

Efecto del aceite esencial de orégano mexicano *Lippia graveolens* en el crecimiento y supervivencia de crías de la tilapia *Oreochromis niloticus*

Efeito do óleo essencial de orégano mexicano *Lippia graveolens* no crescimento e sobrevivência de jovens tilápias *Oreochromis niloticus*

DOI:10.34115/basrv6n6-009

Recebimento dos originais: 28/10/2022

Aceitação para publicação: 30/11/2022

Anayeli Martínez Santiago

Maestra en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma de México
Institución: Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
Dirección: Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán - Ciudad de México, 04960, México
Correo electrónico: naye.3391@gmail.com

José Antonio Martínez García

Doctor en Ciencias
Institución: Laboratorio de Ensayos Metabólicos, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
Dirección: Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán - Cd México, 04960, México
Correo electrónico: jamgar@correo.xoc.uam.mx

Laura Georgina Núñez García

Maestra en Biología por Universidad Autónoma Metropolitana por la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, División de Ciencias Biológicas y de la Salud Departamento de Hidrobiología
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa
Dirección: Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina - Ciudad de México, 09340, México
Correo electrónico: gior@xanum.uam.mx

Fernando C. Arana Magallón

Maestro en Ciencias Biológicas por la Universidad Nacional Autónoma de México
Institución: Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
Dirección: Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, 04960, México
Correo electrónico: farana@correo.xoc.uam.mx

Gabriela Vázquez Silva

Doctora en Ciencias Biológicas y de la Salud por la Universidad Autónoma Metropolitana

Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - unidad Iztapalapa
Dirección: Calzada del hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, 04960, México
Correo electrónico: gavaz@correo.xoc.uam.mx

Jhoana Díaz -Larrea

Doctora en Ciencias Biológicas y de la Salud por la Universidad Autónoma Metropolitana

Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa
Dirección: Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México, 09340, México
Correo electrónico: jhoanadiazl@gmail.com

Ruben Cabrera

Maestro en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina por la Universidad de La Habana

Institución: Oficina del Historiador de la Ciudad, Habana Vieja, Cuba
Dirección: Calle Tacón # 12 e/ O'Reilly y Empedrado, Ciudad de La Habana, Cuba
Correo electrónico: cabreraaalgas@gmail.com

RESUMEN

La tilapia del Nilo es una de las especies más cultivadas en el mundo, su producción en México se ha intensificado en los últimos años por lo que se requiere optimizar el rendimiento de esta especie mediante métodos alternativos naturales que no comprometan la salud humana. Evaluar el crecimiento y supervivencia en crías de tilapia *Oreochromis niloticus* con alimentos enriquecidos con aceite esencial de orégano *Lippia graveolens* a una concentración de: 0, 8, 10, 12,14%. Se utilizó un Diseño al Azar con 288 crías de tilapia (peso promedio 0.55 ± 0.19 g) distribuidas en 24 acuarios de 40 L. Se evaluaron seis tratamientos por cuadruplicado, dos grupos control: 1) alimento sin enriquecer y 2) alimento enriquecido con eritromicina, además de cuatro alimentos adicionados con dosis de 8, 10, 12 y 14 % de aceite esencial de orégano (AEO). Con los registros quincenales del peso y longitud se calcularon la Ganancia Diaria de Peso (GDP) y Tasa Específica de Crecimiento (TEC) para ser comparados mediante un análisis con contrastes ortogonales. Al final de la suplementación con AEO, las variables de crecimiento y supervivencia de los grupos experimentales de crías de tilapia no presentaron efectos lineales ni cuadráticos en los parámetros de ganancia diaria de peso, tasa específica de crecimiento, factor de condición, factor de conversión alimenticia y supervivencia ($P>0.05$); sin embargo, se observó una tendencia cuadrática en el peso final y ganancia diaria de peso, siendo el grupo tratado con AEO al 10% que presentó los valores más altos. La inclusión de aceite esencial de orégano no modificó de forma significativa las variables de respuesta en las crías de tilapia en un periodo de 90 días, sin embargo, se requiere de mayor investigación en el uso del AEO o en su caso prolongar los periodos de prueba.

Palabras clave: aceite esencial, crecimiento, orégano mexicano, supervivencia, tilapia.

RESUMO

A tilápia do Nilo é uma das espécies mais cultivadas do mundo, sua produção no México se intensificou nos últimos anos, por isso é necessário otimizar o desempenho desta espécie através de métodos alternativos naturais que não comprometam a saúde humana. Avaliar o crescimento e sobrevivência em filhotes de tilápia *Oreochromis niloticus* com alimentação enriquecida com óleo essencial de orégano *Lippia graveolens* na concentração de: 0, 8, 10, 12, 14%. Foi utilizado um Desenho Aleatório com 288 filhotes de tilápia (peso médio $0,55 \pm 0,19$ g) distribuídos em 24 aquários de 40 L. Foram avaliados seis tratamentos em quadruplicata, dois grupos controle: 1) ração sem enriquecimento e 2) ração enriquecida com eritromicina. , em além de quatro alimentos adicionados com doses de 8, 10, 12 e 14% de óleo essencial de orégano (AEO). Com os registros quinzenais de peso e comprimento, foram calculados o Ganho de Peso Diário (PIB) e a Taxa de Crescimento Específico (TSG) para serem comparados através de uma análise com contrastes ortogonais. Ao final da suplementação com AEO, as variáveis de crescimento e sobrevivência dos grupos experimentais de filhotes de tilápia não apresentaram efeitos lineares ou quadráticos sobre os parâmetros de ganho de peso diário, taxa de crescimento específico, fator de condição, fator de conversão alimentar e sobrevivência ($P > 0,05$); entretanto, observou-se tendência quadrática no peso final e no ganho de peso diário, com o grupo tratado com 10% de AEO apresentando os maiores valores. A inclusão de óleo essencial de orégano não modificou significativamente as variáveis de resposta na prole de tilápias em um período de 90 dias, porém, são necessárias mais pesquisas sobre o uso de AEO ou, quando for o caso, prolongar os períodos de teste.

Palavras-chave: óleo essencial, crescimento, orégano mexicano, sobrevivência, tilápia.

1 INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las actividades pecuarias de mayor crecimiento en las últimas décadas superando a la pesquería de captura, ya que genera alrededor del 50% de los productos pesqueros a nivel mundial destinados a la alimentación (TOLEDO-PÉREZ & GARCÍA-CAPOTE, 2000; MANCERA-PINEDA, 2013). El incremento poblacional, la demanda de fuentes de proteína animal para la seguridad alimentaria y el aumento del consumo de pescado *per cápita* ha propiciado que, en las últimas cinco décadas, la acuicultura se extendiera en un 52 %. En general, son los salmones, camarones, moluscos, bagres, tilapias y carpas los grupos que tradicionalmente se han cultivado (FAO, 2014). Dentro de los peces dulceacuícolas se han incluido a especies exóticas como las tilapias: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *O. aureus* (Steindachner, 1864), *O. mossambicus* (Peter, 1852) y *O. hornorum* (Trewavas, 1966), y aunque se han hecho intentos de repoblar varios embalses naturales con especies autóctonas en países como México, los resultados son discretos (NÚÑEZ-GARCÍA *et al.*, 2022), por esta razón son

las especies introducidas quienes presentan mejores rendimientos productivos, al menos en el contexto mexicano.

En la actualidad la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* es la especie más cultivada en todo el mundo (FAO, 2018) y la representa un menor coste operacional, por lo que, se comercializa en grandes volúmenes, donde México es uno de los principales productores de crías de tilapia (CONAPESCA, 2014). El cultivo de tilapia ha contribuido en la solución de la creciente demanda mundial de alimentos con alto contenido en proteína de origen animal, bajo diferentes sistemas de producción intensiva, extensiva o de traspatio (VEGA-VILLASANTE *et al.*, 2010). Sin embargo, aún existen aspectos importantes a considerar para mejorar su producción, tales como el incremento en las tasas de crecimiento, eficiencia en la digestibilidad, mayor supervivencia y natalidad, así como la reducción de patógenos especialmente durante las fases tempranas de desarrollo, a fin de reducir los costos de producción y pérdidas económicas por enfermedades (CANCHO-GRANDE *et al.*, 2000; ACAR *et al.*, 2015; MARTÍNEZ *et al.*, 2015; HERAWATI *et al.*, 2016).

Para solventar este problema en la acuicultura se han utilizado aditivos como los antibióticos con la finalidad de promover el crecimiento y la sanidad. Sin embargo, su uso indiscriminado ha ocasionado la presencia de residuos en la carne y la resistencia bacteriana en la especie cultivada y en el hombre, lo cual representa un riesgo para la salud pública (MARTÍNEZ *et al.*, 2015; SUTILI *et al.*, 2015). Ante este panorama, se ha propuesto recientemente el uso de extractos vegetales como alternativa para el mejoramiento de la producción animal de forma segura tanto para el hombre como para el ambiente (CANCHO-GRANDE *et al.*, 2000). El uso de extractos de plantas medicinales para mejorar la producción del bagre, camarón, trucha y tilapia se ha desarrollado ampliamente por las respuestas positivas obtenidas en el rendimiento y su papel como antioxidantes, estimulantes de la digestión, antimicrobianos, potenciadores de la regulación del metabolismo gastrointestinal y de la absorción de nutrientes, debido a que sus compuestos activos intervienen en el metabolismo estimulando la actividad enzimática digestiva de la mucosa intestinal y páncreas (PADILLA *et al.*, 2009), sin exponer la salud del consumidor (ACAR *et al.*, 2015; MENANTEAU-LEDOUBLE *et al.*, 2015; STARLIPER *et al.*, 2015; SUTILI *et al.*, 2015; VAN-HAI, 2015). En este sentido, se ha encontrado que los aceites esenciales de plantas como el jengibre, la manzanilla, la toronja, el tomillo, la lima o el orégano presentan compuestos alifáticos de bajo peso molecular como son ácidos, alcanos, ésteres, alcoholes, aldehídos y cetonas,

principios activos que favorecen el metabolismo gastrointestinal (SILVEIRA-COFFIGNY, 2006; THOMAS *et al.*, 2014; MARTÍNEZ *et al.*, 2015). Uno de los extractos vegetales que ha tenido gran interés en la acuicultura son los obtenidos a partir de diferentes especies de orégano. Particularmente, el aceite del orégano mexicano *Lippia graveolens* contiene compuestos fenólicos como el timol y carvacrol que tienen propiedades antivirales, antisépticas, anestésicas y desinflamatorias, por lo que su uso se ha incrementado en los últimos años (OCAMPO-VELÁZQUEZ *et al.*, 2009; ÁVILA-SOSA *et al.*, 2010; VILLAVICENCIO-GUTIÉRREZ *et al.*, 2010; FLORES *et al.*, 2011; GRANADOS-SÁNCHEZ *et al.*, 2013; VARGAS-MENDOZA *et al.*, 2016).

El efecto del aceite esencial de orégano mexicano en el crecimiento y supervivencia de la tilapia no se ha registrado hasta el momento. Este aceite de orégano solo se ha empleado en bagre *Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824 y trucha *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972 con resultados favorables como promotor de crecimiento, del incremento en la actividad antioxidante y en la acumulación de proteínas a nivel muscular (ZHENG *et al.*, 2009; AHMADIFAR *et al.*, 2011). Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento de crías de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* en condiciones de cultivo bajo diferentes dosis de aceite esencial de orégano mexicano *Lippia graveolens* añadido al su alimento.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, ubicada al sur de la Ciudad de México (19° 18' 00" N, 99° 06' 10.43" O).

2.1 OBTENCIÓN DE CRÍAS DE TILAPIA.

Las crías de tilapia *Oreochromis niloticus* de un peso promedio de 0.55 ± 0.19 g, fueron obtenidas de la Granja San Diego Acapulco, Atlixco, Puebla. Los organismos fueron transportados al Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura en agua salina (2%) y aclimatados durante 72 h.

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizaron 288 tilapias *Oreochromis niloticus*, de un peso de 0.55 ± 0.19 g, los cuales fueron asignados en un Diseño Completamente al Azar en 24 acuarios de 40 L, en densidad de 1 organismo / 3.3 L. Se evaluaron seis tratamientos con cuatro repeticiones

que consistieron en alimento para tilapia enriquecido con Aceite Esencial de Orégano (AEO) en dosis de 8, 10, 12 y 14 % y dos grupos controles: un positivo de alimento con antibiótico Eritromicina y un negativo sin enriquecer 0%. Las crías se alimentaron a una tasa de alimentación ofrecida al 7% y suministrada en tres raciones al día 9:00, 13:00 y 17:00 h.

2.3 CONDICIONES DE CULTIVO

Los organismos se mantuvieron en agua de clorada a una temperatura de 20 ± 1 °C, pH de 7.3 ± 0.2 y oxígeno disuelto de 7.41 ± 0.2 mg/L, con fotoperiodo 12 h luz y 12 h oscuridad. El alimento rechazado y heces se retiraron diariamente con un sifón, reponiendo el nivel del agua. Para mantener la calidad del agua se realizaron recambios de agua semanales del 80 %.

2.4 REGISTRO DE TALLA Y PESO (CRECIMIENTO)

Los peces fueron anestesiados con aceite esencial de clavo de acuerdo a la técnica mencionada por VÁZQUEZ *et al.* (2013) modificando la dosis a 10 µL / L con base al peso de las crías. El peso se registró cada semana con ayuda de una balanza analítica (Ohaus Adventurer™ AV114 Pro), para la talla se midió la longitud total que abarca de la boca al final de la aleta caudal, la longitud estándar se midió desde la boca hasta el final del pedúnculo caudal con ayuda de un calibrador (Control Company Traceable®).

2.5 INCLUSIÓN DE AEO AL ALIMENTO

Las crías se mantuvieron en el ensayo con alimento para tilapia (microtek extruido, 0.6 mm, 50% PC, Alimentos de Alta Calidad El Pedregal®, México). El método de inclusión del AEO (*Lippia graveolens*, ORE Procesadora de Orégano Silvestre ®; Ciudad Saucillo, Chihuahua, México) y antibiótico utilizado evaporación de alcohol mencionado ALCÁNTAR-VÁZQUEZ *et al.* (2014) para lo cual se prepararon 50 mL de cada dosis del aceite esencial de orégano (8, 10, 12 y 14%) y Eritromicina (100 mg / 100 g alimento, E.M., Grupo Acuario Lomas®, México), los cuales se asperjaron con un atomizador sobre una capa fina de alimento humedeciendo de afuera hacia adentro, mezclando y colocando otra capa de alimento para asperjar el AEO o antibiótico, este procedimiento se repitió hasta terminar con el contenido del atomizador. El alimento enriquecido se secó en charolas hasta la evaporación del alcohol aislado de la luz y

humedad, para posteriormente ser almacenado en recipientes de vidrio color ámbar para mantener su calidad.

2.6 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Cada 15 días se registraron los compuestos nitrogenados con un fotómetro multiparamétrico para acuicultura (HI 98311; *Hanna Instruments*) y el pH (potenciómetro; *Hanna instruments*).

2.7 CÁLCULOS DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos obtenidos de talla y peso se calcularon los siguientes parámetros productivos: ganancia Diaria de Peso (VINCHIRA *et al.*, 2014), tasa específica de crecimiento (ACAR *et al.*, 2015), factor de conversión alimenticia (ZHENG *et al.*, 2009), factor de condición (ZHENG *et al.*, 2009), supervivencia (VINCHIRA *et al.*, 2014).

Cada variable se comparó mediante un análisis de varianza con contrastes ortogonales para conocer el efecto lineal y cuadrático en las dosis de AEO, con el paquete estadístico JMP ver 9.1.3. (SALL & SALL, 2012).

3 RESULTADOS

En 90 días de experimentación los parámetros productivos en las crías de tilapia: incremento de peso, ganancia diaria de peso, tasa específica de crecimiento, longitud total, factor de condición y factor de conversión alimenticia no mostraron efectos lineal ni cuadrático ($P > 0.05$) con la inclusión del aceite esencial de orégano a la dieta (**Cuadro 1**). Sin embargo, se observó una tendencia en la ganancia diaria de peso y tasa específica de crecimiento (**Figura 1b, c**) en el tratamiento AEO al 10%, con los valores numéricamente más altos en comparación con el grupo tratado con eritromicina. El factor de condición fue similar en los grupos experimentales ($P > 0.05$) (**Figura 1d**). El AEO no tuvo efecto significativo en el Factor de Conversión Alimenticia ($P > 0.05$) (**Cuadro 1**). La supervivencia en todos los grupos experimentales fue superior al 90% sin cambios representativos ($P > 0.05$) (**Cuadro 1**). En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, el pH mostró cambios en el tiempo ($P < 0.05$) en los grupos AEO10% (7.68) y eritromicina (7.85), comportamiento que no se presentó durante todo el estudio (**Figura 2a**). Los compuestos nitrogenados no presentaron diferencias con la inclusión del AEO ($P > 0.05$) (**Figura 2b, d**).

Figura 1a-d. Evaluación experimental de algunos factores analizados [a) Longitud total, b) Ganancia Diaria de Peso, c) Tasa Específica de Crecimiento (TEC) y d) Factor de Condición] en crías cultivadas de tilapia *Oreochromis niloticus* y alimentadas con aceite esencial de orégano mexicano (AEO)

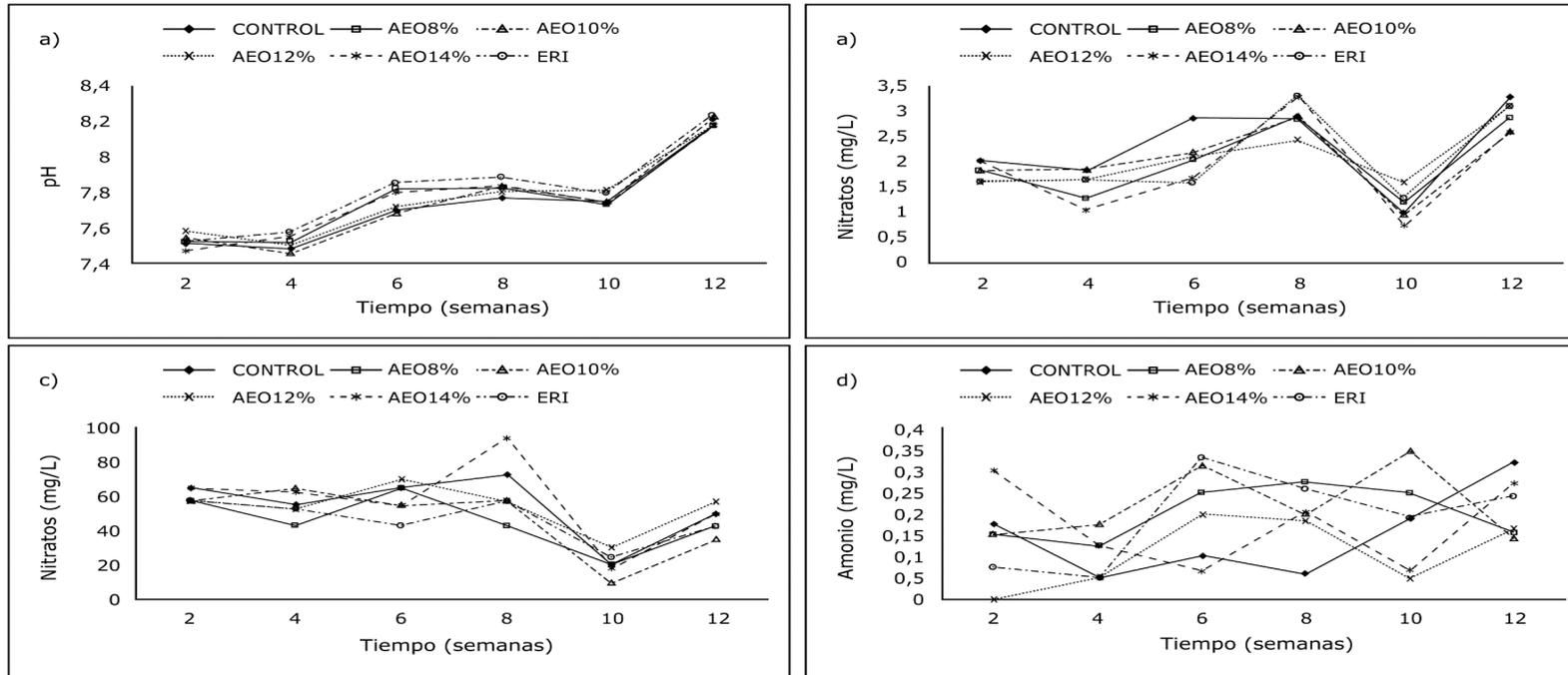
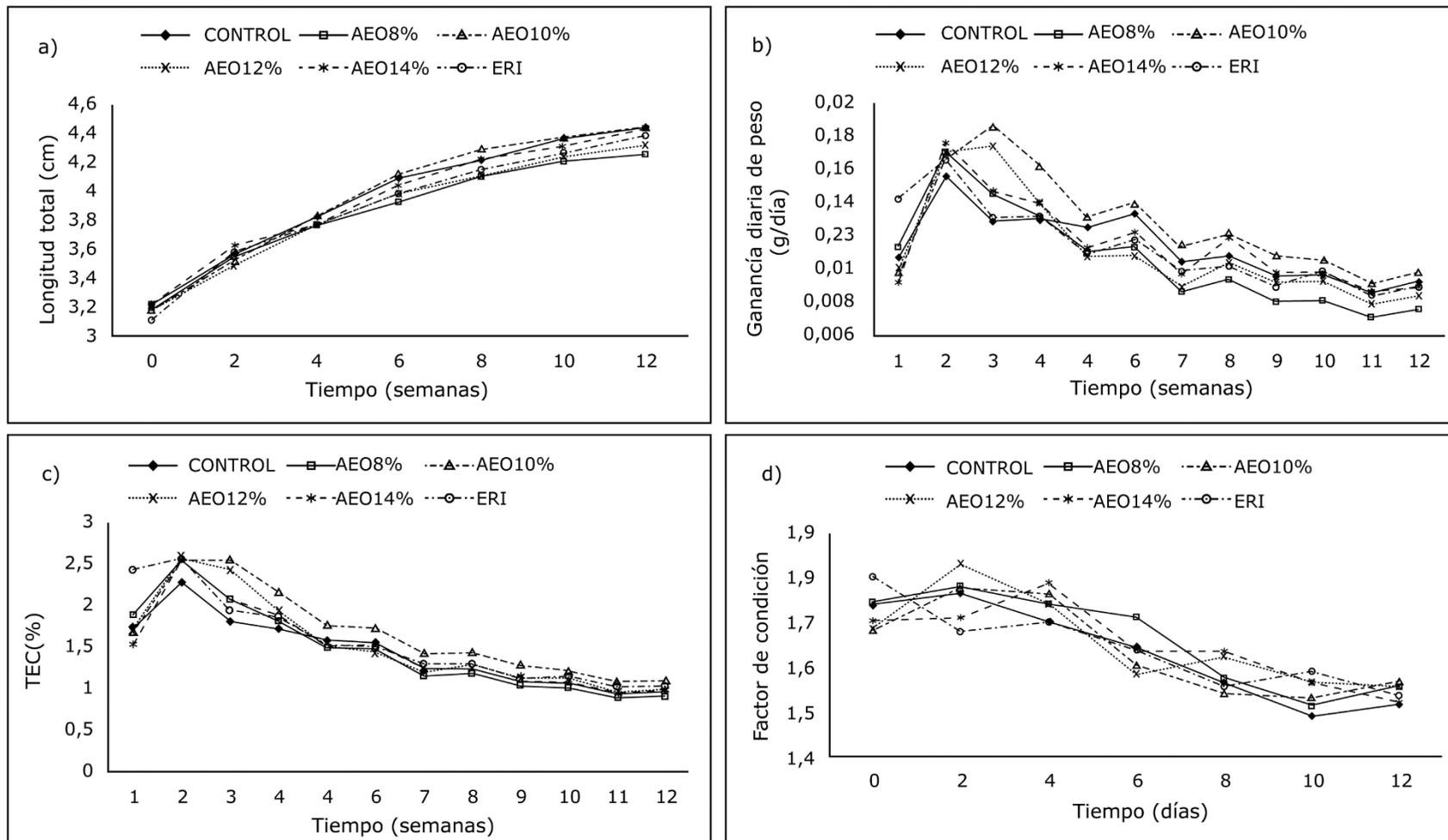


Figura 2a-d. Evaluación experimental de algunos factores fisicoquímicos del agua [a) pH, b) nitritos, c) nitratos y d) amonio] en crías cultivadas de tilapia *Oreochromis niloticus* y alimentadas con aceite esencial de orégano mexicano (AEO)



Cuadro 1. Valores promedio de crecimiento y supervivencia de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) con la suplementación del aceite esencial de orégano *Lippia graveolens* (Kunht) en diferentes dosis 0, 8, 10, 12 y 14 % y Eritromicina (ERI) respectivamente

Variables	CONTROL	AEO8	AEO10	AEO12	AEO14	ERI	EEM	P L
Peso inicial (g)	0.58	0.56	0.54	0.54	0.56	0.54	0.0009	0.772
Longitud total inicial (cm)	3.21	3.16	3.18	3.17	3.21	3.10	0.0630	0.929
Longitud estándar inicial (cm)	2.55	2.53	2.46	2.50	2.55	2.51	0.0509	0.723
Peso final (g)	1.36	1.19	1.37	1.25	1.33	1.29	0.0725	0.569
Longitud total final (cm)	4.43	4.24	4.44	4.31	4.42	4.37	0.0640	0.622
Longitud estándar final (cm)	3.54	3.38	3.59	3.44	3.54	3.49	0.0532	0.695
Incremento de peso (g)	0.777	0.638	0.827	0.705	0.752	0.752	0.1265	0.664
GDP (g/día)	0.0092	0.0076	0.0098	0.0083	0.0089	0.0089	0.0287	0.565
TEC (%/día)	0.962	0.908	1.09	0.981	0.994	1.036	0.1070	0.771
Biomasa	16.33	14.04	16.43	14.11	15.58	14.84	1.5710	0.837
FC	1.519	1.558	1.568	1.558	1.523	1.536	0.0338	0.959
FCA	9.725	9.251	8.501	8.489	8.902	8.412	0.5557	0.981
Supervivencia final (%)	100	97.9	100	93.7	97.5	95.8	2.2514	0.207

AEO= Aceite Esencial de Orégano; ERI= Eritromicina (antibiótico); EEM Error estándar de la media; L= Lineal; C= Cuadrático (P<0.05). GDP= Ganancia Diaria de Peso; TEC= Tasa Específica de Crecimiento; FC= Factor de Condición; FCA= Factor de Conversión Alimenticia.

4 DISCUSIÓN

En este estudio se utilizó eritromicina con la finalidad de promover el crecimiento y contrastar los resultados con el resto de los grupos experimentales. Los antibióticos han desempeñado un papel muy importante en la producción animal tradicional como potenciadores del crecimiento y de la salud animal (ZHENG *et al.*, 2009). Sin embargo, recientemente los investigadores han centrado el empleo de productos naturales como alternativa a los antibióticos tradicionales para el control de plagas, y son los aceites esenciales; un producto sustitutivo, viables para ser añadido a los alimentos que se les proporciona a los animales en los diferentes estadios de desarrollo en las granjas productivas (BABA *et al.*, 2016). Son precisamente la experimentación producción agropecuaria, el uso de antibióticos es común (MARTÍNEZ *et al.*, 2015).

El uso de aceites esenciales como aditivos alimentarios en la producción de especies acuáticas se ha incrementado en los últimos años, sin embargo, en el presente estudio la aplicación de diferentes dosis de aceite esencial de orégano como suplemento de tilapia no presentó cambios en ninguna de las variables evaluadas. Sin embargo, se observó en la GDP y TEC del grupo AEO al 10% con valores superiores en comparación con el grupo control y eritromicina. Los resultados obtenidos en el presente estudio contrastan con los referidos por de MORAES *et al.* (2014) con aceite esencial de orégano *Origanum vulgare* (Linneo, 1753) adicionado al alimento y aplicado al pez ornamental tetra cola amarilla *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000), en el cual se observó un efecto cuadrático en la GDP, TEC y FCA. De igual manera el aceite de orégano *Origanum heracleoticum* (Orego-Stim) tuvo efectos positivos en el crecimiento del bagre de canal como lo mencionan (ZHENG *et al.*, 2009) y en trucha arcoíris con la aplicación de los compuestos activos timol y carvacrol (GIANNENAS *et al.*, 2012).

Las diferencias entre estudios previos y el presente puede estar relacionado con la cantidad de compuestos activos en los aceites esenciales y las dosis utilizadas en las dietas, así como en la forma del extracto de la planta, no en aceite esencial sino en polvo. Tal es el caso de un estudio realizado con ajo *Allium sativum*, Linneo en polvo aplicado a la dieta de mero (*Epinephelus coioides*, Hamilton (GUO *et al.*, 2012) y *Tilapia zillii* Gervais (Jegade, 2012), donde se reportaron diferencias significativas en el incremento de peso y la eficiencia alimenticia con la presentación en polvo de ajo.

Se esperaba que la utilización del aceite esencial de orégano en tilapia provocara un efecto en el crecimiento de los peces para obtener una mejor producción en menor tiempo; sin embargo, es necesario realizar estudios complementarios con diferentes dosis,

así como con diferentes especies acuícolas importantes. El resultado de este estudio sugiere que la utilización del aceite esencial de orégano mexicano *Lippia graveolens* como suplemento alimenticio de tilapia *Oreochromis niloticus* no presentó efectos lineal ni cuadrático en el crecimiento. Sin embargo, las dosis de orégano utilizadas no tuvieron un efecto tóxico en las crías de tilapia ya que la supervivencia fue mayor al 90%.

REFERENCIAS

ACAR Ü, OS KESBIC, A YILMAZ, N GÜLTEPE & A TÜRKER (2015). Evaluation of the effects of essential oil extracted from sweet orange peel (*Citrus sinensis*) on growth rate of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and possible disease resistance against *Streptococcus iniae*. *Aquaculture* 437: 282-286. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.015>

AHMADIFAR E, B FALAHATKAR & R AKRAMI (2011). Effects of dietary thymol-carvacrol on growth performance, hematological parameters and tissue composition of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 1057-1060. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01763.x>

ALCÁNTAR-VÁZQUEZ JP, P RUEDA-CURIEL, D CALZADA-RUIZ, C ANTONIO-ESTRADA & R MORENO-DE LA TORRE (2015). Feminization of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* by estradiol-17 β Effects on growth, gonadal development and body composition. *Hidrobiológica* 25 (2): 275-283.

ÁVILA-SOSA R, MG GASTÉLUM-FRANCO, A CAMACHO-DÁVILA, JV TORRES-MUÑOS & GV NEVÁREZ-MOORILLÓN (2010). Extracts of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) with antioxidant and antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technology* 3: 434-440 doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0085-7>.

BABA E, U ACAR, C ÖNTAŞ, OS KESBIÇ & S YILMAZ (2016). Evaluation of *Citrus limon* peels essential oil on growth performance, immune response of Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* challenged with *Edwardsiella tarda*. *Aquaculture* 465: 13-18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.023>

CANCHO-GRANDE B, MS GARCÍA-FALCÓN & J SIMAL-GÁNDARA (2000). El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. *Ciencia y tecnología alimentaria* 3 (1): 39-47.

CONAPESCA [COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA] (2014). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán. 301 p. También disponible en la página web: https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgpppe/2014/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2014.pdf

DE MORAES FRANÇA FERREIRA P, L DA SILVA NASCIMENTO, D COELHO DIAS, DM DA VEIGA MOREIRA, A LÚCIA SALARO, M DUCA DE FREITAS, AP SOUZA CARNEIRO & J A SAMPAIO ZUANON (2014). Essential oregano oil as a growth promoter for the yellowtail Tetra, *Astyanax altiparanae*. *Journal of the World Aquaculture Society* 45: 28-34. doi: <https://doi.org/10.1111/jwas.12094>

FAO [FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION UNITED NATIONS] (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture. Roma. 253 p. Disponible en la página web: <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>

FAO [FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION UNITED NATIONS] (2018). FAO Fisheries and Aquaculture Department. Cultured Aquatic Species Information

Programmed *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). FAO. Disponible en línea: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en.

FLORES AH, JAH HERNÁNDEZ, JIM LÓPEZ, LMN VALENZUELA, MS MARTÍNEZ & HR MADINAVEITIA (2011). Producción y extracción de aceite de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) bajo cultivo en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2 (3): 113-120.

GIANNENAS I, E TRIANTAFILLOU, S STAVRAKAKIS, M MARGARONI, S MAVRIDIS, T STEINER & E. KARAGOUNI (2012). Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 350-353, 26-32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.027>

GUO JJ, CM KUO, YC CHUANG, JW HONG, RL CHOU & TI CHEN (2012). The effects of garlic-supplemented diets on antibacterial activity against *Streptococcus iniae* and on growth in orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture* 364-365: 33-38 doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.023>

GRANADOS-SÁNCHEZ D, M MARTÍNEZ-SALVADOR, GF LÓPEZ-RÍOS, A BORJA-DE LA ROSA & GA RODRÍGUEZ-YAM (2013). Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (*Lippia graveolens* H.B.K) en Mapimí, Durango. Revista Chapingo. *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19 (2): 305-321 doi: <http://www.dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.05.035>

HERAWATI VE, J HUTABARAT, PINANDOYO & OK RADJASA (2016). Growth and survival rate of tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae fed by *Daphnia magna* cultured with organic fertilizer resulted from probiotic bacteria fermentation. *Journal of Biosciences*. 1-5: doi: <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2015.08.001>

JEGEDE, T. (2012). Effect of garlic (*Allium sativum*) on growth, nutrient utilization, resistance and survival of *Tilapia zilli* (Gervais 1852) fingerlings. *Journal of Agricultura Science* 4 (2): 269-274 doi: <http://www.dx.doi.org/10.5539/jas.v4n2p269>

MANCERA-PINEDA JE, B GAVIO & J LASSO-ZAPATA (2013). Principales amenazas a la biodiversidad Marina. *Actualidades Biológicas* 35 (99):111-133.

MARTÍNEZ MR, CME ORTEGA, HJG HERRERA, GJR KAWAS, RJ ZARATE & RS ROBLES. (2015). Uso de aceites esenciales en animales de granja. *Interciencia* 50: 744-750.

MENANTEAU-LEDOUBLE S, I KRAUSS, G SANTOS, S FIBI, B WEBER & M EL-MATBOULI (2015). Effect of a phytogetic feed additive on the susceptibility of *Onchorhynchus mykiss* to *Aeromonas salmonicida*. *Diseases of Aquatic Organisms* 115: 57-66 doi: <https://www.doi.org/10.3354/dao02875>

NÚÑEZ-GARCÍA LG, R CABRERA, J DÍAZ-LARREA, G VÁZQUEZ SILVA & JR CRUZ-AVIÑA (2022). Factibilidad de repoblación de *Chirostoma humboldtianum* Valenciennes, 1835 en el Lago Metztlán, Hidalgo, México. *Brazilian Applied Science Review* 6 (2): 676-691. doi: <http://www.dx.doi.org/10.34115/basrv6n2-019>.

OCAMPO-VELÁZQUEZ RV, GX MALDA-BALDERAS & G SUÁREZ-RAMOS (2009). Biología reproductiva del orégano mexicano *Lippia graveolens* (Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento. *Agrociencia* 43: 475-482.

PADILLA A, L BETANCOURT, AG TÉLLEZ & AC NIETO (2009). Efecto de la suplementación de aceites esenciales de orégano sobre la digestibilidad y parámetros productivos en pollos de engorda. *Ciencia animal* 2: 57-65.

SALL, J & SALL, J (2012). *JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP* (5th ed.). SAS Pub. Vol 32. 1.

SILVEIRA-COFFIGNY, R (2006). Los productos fito-farmacéuticos en la acuicultura. *Revista Electrónica de Veterinaria* 7: 8.

STARLIPER CE, HG KETOLA, AD NOYES, WB SCHILL, FG HENSON, MA CHALUPNICKI & DE DITTMAN (2015). An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas* spp. *Journal of Advanced Research* 6: 89-97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.12.007>

SUTILI FJ, MA CUNHA, RE ZIECH, CC KREWER, CC ZEPPENFELD, CG HELDWEIN, LT GRESSLER, BM HEINZMANN, AC VARGAS & B BALDISSEROTTO (2015). *Lippia alba* oil promotes survival of silver catfish (*Rhamdia quelen*) infected with *Aeromonas* sp. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 87 (1): 95-100. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201520130442>

THOMAS J, S THANIGAIVEL, S VIJAYAKUMAR, KUNTAL-ACHARYA, DHAIRYASHEEL-SHINGE, TS JEBA-SEELAN, AMITAVA-MUKHERJEE & NATARAJAN-CHANDRASEKARAN (2014). Pathogenicity of *Pseudomonas aeruginosa* in *Oreochromis mossambicus* and treatment using lime oil nanoemulsion. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 116: 372-377. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.01.019>

TOLEDO-PÉREZ, SJ & MC GARCÍA-CAPOTE (2000). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en America Latina y el Caribe. pp (83-137). En: Civera-Cerecedo R, Pérez-Estrada CJ, Ricque-Marie D y Cruz- Suárez L E (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del Iv Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B. C. S. México.

VAN-HAIN (2015). The use of medicinal plants as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture* 446: 88-96. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.03.014>

VARGAS-MENDOZA CF, IG ORTEGÓN-CAMPOS & LM CALVO-IRABIÉN (2016). Natural selection under contrasting ecological conditions in the aromatic plant *Lippia graveolens* (H.B.K. Verbenaceae). *Plant Systematics and Evolution* 302: 275-289. doi: <https://doi.org/10.1007/s00606-015-1261-7>

VÁZQUEZ SG, T CASTRO, A. HERNÁNDEZ, J CASTRO & AR DE LARA (2013). Comparación del efecto anestésico del aceite de clavo, solución salina y solución coloidal en juveniles de *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894). *Archivos de Medicina Veterinaria* 45: 59-66. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2013000100010>

VEGA-VILLASANTE F, MC CORTÉS-LARA, LM ZÚÑIGA-MEDINA, B JAIME-CEBALLOS, J GALINDO-LÓPEZ, MER BASTO-ROSALES & H NOLASCO-SORIA (2010). Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? *Revista Electrónica de Veterinaria* 11: 03

VILLAVICENCIO-GUTIÉRREZ E, A CANO-PINEDA & X GARCÍA-CUEVAS (2010). Metodología para determinar las existencias de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K) en rodales naturales de Parras de la Fuente Coahuila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP. México. *Folleto técnico* 42. 29 pp. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/2704/850.pdf?sequence=1>

VINCHIRA JE, GA WILLS & AP MUÑOZ (2014). Desempeño productivo, composición y biodisponibilidad relativa de Selenio en Tilapia Nilótica-*Oreochromis niloticus*-suplementada con Selenio orgánico e inorgánico. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 61(2): 186-202. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v61n2.44681>

ZHENG ZL, JYW TAN, HY LIU, XH ZHOU, X XIANG & KY WANG (2009). Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 292: 214-218. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.025>