nutritional implications. *Frontiers in Nutrition*. 9:1-19. ISSN: 2296-861X. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.929554>

ZAVALA-LEAL OI, Ortega JRF. 2021. Tilapias: de la introducción a la producción, desarrollo económico de su cultivo en México. *Acta Pesquera*. 7(14):58-64. ISSN: 2395-8944. <http://cimateuan.education/revistav2/index.php/AP/article/view/97/96>

Errata Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>