



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**Efecto del extracto del sauce llorón (*Salix babylonica*) en el
crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

SELENE ORTIZ VELAZQUEZ

COMITÉ TUTORAL

**DR. IVÁN GALLEGO ALARCÓN
DR. DAURY GARCÍA PÚLIDO
Dr. ABDEL FATTAH ZEIDAN MOHAMED SALEM**

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, ESTADO DE MÉXICO, 3 NOVIEMBRE 2022

Índice general

Contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
1. Introducción.....	3
1.1 Importancia de la acuicultura.....	3
2. Antecedentes	7
2.1 Descripción de la especie.....	7
2.2 Generalidades de la especie.....	7
2.3 Uso de aditivos en dietas.	8
3. Justificación.....	12
4. Hipótesis	13
5. Objetivos	13
5.1 Objetivo general.	13
5.2 Objetivos específicos.....	13
6. Material y Método.....	14
6.1 Área de estudio.	14
6.2 Modelo experimental.	14
6.3 Diseño experimental.....	15
6.4 Elaboración de tratamientos.....	15
6.5 Régimen alimenticio.	16
6.6 Biométricos.....	16
6.7 Calidad del agua.....	17
6.8 Análisis estadístico.....	17
7. Resultados	18
7.1 Confirmación de envío.....	18
7.2 Artículo.	19
8. Conclusiones.....	31
9. Literatura citada	32

Índice de Figuras

Figura 1. Laboratorio de Modelos Hidráulicos del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), UAEMex.	14
Figura 2. Peceras montadas y su sistema de recirculación.	14
Figura 3. Peceras equipadas.....	15
Figura 4. Extracto del Sauce Llorón (<i>Salix babylonica</i>).....	16
Figura 5. El extracto rociado sobre el alimento balanceado.....	16

Resumen

Se estudió el efecto de un prebiótico a partir del Sauce llorón (*Salix babylonica*), adicionado en el alimento balanceado, sobre el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Se llevó a cabo un experimento con duración de 70 días, más una semana de aclimatación de los organismos. El diseño fue completamente al azar, con dos tratamientos (1.5 y 3% del extracto del *S. babylonica* en la ración del alimento balanceado), y uno de control con tres réplicas cada uno. El modelo experimental constó de 117 organismos divididos en 9 peceras de 40 litros cada una con un filtro, termostato y piedra aireadora, conectadas a un sistema de recirculación. Se realizaron muestreos y determinaciones diarias para calidad del agua, y cada semana se tomaron parámetros biométricos (peso, longitud total y patrón). Con los datos recabados se obtuvieron los factores: tasa de crecimiento específica (longitud y peso), factor de conversión alimenticia y factor de Fulton, los cuales permitieron observar el efecto del extracto de *S. babylonica* en el crecimiento de los organismos. Los resultados se evaluaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%. Siendo el tratamiento con el 3% del extracto de sauce llorón el que tuvo los mejores resultados en cuanto a las tasas de crecimiento, seguido por el tratamiento con la adición del 1.5% del extracto y por último el tratamiento control. Por lo que la adición de prebióticos tiene un impacto positivo en el crecimiento de la tilapia en cautiverio.

Palabras clave: *Oreochromis niloticus*, prebiótico, *Salix babylonica*, crecimiento, producción acuícola.

Abstract

The effect of a prebiotic from Weeping Willow (*Salix babylonica*), added to balanced feed, on the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was studied. An experiment lasting 70 days was carried out, plus one week of acclimatization of the organisms. The design was completely randomized, with two treatments (1.5 and 3% of the *S. babylonica* extract in the balanced feed ration), and one control with three replicates each. The experimental model consisted of 117 organisms divided into 9 fish tanks of 40 liters each with a filter, thermostat and aerator stone, connected to a recirculation system. Sampling and daily determinations for water quality were carried out, and biometric parameters (weight, total length and pattern) were taken every week. With the collected data, the following factors were obtained: specific growth rate (length and weight), food conversion factor and Fulton factor, which allowed observing the effect of the *S. babylonica* extract on the growth of the organisms. The results were evaluated by means of an analysis of variance (ANOVA) with a confidence interval of 95%. Being the treatment with 3% of the weeping willow extract the one that had the best results in terms of growth rates, followed by the treatment with the addition of 1.5% of the extract and finally the control treatment. Therefore, the addition of prebiotics has a positive impact on the growth of tilapia in captivity.

Keywords: *Oreochromis niloticus*, prebiotic, *Salix babylonica*, growth, aquaculture production.

1. Introducción

1.1 Importancia de la acuicultura.

La acuicultura es una actividad importante debido al papel social, ambiental y económico que desarrolla, ya que, permite la producción de alimentos disminuyendo su impacto en el ambiente mediante la reducción de la sobrepesca, es una fuente generadora de empleos y de desarrollo para zonas rurales (FAO, 2018).

Sin embargo, y a pesar de la importancia de la acuicultura, esta debe hacer frente a varios desafíos, especialmente a la creciente competencia por unos recursos limitados, tales como agua, tierra y alimentos, a la degradación ambiental de los recursos utilizados o necesarios, a que no se le reconozca como usuario legítimo de los recursos, a la falta de apoyo institucional y jurídico, a la excesiva reglamentación y, recientemente, una publicidad nociva, resultado de unos casos relativamente poco numerosos de degradación ambiental y perturbación social causados por algunos tipos de prácticas acuícolas (FAO, 2018).

Durante el periodo 2000-2018 fue la actividad productiva con mayor crecimiento en las últimas décadas ya que presentó un crecimiento anual del 5.8% más rápido que otros segmentos de producción animal, con más de 598 especies de cultivo, de ambientes dulceacuícolas, salobres y marinos (peces, crustáceos, moluscos, equinodermos, anfibios) (FAO, 2018).

Derivado de este crecimiento, la acuicultura se presenta como una alternativa viable para la producción de alimentos, ya que debido al desarrollo de diversos modelos de producción se han reducido los tiempos para obtener las tallas comerciales y se ha incrementado el nivel de producción, por lo que, actualmente la acuicultura suple alrededor del 68% del pescado que se consume a nivel global y juega un papel primordial en los esfuerzos para eliminar el hambre y la desnutrición en el mundo (Béné *et al.*, 2016; FAO, 2018).

Debido a la creciente importancia de esta actividad, es necesario buscar alternativas que permitan cubrir las demandas existentes, por lo que, se genera una amplia diversificación

en las especies que se cultivan y en la calidad con la que se producen (FAO, 2018). Las especies con mayor impacto en la producción a nivel mundial, están dominadas por un pequeño número de especies o grupo de especies “básicos” que son los peces de aleta (Carpa herbívora, *Ctenopharyngodon idellus*; Carpa plateada, *Hypophthalmichthys molitrix*; Carpa común, *Cyprinus carpio*; Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*; Carpa cabezona, *Hypophthalmichthys nobilis*; *Carassius spp.*; Salmón del Atlántico, *Salmo salar*, *Pangasius spp.*; Trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*; entre otros), siendo menor el número de crianza de crustáceos, moluscos y otros animales (Camarón patiblanco, *Litopenaeus vannamei*; Cangrejo de las marismas, *Procambarus clarkii*; Langostino jumbo, *Penaeus monodon*; entre otros) (FAO, 2018).

Sin embargo, en la acuicultura dulceacuícola las especies con mayor relevancia son los cíclidos y los ciprínidos (tilapias y carpas), los cuales representan al grupo de mayor producción piscícola en el mundo (FAO, 2018). Existen tres géneros de tilapia, las cuales pertenecen a las familias: Cichlidae: *Oreochromis*, *Sarotherodon* (Wang y Lu, 2016). Y, las especies más importantes para la acuicultura: *O. mossambicus*, *O. aureus* y *O. niloticus*, siendo esta última la más cultivada (Moura *et al.*, 2016), al representar el 80% de las tilapias cultivadas a nivel mundial (Santos *et al.*, 2019).

Siendo uno de los principales peces de cultivo de agua dulce en el mundo, ha ganado popularidad en años recientes en países desarrollados como Estados Unidos y países de Europa, también es muy consumida en la República Popular China y en Latinoamérica (FAO, 2014).

La tilapia posee un rol sumamente importante dentro del crecimiento exponencial que está teniendo la acuicultura a nivel mundial, por las diversas cualidades para su cultivo. De hecho, las previsiones apuntan que la producción mundial de tilapia casi se duplique, desde 4.3 a 7.3 millones de toneladas anuales entre 2010 y 2030 (Banco Mundial, FAO, 2018).

En México, la acuicultura ha jugado un papel importante en la sociedad, siendo una fuente de alimento y empleo, para el año 2018, la acuicultura mexicana cultivó 61 especies distintas de peces y mariscos y produjo 394 mil toneladas de producto. Lo que corrobora la importancia en la industria alimentaria del país (SAGARPA, 2018).

De acuerdo con el Anuario Estadístico de Pesca (2018), las principales especies cultivadas son: bagre, carpa, camarón, charal, langostino, lobina, tilapia, ostión y trucha; mientras que las de mayor producción son: camarón, tilapia y ostión (SAGARPA, 2018).

En México la acuicultura se promueve como una alternativa en la generación de empleos, arraigo en comunidades y producción de alimento de alta calidad nutricional, además permite incrementar los ingresos de los habitantes en zonas rurales (Reyes, 2012).

La producción de tilapia a nivel nacional de la producción depende en un 91 % de la actividad acuícola y el 9 % restante es de captura. Cabe mencionar que existe un debate sobre los beneficios de los peces de cultivo en comparación con los de pesca tradicional; pero, dado que las poblaciones de peces silvestres se están agotando a un ritmo acelerado (por la pesca desmedida), la acuicultura responsable ofrece la mejor solución a este problema (Regal Springs, 2019).

Otro reto importante de la acuicultura en México es reducir la actual dependencia de productos acuícolas importados (principalmente tilapia y otros peces asiáticos). Actualmente se importan más de 45,000 toneladas de tilapia (por ejemplo, filete blanco del Nilo) procedentes principalmente de China, que implican un costo aproximado de 1,500 millones de pesos canalizados a productores extranjeros, simplemente porque la producción nacional es insuficiente. (Norzagaray *et al.*, 2012).

En el Estado de México, la acuicultura se promueve como una opción para incrementar los ingresos de los habitantes en zonas rurales, el cultivo de la tilapia ha adquirido mayor aceptación social, así como a la facilidad de su cultivo, por lo que en el 2018 la producción del estado se estimó en 4,948 toneladas (CONAPESCA, 2018).

Estudios realizados en diversas regiones del Estado de México (Amatepec, Temascalcingo, entre otros), han sugerido que la acuicultura rural de tilapia es una alternativa de producción capaz de atenuar la demanda y disminuir presión sobre los recursos naturales (Vega *et al.*, 2010).

Sin embargo, el desarrollar esta actividad puede verse interrumpida debido a la falta de recursos económicos y la escasez ocasional de alimento balanceado, lo cual ha motivado a los productores rurales a buscar alternativas que les permitan subsanar los problemas a los que se pueden enfrentar (Poot-López *et al.*, 2020).

Es por esto que dentro de las opciones que se pueden desarrollar para eliminar las problemáticas y ayudar a mejorar la producción, es buscar la utilización de tecnologías accesibles a los productores, como por ejemplo el uso de prebióticos o aditivos vegetales que permitan acelerar el proceso de producción.

El uso de aditivos en animales es relativamente nuevo, por ello el desafío de la utilización de extractos vegetales en la nutrición animal es la identificación y el establecimiento de los efectos ejercidos por los compuestos activos presentes en esas plantas sobre el organismo animal, siendo poco el conocimiento del efecto de muchos de estos compuestos (Martínez *et al.*, 2015, Cortés *et al.*, 2014). En este sentido el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del uso del extracto de *Salix babylonica* en el crecimiento de la tilapia del Nilo.

2. Antecedentes

2.1 Descripción de la especie.

Es un pez de origen africano, catalogado por la (FAO, 2018) como la tercera especie producida en cautiverio después de la carpa y el salmón; habita, en su mayoría, en regiones tropicales del mundo, donde existen condiciones favorables para su reproducción y crecimiento. Es un pez de aguas cálidas, que vive tanto en agua dulce como salada; incluso, puede acostumbrarse a aguas poco oxigenadas (Benítez *et al.*, 2015).

Taxonomía

Reino: Animalia

Phylum: Craniata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Oreochromis*

Especie: *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758

Nombre común: Tilapia del Nilo.

Categoría de riesgo: Muy alto.

Distribución geográfica: África tropical, subtropical y Oriente Medio en los ríos costeros de Israel; río Nilo, Burkina Faso, Camerún, Chad, Etiopía, Guinea, Níger, Nigeria, Sudán y Uganda (Gutiérrez y Lasso, 2012).

Estatus: Exótica presente en México. (Martínez-Ramírez, 2017).

2.2 Generalidades de la especie.

Las tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*) tienen un cuerpo con el dorso grisáceo, rosado a los lados, con barras verticales oscuras en la aleta caudal. Presenta dimorfismo sexual, la hembra es más pequeña que el macho (aleta caudal en punta) y en época reproductiva el color de las aletas se torna rojizo. La longitud, peso y edad máxima respectivamente reportadas son 60 cm de largo estándar, 4.3 kg y entre los 9 y 10 años de edad aproximadamente (Jacome *et al.*, 2019).

Resistentes a bajas concentraciones de oxígeno, rangos variados de salinidad, resistencia física al manipuleo, crecimiento acelerado, tolerancia a desarrollarse en condiciones de altas densidades, con capacidad de nutrirse a partir de una gama de alimentos naturales y artificiales, etc. Es una especie constituida por la calidad, textura firme de su carne, color blanco y bajo número de espinas intermusculares; un pescado, altamente, apetecible (Benítez *et al.*, 2015).

Es una especie omnívora, incluyendo fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna bentónica y detritus en su dieta (FAO, 2007). Las plantas u hojas puede cortarlas, debido a que presentan dientes bicúspides o tricúspides y dientes faríngeos. También es oportunista y puede llegar a ser de hábitos carnívoros, alimentándose de zooplancton, larvas de insectos u otros peces. También puede ser detritívora (Valdez, 2014).

Cabe destacar que posee una tendencia significativa hacia hábitos herbívoros, lo cual haría factible el suministro de dietas de engorde a base de proteínas de origen vegetal reemplazando en parte la harina de pescado (Barragán *et al.*, 2017).

El pez tiene una esperanza de vida aproximada de 10 años (FAO, 2014).

2.3 Uso de aditivos en dietas.

La acuicultura busca la reducción de costos para que dicha producción sea aún más rentable, por lo cual gran parte de las investigaciones actuales se centran en la formulación y elaboración de dietas, que representa el 50 % aproximadamente de los costos operativos. De esta manera se trabaja en la obtención de raciones balanceadas que no contengan o disminuyan en forma apreciable la necesidad de incluir harinas y aceites de origen marino en las fórmulas alimentarias, debiéndose mantener los valores nutricionales, digestibilidad y palatabilidad para las diferentes especies bajo cultivo (Barragán *et al.*, 2017).

Por lo que se han hecho estudios tratando de incrementar la producción acuícola mediante la combinación adecuada de fertilización, alimento balanceado y/o granos. Sin embargo, prácticamente no se ha evaluado el efecto productivo de reducir el uso del alimento balanceado complementado con alimentos de origen vegetal y de forma cruda, a baja escala. (Poot-López *et al.*, 2020).

Así mismo la aplicación potencial de plantas terrestres como complemento alimenticio ha recibido escasa atención. En Sudamérica se tienen reportes de la utilización de bore

(*Alocasia macrorrhiza* L.) como sustituto parcial de alimento balanceado en la producción de *Tilapia rendalli* a baja escala, debido a su contenido proteínico (22-25%) a base de harina de pescado, la cual es un insumo de alto costo y poca disponibilidad en el mercado internacional (Poot-López *et al.*, 2012). Por lo que se hace necesario evaluar otras fuentes de proteínas alternativas, fundamentalmente para especies dulceacuícolas (Barragán *et al.*, 2017).

El proceso de incorporación de plantas nativas con valor nutricional e importancia cultural, en la alimentación de peces, podría ser aprovechado como insumos alimenticios sobre todo si dichos insumos se utilizan en forma cruda o como aditivos (Poot-López *et al.*, 2012).

Los estudios disponibles exploran el hecho de hacer uso de aditivos naturales que se pueden encontrar en forma de extractos y aceites esenciales, los cuales poseen diversos compuestos activos como fenoles, polifenoles, alcaloides, quinonas, terpenoides, lectinas y polipéptidos, que se establecen como una alternativa eficaz frente a los aditivos convencionales (Campagnolo *et al.*, 2013).

Una nueva área de gran interés para mejorar la eficiencia del crecimiento y prevenir y/o controlar las enfermedades de peces es la aplicación de probióticos, prebióticos e inmunoestimulantes como aditivos en la dieta, constituyendo una alternativa muy prometedora al uso de antibióticos (Magnadóttir, 2010; Dimitroglou *et al.*, 2011).

Por ello el desafío de la utilización de extractos vegetales en la nutrición animal es la identificación y el establecimiento de los efectos ejercidos por los compuestos activos presentes en esas plantas sobre el organismo animal, siendo poco el conocimiento de la acción de muchos de estos compuestos (Rizzo y Cevallos, 2011).

El rango de aditivos utilizados con fines de nutrición animal es muy amplio ya que bajo este término se incluyen sustancias tan diversas como algunos suplementos (vitaminas, provitaminas, minerales, etc.), sustancias auxiliares (antioxidantes, emulsionantes, saborizantes, etc.), agentes para prevenir enfermedades (coccidiostáticos y otras sustancias medicas) y agentes promotores del crecimiento (antibióticos, probióticos, prebióticos, enzimas, etc.). Dentro del grupo de los aditivos antibióticos están aquellos que se utilizan como promotores del crecimiento de los animales, y que también son denominados "modificadores digestivos" (García y García 2015).

Referente a los aditivos promotores del crecimiento; están los alimentos probióticos siendo aquellos en los que existen bacterias que ayudan a reforzar nuestro sistema inmunológico, estas bacterias, además, pueden sobrevivir a una digestión llegando vivas al colon y ayudando a restituir la flora intestinal que pueda haber sido alterada por alguna causa (García *et al.*, 2016).

En cuanto a los prebióticos su acción es servir de sustrato a la microbiota nativa presente en el huésped, beneficiando al crecimiento de los microorganismos beneficiosos, mejorando el ambiente del tracto gastrointestinal y aumentando su valor osmótico (Castañeda 2018, Corzo *et al.*, 2015).

Por otro lado, existen las enzimas exógenas utilizadas principalmente con el objetivo de mejorar la digestibilidad de los alimentos y desactivar los factores anti nutricionales, aumentando así el aprovechamiento de los nutrientes y consecuentemente una menor cantidad de nutrientes excretados en el ambiente, disminuyendo así la eutrofización de los ambientes (Valdivia *et al.*, 2019).

Guerra-Centeno *et al.*, (2016) evaluaron el uso potencial de hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*), como alimento en la dieta de crías de tilapia nilótica. El experimento consistió en la inclusión de cuatro niveles de hojas de chipilín en sustitución de un alimento comercial extruido, estableciendo cinco grupos experimentales de la siguiente manera: (1) 0% de hojas de chipilín, (2) 20% de hojas de chipilín, (3) 40% de hojas de chipilín, (4) 60% de hojas de chipilín y (5) 80% de hojas de chipilín. El tiempo de evaluación fue de 30 días. Se registraron las tallas y los pesos de las tilapias al inicio y al final del periodo experimental. Como resultado no se observó efecto de la inclusión del chipilín en los pesos ($p = 0.1867$) ni en las tallas ($p = 0.1645$) de las tilapias. Aunque se aprecia cierto estancamiento en los pesos de los grupos 4 y 5 (niveles de 60% y 80% de chipilín). Esto sugiere que si se prolonga la alimentación con niveles elevados de chipilín (60% o más), se obtendrían menores ganancias de peso que en los grupos alimentados con niveles de hasta 40% de hoja de chipilín.

Poot-López y colaboradores,(2012) incorporaron hojas de chaya en una proporción de 50 y 75% en dieta de tilapias, observando que al utilizar el 50% del aditivo se alcanzó la mayor ganancia de peso (51.09%), mientras que Franco-Cabrera, (2012) evaluó el extracto de Noni (*Morinda citrifolia*), en el comportamiento productivo de tilapia nilótica; no encontrando diferencias significativas entre el peso (g), talla (cm) e índice de condición ($P>0.05$), sin

embargo, presentaron menor dispersión de la media en las variables peso y talla. Otro trabajo de uso de extracto en el que los resultados fueron favorables fue reportado por Del Río San Andrés que en el 2018 evaluó la sustitución de una dieta a base de soya por la inclusión de (*Moringa oleifera*) al 10%, 20% y 30% en alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), obteniendo una ganancia de peso promedio final de 94 g (al 10%), 147.16 g (al 20%) y 132.31 g (al 30%) en comparación con la dieta control que fue de 193.65 g.

Se tienen otros reportes en los que se ha observado que el desempeño en conjunto de alimento comercial, más la adición de pasta de ajo y un bacilo gram positivo; obtienen como resultado diferencias significativas en las variables de peso y talla, siendo los mejores tratamientos el de la adición de pasta de ajo (t2) y el bacilo gram positivo (t3), incluyendo que el t2 obtuvo un mejor desempeño en su tasa de crecimiento con un 4.55% (Arciniegas, 2014).

En el 2010 Sagar y Glova encontraron en contenidos estomacales en forma de detritos (*Salix babylonica*), principalmente en peces y crustáceos; siendo esta especie de árbol parte de la vegetación rarápía donde habitan estos organismos (Salinas-Velarde, 2016).

En el Estado de México, se ha trabajado con el uso del extracto de (*Salix babylonica*) como aditivo en dietas para corderos, obteniendo benéficos resultados tanto en su crecimiento como en la ganancia diaria en peso hasta de un 22% (Cedillo *et al.*, 2014; Salem *et al.*, 2011; Salem *et al.*, 2013 y Salem *et al.*, 2014).

Valdés en el 2014 menciona que la suplementación de (*Salix babylonica*) y enzimas exógenas ZADO® como aditivos en una dieta basal para corderos, mejoraron su comportamiento productivo, lo cual favorece la utilización de los nutrientes administrados en la dieta (Valdés-Medina, 2014).

El más reciente estudio que se realizó utilizando el extracto del Salix fue en el acocil (*Cambarellus montezumae*); en el cual se evaluó el crecimiento de estos organismos adicionando en su dieta dos aditivos cada uno por separado; levadura al 0.5% y 2% de extracto del sauce llorón (*Salix babylonica*). Obteniendo como resultado que los acociles con levadura tienen mejor factor de conversión alimenticia (3.17 ± 0.09) y presentan mejor relación peso/longitud ($P < 0.001$). Sin embargo, los acociles alimentados con Salix presentaron mayor biomasa (62.04 ± 2.9) y menor mortalidad (Salinas-Velarde, 2016).

El Sauce llorón (*Salix babylonica*), es un árbol que se encuentra presente en todo el territorio mexicano; este árbol es una especie de sauce nativo de las áreas secas del norte de China; es un árbol caducifolio de 8 a 12 m de altura (excepcionalmente 26 m), con ramas delgadas, flexibles, largas, colgantes casi hasta el suelo, tiene hojas linear lanceoladas, e inflorescencias de color amarillo pálido que brotan junto con las hojas. Florece en primavera. Las hojas de este árbol contienen flavonoides (Salem *et al.*, 2011); que forman parte de los extractos vegetales, estudiados para su uso como aditivos alimentarios (Valdés-Medina, 2014 y Salem *et al.*, 2011).

3. Justificación

Ya que la tilapicultura ocupa un lugar importante dentro de la acuicultura a nivel mundial es de interés buscar nuevas alternativas que sirvan como herramientas para potencializar el proceso de producción, en éste caso por medio de la implementación de aditivos o prebióticos como los extractos arbóreos (*Salix babylonica*) el cual ha sido utilizado con buenos resultados para mejorar la inmunidad, la eficiencia alimenticia y rendimiento productivo (crecimiento y ganancia de peso corporal) en rumiantes como corderos y ovejas.

Por lo tanto y debido a que no se cuenta con información alguna de cómo funciona este aditivo en peces, ha surgido el interés de conocer su efecto al adicionarlo en la dieta de los peces.

4. Hipótesis

La inclusión del extracto de (*Salix babylonica*) en la dieta de la tilapia tendrá un efecto positivo en el crecimiento de los organismos.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto del uso del extracto de (*Salix babylonica*) en el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

5.2 Objetivos específicos.

- Obtener el extracto (*Salix babylonica*) para utilizarlo como prebiótico en alimento para tilapia.
- Analizar el efecto del alimento balanceado suplementado con extracto de (*Salix babylonica*) en el crecimiento de la tilapia del Nilo.
- Determinar la tasa de crecimiento específica de la tilapia alimentada con alimento suplementado a diferentes concentraciones del prebiótico obtenido de (*Salix babylonica*).

6. Material y Método

6.1 Área de estudio.

El trabajo se realizó en un modelo experimental ubicado en las instalaciones del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), UAEMex, ubicado en la zona centro de la República Mexicana, en específico en la zona centro sur del Estado de México, con un clima templado frío, una altitud entre los 2,500 y 3,000 msnm y temperaturas entre los 5° y 25°C (INEGI,2004).



Figura 1. Laboratorio de Modelos Hidráulicos del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), UAEMex.

6.2 Modelo experimental.

El modelo experimental constó de 117 organismos, divididos en 9 peceras, cada una contenía un filtro, termostato y piedra aireadora, conectadas a un sistema de recirculación.



Figura 2. Peceras montadas y su sistema de recirculación.

6.3 Diseño experimental.

El experimento se llevó a cabo en 63 días, con una semana más para la aclimatación de los organismos. Fue un diseño completamente al azar (Delgado-Vidal *et al.*, 2009), con 3 tratamientos: tratamiento T1 (la adición de 1.5 % del extracto de *Salix* en la ración total del alimento), el tratamiento T2 (el 3% de la adición del extracto del *Salix* en la ración total del alimento) y tratamiento control TC (el 100% de la ración del alimento balanceado), con tres réplicas cada uno.



Figura 3. Peceras equipadas

6.4 Elaboración de tratamientos.

El extracto del (*Salix babylonica*), se obtuvo basados en la técnica descrita por Salem en el 2011, siendo los siguientes pasos: Recolectar 1 kilo de hojas verdes del *Salix*, moler el kilo de hojas y agregar 8 litros de agua, dejar reposar la mezcla durante 2 días, pasados esos días se calienta la mezcla durante 1 hora a temperaturas entre los 27 y 29°C, posteriormente se filtra la mezcla hasta obtener el extracto, ya obtenido el extracto se refrigera a una temperatura entre los 0 y -5°C, la adición del extracto (1.5% y 3% a la ración total de alimento diario), se aplicó por medio de un rociador, por último se dejó secar el alimento 24 horas antes de ser ofrecido a los organismos.



Figura 4. Extracto del Sauce Llorón (*Salix babylonica*).



Figura 5. El extracto rociado sobre el alimento balanceado.

6.5 Régimen alimenticio.

Su alimentación estuvo dada bajo el régimen planteado en las tablas nutricionales propuestas por la productora de alimento “Vimifos”, dividida en 5 porciones al día; entre las 10 a.m. y las 5 p.m., todas con la misma ración.

6.6 Biométricos.

Se manejaron 117 organismos en total; con un peso inicial de 7 gr (13 organismos por pecera), los biométricos se realizaron cada semana (peso (gr), longitud total y patrón (cm)) mediante un muestreo aleatorio con el 95% de confiabilidad, con los datos recabados se ajustaban las tasas de alimentación y se obtuvo la biomasa, ganancia de peso, longitud total y los siguientes factores: tasa de crecimiento específica (TCE), acumulado (TEC Acumulado), absoluto (TCA) y relativo (TCR), factor de conversión alimenticia y factor de Fulton, los cuales permitieron observar el efecto del extracto de (*Salix babylonica*) en el crecimiento de los organismos (Cifuentes *et al.*, 2012).

6.7 Calidad del agua.

Se monitoreo diariamente cada pecera con el fin de medir oxígeno disuelto (OD), saturación de oxígeno disuelto, temperatura con ayuda de un oxímetro YSI pro20 y para el pH el potenciómetro YSI 60 pH system. Así mismo, semanalmente se analizaron los parámetros de nitrógeno amoniacal total (NAT; $N-NH_4 - N-NH_3$), nitritos ($N-NO_2$) y sólidos suspendidos totales (SST) mediante el uso de un colorímetro portátil Hach DR890.

Finalmente, el mantenimiento de las peceras consistió en realizar recambios de agua de un 30% del volumen de agua, para remover la biota asentada en las paredes de los tanques, compuesta principalmente de algas y eliminar diariamente las heces fecales por sifón.

6.8 Análisis estadístico.

Los datos se agruparon según muestreo y tratamientos para cada una de las variables definidas, se calculó estadística descriptiva, con elaboración de cuadros y gráficos en Excel 2007 de Microsoft Windows e IBM SPSS Statistics 20. Para determinar las diferencias estadísticas de las variables peso, ancho, alto, longitud estándar y talla en las crías de tilapia nilótica, se empleó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. La diferencia significativa entre medias de los diversos tratamientos se determinó por el método HSD de Tukey.

Los resultados se evaluaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%.

7. Resultados

7.1 Confirmación de envío.

De: María del Rocío Torres Alvarado <enlacerevistahidrobiologica@gmail.com>

Enviado: jueves, 20 de mayo de 2021 08:28 p. m.

Para: Ivan Gallego Alarcon <iga@uaemex.mx>

Asunto: [RH] Acuse de recibo de envío

Dr. Ivan Gallego Alarcon:

Gracias por enviar el manuscrito "EFECTO DEL EXTRACTO DEL SAUCE LLORÓN (Salix babylonica) EN EL CRECIMIENTO DE LA TIALPIA DEL NILO (Oreochromis niloticus): EFECTO DEL SAUCE LLORÓN EN EL CRECIMIENTO DE LA TIALPIA " a HIDROBIOLÓGICA. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial.

URL del manuscrito: <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/authorDashboard/submission/1572>

Nombre de usuario/a: igatoluca

En caso de dudas, contacte conmigo. Gracias por elegir esta revista para publicar su trabajo.

María del Rocío Torres Alvarado

Revista Hidrobiológica UAM-Iztapalapa <https://hidrobiologica.izt.uam.mx>

7.2 Artículo.

EFFECTO DEL EXTRACTO DEL SAUCE LLORÓN (*Salix babylonica*) EN EL CRECIMIENTO DE LA TIALPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*)

Ortíz Velazquez Selene*¹, Gallego Alarcón Iván², García Púlido Daury², Zeidan Mohamed Salem AF³.

¹Facultad de Ciencias, ²Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México.

RESUMEN

Se estudió el efecto de un prebiótico a partir del Sauce llorón (*Salix babylonica*), adicionado en el alimento balanceado, sobre el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Se llevó a cabo un experimento con duración de 70 días, más una semana de aclimatación de los organismos. El diseño fue completamente al azar, con dos tratamientos (1.5 y 3% del extracto del *S. babylonica* en la ración del alimento balanceado), y uno de control con tres réplicas cada uno. El modelo experimental constó de 117 organismos divididos en 9 peceras de 40 litros cada una con un filtro, termostato y piedra aireadora, conectadas a un sistema de recirculación. Se realizaron muestreos y determinaciones diarias para calidad del agua, y cada semana de parámetros biométricos (longitud total y patrón, peso). Con los datos recabados se obtuvieron los factores: tasa de crecimiento específica (longitud y peso), factor de conversión alimenticia y factor de Fulton, los cuales permitieron observar el efecto del extracto de *S. babylonica* en el crecimiento de los organismos. Los resultados se evaluaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%. Siendo el tratamiento con el 3% del extracto de sauce llorón el que tuvo los mejores resultados en cuanto a las tasas de crecimiento, seguido por el tratamiento con la adición del 1.5% del extracto y por último el tratamiento control. Por lo que la adición de prebióticos tiene un impacto positivo en el crecimiento de la tilapia en cautiverio.

Palabras clave: *Oreochromis niloticus*, prebiótico, *Salix babylonica*, crecimiento, producción acuícola.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico y el cambio climático han puesto de manifiesto la posibilidad de una escasez de alimentos. Aparentemente, los modelos actuales de producción no serán suficientes para sustentar el crecimiento sostenido de las poblaciones humanas, así como lo perdido por daños en las cosechas. Esta situación exige la búsqueda de nuevas formas de producir, el análisis y reevaluación de las formas tradicionales (Guerra-Centeno *et al.*, 2016).

Una alternativa para contrarrestar esta escasez es la acuicultura ya que es una actividad que ha tenido un crecimiento acelerado en el mundo debido a que permite la producción de proteína de alta calidad a bajo costo. En los últimos 40 años, se han dedicado esfuerzos para mejorar la eficiencia de crecimiento de los peces, como la reducción de tiempo de producción, mejora de dietas y control de enfermedades las cuales permiten garantizar la continua expansión de la acuicultura.

La acuicultura se presenta como una alternativa para la producción de proteína de alta calidad a bajo precio; además de ser un sector productivo de la alimentación que más rápidamente crece en el mundo. Por lo que se han dedicado muchos esfuerzos a mejorar la eficiencia del crecimiento de los peces mediante la manipulación de las dietas (Kiron, 2012; Oliva-Teles, 2012).

La optimización de las dietas y el control de las enfermedades son dos objetivos principales para garantizar la continua expansión de la acuicultura. Una nueva área de gran interés para mejorar la eficiencia del crecimiento y prevenir y/o controlar las enfermedades de peces es la aplicación de probióticos, prebióticos e inmunoestimulantes como aditivos en la dieta, constituyendo una alternativa muy prometedora al uso de antibióticos (Magnadóttir, 2010; Dimitroglou *et al.*, 2011). La optimización de las dietas incluye el uso de fuentes vegetales de proteínas tales como soya u otras plantas (Kumar *et al.*, 2011; Lech y Reigh, 2012).

El proceso de incorporación de plantas nativas con valor nutricional e importancia cultural, en la alimentación de peces, podría facilitar la adopción de la acuicultura en la vida del campesino. En las zonas rurales existe una variedad de plantas cuyas hojas son utilizadas para el consumo humano; pero también podrían ser aprovechadas por peces de hábitos herbívoros (como la tilapia; capaz de utilizar como alimentos materiales de origen vegetal incluyendo follajes, granos, algas, zooplancton, etcétera). La meta sería utilizar las hojas de plantas culturalmente importantes, como insumos alimenticios sobre todo si dichos insumos se utilizan en forma cruda (Poot-López, Gasca-Leyva & Olvera-Novoa, 2012).

Los estudios disponibles exploran el hecho de hacer uso de aditivos naturales que se pueden encontrar en forma de extractos y aceites esenciales los cuales poseen diversos compuestos activos como fenoles, polifenoles, alcaloides, quinonas, terpenoides, lectinas y polipéptidos, que se establecen como una alternativa eficaz frente a los aditivos convencionales (Campagnolo *et al.*, 2013).

Trabajos basados en estos usos son los que reportan Guerra-Centeno *et al.*, 2016; quienes evaluaron el uso potencial de hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*), como alimento de crías de la tilapia nilótica. Algo similar se investigó con las hojas de chaya con un 50 y 75% en dieta de tilapias, donde la mayor ganancia de peso fue de (51.09%) al utilizar el 50% del

aditivo (Poot-López *et al.*, 2012). Franco-Cabrera, (2012) evaluó el extracto de Noni (*Morinda citrifolia*), en el comportamiento productivo de tilapia nilótica; no encontrando diferencias significativas entre el peso (g), talla (cm) e índice de condición ($P>0.05$), sin embargo, presentaron menor dispersión de la media en las variables peso y talla.

Valdez-Sandoval, (2014) evaluó los beneficios de utilizar 5 % de extracto de Moringa oleífera como suplemento en la dieta de alimentación para cría de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) (machos), obteniendo una biomasa de 100 g en comparación con el tratamiento testigo (alimento balanceado) que obtuvo 23.12 g.

Se tienen otros reportes en los que se ha observado el desempeño en conjunto de alimento comercial, más la adición de pasta de ajo y un bacilo gram positivo; obteniendo como resultado diferencias significativas en las variables de peso y talla, siendo los mejores tratamientos el de la adición de pasta de ajo (t2) y el bacilo gram positivo (t3), incluyendo que la tasa crecimiento obtuvo un mejor desempeño fue el t2 con un 4.55% (Arciniegas, 2014).

En el Estado de México se ha trabajado con el uso del extracto de (*Salix babylonica*) como aditivo en dietas para corderos, obteniendo resultados benéficos tanto en su crecimiento como en la ganancia diaria en peso hasta de un 22% (Cedillo *et al.*, 2014; Salem *et al.*, 2011; Salem *et al.*, 2013 y Salem *et al.*, 2014). El Sauce llorón (*Salix babylonica*), es un árbol que se encuentra presente en todo el territorio mexicano; este árbol es una especie de sauce nativo de las áreas secas del norte de China; es un árbol caducifolio de 8 a 12 m de altura (excepcionalmente 26 m), con ramas delgadas, flexibles, largas, colgantes casi hasta el suelo, tiene hojas linear lanceoladas, e inflorescencias de color amarillo pálido que brotan junto con las hojas. Florece en primavera. Las hojas de este árbol contienen flavonoides (Salem *et al.*, 2011); que forman parte de los extractos vegetales, estudiados para su uso como aditivos alimentarios (Valdés-Medina, 2014 y Salem *et al.*, 2011).

El uso de aditivos en animales es relativamente nuevo, por ello el desafío de la utilización de extractos vegetales en la nutrición animal es la identificación y el establecimiento de los efectos ejercidos por los compuestos activos presentes en esas plantas sobre el organismo animal, siendo poco el conocimiento del efecto de muchos de estos compuestos (Martínez *et al.*, 2015 y Cortés *et al.*, 2014). En este sentido el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del uso del extracto de (*Salix babylonica*) en el crecimiento de la tilapia del Nilo.

MATERIALES Y MÉTODO

➤ Zona de estudio

El trabajo se realizó en un modelo experimental ubicado en las instalaciones del Instituto Intramericano de Tecnología y Ciencias del Agua, UAEMex, ubicado en la zona centro de la República Mexicana, en específico en la zona centro sur del Estado de México, con un clima templado frío, una altitud entre los 2500 y 3000 msnm y temperaturas entre los 5° y 25°C.

➤ Procedimiento experimental

El experimento se llevó a cabo en 63 días, con una semana más para la aclimatación de los organismos, el modelo experimental constó de 9 peceras cada una con un filtro, termostato y piedra aireadora, conectadas a un sistema de recirculación. Fue un diseño completamente al azar (Delgado-Vidal *et al.*, 2009), con dos tratamientos (1.5 y 3% del extracto del *Salix* en la ración total del alimento) y un control (100% de la ración del alimento balanceado), con tres réplicas cada uno.

Su alimentación estuvo dada bajo el régimen planteado en las tablas nutricionales propuestas por la productora de alimento "Vimifos", dividida en 5 porciones al día; entre las 10 a.m. y las 5 p.m., todas con la misma ración. Se manejaron 117 organismos en total; con un peso inicial de 7 gr (13 organismos por pecera), cada semana se realizaron biométricos (longitud total y patrón, peso) mediante un muestreo aleatorio con el 95% de confiabilidad, con los datos recabados se ajustaban las tasas de alimentación y se obtuvo la biomasa, ganancia de peso, longitud total y los siguientes factores: tasa de crecimiento específica (TCE), acumulado (TEC Acumulado), absoluto (TCA) y relativo (TCR), factor de conversión alimenticia y factor de Fulton (Cifuentes *et al.*, 2012).

Los cuales permitieron observar el efecto del extracto de (*Salix babylonica*) en el crecimiento de los organismos. Por su parte el extracto del (*Salix babylonica*), se obtuvo basados en la técnica descrita por Salem en el 2011, siendo los siguientes pasos: Recolectar 1 kilo de hojas verdes del *Salix*, moler el kilo de hojas y agregar 8 litro de agua, dejar reposar la mezcla durante 2 días, pasados esos días se calienta la mezcla durante 1 hora a temperaturas entre los 27 y 29°C, posteriormente se filtra la mezcla hasta obtener el extracto, ya obtenido el extracto se refrigera a una temperatura entre los 0 y -5°C, la adición del extracto (1.5% y 3% a la ración total de alimento diario), se aplicó por medio de un rociador, por último se dejó secar el alimento 24 horas antes de ser ofrecido a los organismos.

Así mismo, se monitoreo diariamente cada pecera con el fin de medir oxígeno disuelto, saturación de oxígeno disuelto, temperatura y pH. Así mismo, semanalmente se analizaron los parámetros de nitrógeno amoniacal total (NAT; $N-NH_4 - N-NH_3$), nitritos ($N-NO_2$) y sólidos suspendidos totales (SST).

Finalmente, el mantenimiento de las peceras consistió en realizar recambios de agua de un 30% del volumen de agua, para remover la biota asentada en las paredes de los tanques, compuesta principalmente de algas y eliminar diariamente las heces fecales por sifón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

➤ Rendimiento del crecimiento

Los datos sobre el rendimiento de crecimiento de los peces durante el experimento se muestran en la Tabla 1, en la cual podemos observar que los organismos del tratamiento 3 (T3) tuvieron una mayor ganancia de peso al terminar el periodo de experimentación en comparación con los otros dos tratamientos, siendo el tratamiento control el que obtuvo una menor ganancia de peso.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Guerra-Centeno *et al.*, 2016; los cuales adicionaron concentraciones de chipilín para alimentar a tilapias sin embargo no obtuvieron diferencias significativas en la ganancia de peso, pero se puede inferir cierta tendencia al distanciamiento de los pesos medios entre los tres grupos. Otros trabajos similares al presente estudio fueron registrados por Ríos y Ubidia (2014) para alevines de trucha alimentadas con dietas que contenían bajos niveles de aceites esenciales de cúrcuma, hierba luisa y jengibre (0.2%). También Campagnolo *et al.*, en el 2013 llegaron a inferir una cierta tendencia a un rendimiento positivo en el crecimiento al utilizar diferentes dosis de un aditivo en los parámetros de crecimiento en alevines de Tilapia del Nilo, recomendando investigar el uso de altas dosis del aditivo.

La mejor respuesta de crecimiento se logró con el T3 (tratamiento con 3% del extracto del Salix en la ración total de alimento), mientras que el crecimiento más lento se obtuvo en los peces alimentados con el tratamiento de control (TC).

Tabla 1. Valores obtenidos del rendimiento en el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) al inicio y final del experimento (durante 63 días).

Parámetro	TC	T1.5	T3
Peso inicial (g)	6.84 ± 4.84	7.06 ± 3.28	6.65 ± 2.76
Peso Final (g)	22.1 ± 28.92	24.76 ± 19.08	25.37 ± 16.24
Biomasa inicial (g)	266.76 ± 16.24	275.34 ± 131.62	259.35 ± 110.78
Biomasa final (g)	795.60 ± 518.03	916.12 ± 378.77172	1076.4 ± 355.88
Ganancia de Peso (g)	22.10 ± 28.92	24.76 ± 19.08	25.37 ± 16.24
Longitud total (cm)	11.49 ± 36.42	11.62 ± 24.56	12.12 ± 20.44

➤ Biométricos

La Figura 1 representa la variación de la biomasa durante el experimento para cada tratamiento. En el cual se puede observar que el tratamiento (T3) tiene ligeramente una mayor biomasa, seguido por el tratamiento (T1.5) y el tratamiento (TC).

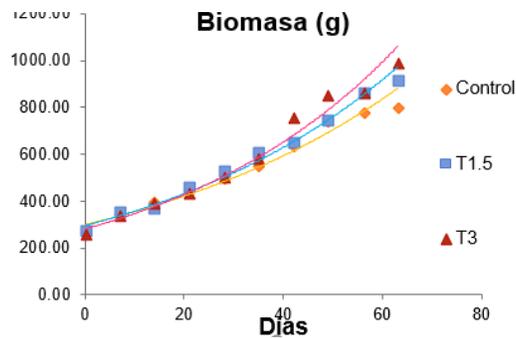


Figura 1. Variación de la biomasa para cada tratamiento durante los 63 días del experimento.

La Figura 2 muestra que el tratamiento (T3) fue el que obtuvo una mayor ganancia de peso con 25.37g; seguido por el tratamiento (T1.5) mientras que el tratamiento (TC), lo que indica que el tratamiento control es el de menor ganancia de peso.

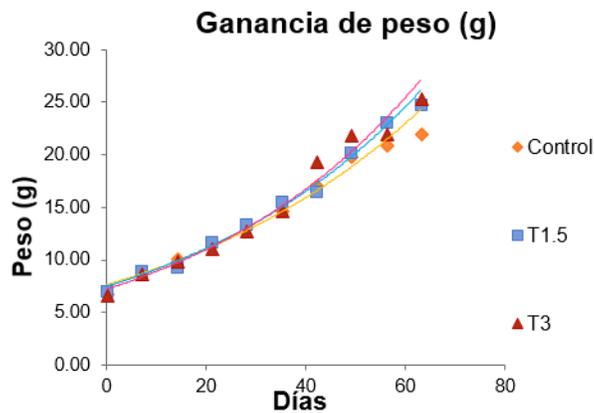


Figura 2. Variación de la ganancia de peso de los organismos para los tres tratamientos.

Los resultados de la Longitud total se muestran en la figura 3 en la cual se observa que los organismos con una mayor talla son los que se encuentran en el tratamiento 3 con una longitud de 12.12 cm, mientras que el tratamiento con 1.5 de extracto tuvo una longitud de 11.62 cm y el tratamiento control llego a los 11.42 cm.

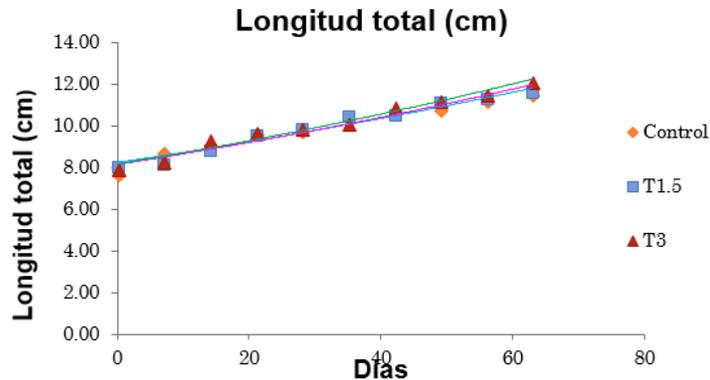


Figura 3. Longitud total (cm) de cada tratamiento durante los 63 días de experimento.

De los tres tratamientos experimentales, la dieta suplementada con el 3% de Salix de la ración total de alimento obtuvo una mayor biomasa (989.43g), al igual que en la ganancia de peso (25.37g) y la longitud total (12.12cm). Siendo estos resultados similares a los obtenidos en trabajos como los de Zhou *et al.*, 2007, Grisdale-Helland *et al.*, 2008 y Ganguly y Prasad 2013, los cuales reportan aumentos significativos en el crecimiento de los organismos acuícolas que fueron alimentados con diferentes prebióticos.

➤ Relación entre peso y longitud

En la figura 4 se muestran las ecuaciones de la relación peso-longitud determinan si el crecimiento de estos organismos es proporcional, es decir si el pez al incrementar su peso, aumenta de igual manera su longitud, definiendo esto con base al valor obtenido en la pendiente (b), en éste caso se obtuvieron valores menores a 3 (TC= 2.4 , T1.5= 2.6 y T3=2.7), lo que indica un tipo de crecimiento alométrico, para los organismos de *O. niloticus* en los tres tratamientos, es decir que durante la fase de experimentación el incremento de peso no fue proporcional al incremento en longitud para los organismos.

La temperatura juega un papel importante en el desarrollo de los organismos tal como lo menciona Poot-López *et al.*, 2012 ya que ellos realizaron experimentos adicionando chaya a la dieta de los organismos llevándolos a cabo en dos períodos climáticos diferentes, la época fría (Octubre-Marzo) y la cálida (Mayo-Noviembre), teniendo en la época fría un promedio de 24.17°C siendo similar a la temperatura presente durante este experimento de

24.12°C, mientras que en la época cálida manejaron promedios de 28.9°C, teniendo como resultados que los organismos de la época cálida tuvieron un crecimiento significativamente diferente a los de la época fría, mientras que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de la misma época. Los resultados de la época fría son similares a los obtenidos en este experimento, lo cual muestra que el uso de prebióticos tiene una mayor acción a temperaturas cálidas, pero no significa que no tenga un impacto positivo en los organismos cuando es época fría.

Sin embargo, Poot-López *et al.*, 2012 mencionan que los porcentajes de supervivencia fueron mayores en aquellos tratamientos con la adición de prebiótico, lo que puede mostrar que, si bien no siempre el prebiótico ayuda al crecimiento tiene otros efectos positivos, como en este trabajo con la adición de Salix el porcentaje de supervivencia fue mayor del 94%.

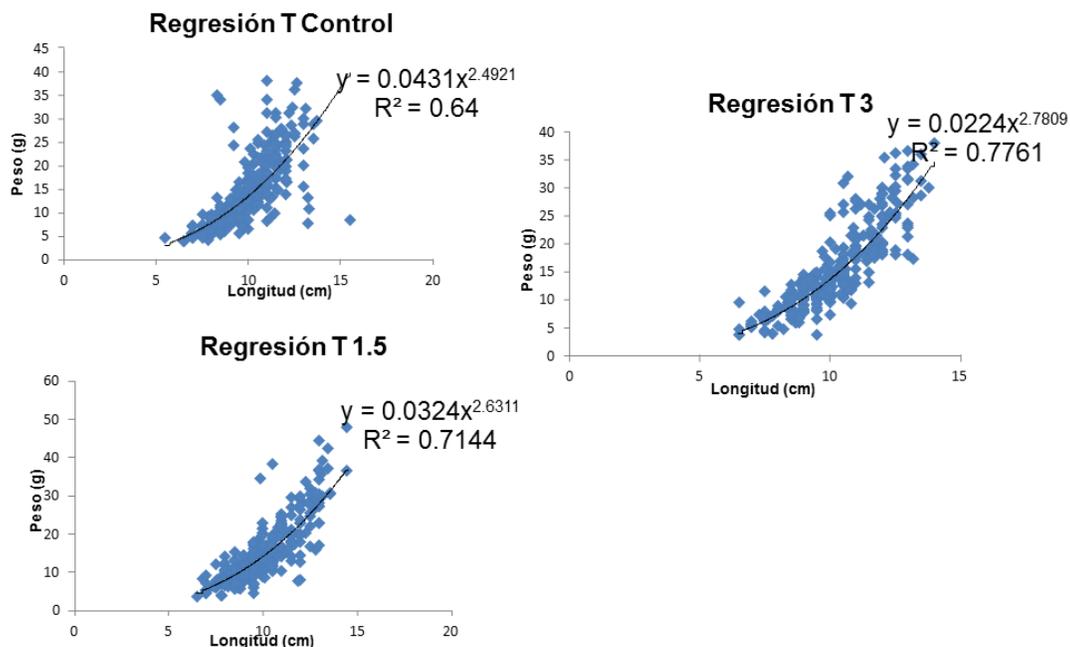


Figura 4. Muestra la relación entre peso y longitud de los organismos de cada tratamiento.

➤ Tasas de crecimiento

En la tabla 2 se puede observar que los organismos alimentados con la dieta que está adicionada con el 3% del extracto del *Salix* presentan mayores tasas de crecimiento con respecto a los otros tratamientos, lo que muestra que el uso de prebióticos influye en la absorción de nutrientes, tal como lo menciona (Cedillo *et al.*, 2014).

Tabla 2. Tasa de crecimiento acumulado (TEC Acumulado), específico (TCE), absoluto (TCA) y relativo (TCR) de los tres tratamientos.

Parámetros	Tamaño de Muestra	Tratamiento Control	Tratamiento 1.5	Tratamiento 3
		Día 70	Día 70	Día 70
TEC Acumulado (%/día)	30	0.018 ± 0.001 ^b	0.019 ± 0.001 ^c	0.0225 ± 0.0024^d
TCE (%/día)	30	0.0186 ± 0.001 ^b	0.0199 ± 0.001 ^c	0.0225 ± 0.0024^d
TCA (cm/día)	30	2.238 ± 0.4 ^b	2.507 ± 0.280 ^c	3.163 ± 0.617^d
TCR (%/día)	30	223.7 ± 40.05 ^b	250.670 ± 28.024 ^c	316.257 ± 61.677^d

➤ Factor de condición corporal (Fulton) y Factor de conversión alimenticia (FCA)

Para el día 70, se puede observar en la tabla 3, que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) en el factor de Fulton del TC con respecto al T1.5 y T3, obteniendo un mejor resultado el T1.5. En cuanto al factor de conversión alimenticia se observa que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tres tratamientos, siendo el mejor resultado el del T3. Si bien en los resultados obtenidos de ganancia de peso y crecimiento no se obtuvieron diferencias significativas, en el factor de Fulton y Factor de Conversión Alimenticia si se obtuvieron estas., Por lo que el uso de *Salix* en la dieta de tilapia tiene un efecto positivo. Tal como Cedillo *et al.*, (2014) observaron que el extracto de *Salix* permite una mejor absorción de nutrientes, Arciniegas (2014) también obtuvo buenos resultados con la adición de pasta de ajo en la dieta de tilapia nilótica, al igual que Meurer *et al.*, (2009) observaron

que la adición de 2.22% de propóleo en la dieta para tilapias se vio una mejora de su crecimiento (Tabla 3).

Sabiendo que la tilapia tiene un potencial de crecimiento a los 100 g (Torres-Novoa *et al.*, 2012; Furuya, 2010 y El-Sayed, 2006) y el presente trabajo solo llego a los 25 g aproximadamente, se sugiere que los organismos tendrían que llegar mínimo a los 100 g para poder observar diferencias visibles en talla y peso usando este aditivo.

Tabla 3. Factor de condición corporal (Fulton) y Factor de conversión alimenticia (FCA).

Parámetros	Tamaño de Muestra	Tratamiento control	Tratamiento 1.5	Tratamiento 3
		Día 70	Día 70	Día 70
Fulton	30	0.0145 ± 0.00051 ^a	0.0158 ± 0.0007^b	0.0151 ± 0.0017 ^{ab}
FCA	30	0.684 ± 0.0315 ^a	0.629 ± 0.0118 ^b	0.572 ± 0.0410^c

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el uso del extracto de Salix en el alimento de las tilapias en sus dos concentraciones promovió su crecimiento, siendo el tratamiento 3 el que mostrara un mayor aumento en todos los parámetros que se midieron (Peso, biomasa, ganancia de peso y longitud).

A pesar de que no se obtuvieron diferencias significativas visibles entre los tratamientos los resultados de ese trabajo muestran que el uso de prebióticos o aditivos en la dieta de la tilapia tienen efectos positivos como en el factor de Fulton y la TCA, sin embargo, para obtener resultados tangibles los organismos deberían superar su talla de crecimiento exponencial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arciniegas, Oscar (2014). Determinación del efecto de la pasta de ajo (*allium sativum*) y un bacilo gram positivo (*bacillus amyloliquefaciens*), en un alimento comercial, sobre el crecimiento y supervivencia de postlarvas de tilapia roja (*oreochromis sp; trewavas 1983*). Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

Oficial: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90041.pdf>

- Campagnolo, R., Freccia, A., Bergmann, R. R., Meurer, F. y Bombardelli, R. A. (2013). Óleos essenciais na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo. Essential oils in Nile tilapia fingerlings fed. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, vol.14. (3). pp.565-573.
- Cedillo, J., Vázquez A. J. F., González R. A., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Hernández-Meléndez, J., Martínez- González, J. C., Montes de Oca, J. R., Rivero, N. y López, D. (2014). Effects of Different Doses of Salix Babylonica Extract on Growth Performance and Diet in Vitro Gas Production in Pelibuey Growing Lambs. *Italian Journal of Animal Science*, vol. 13:3. p.3165.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N. y Piedra, P. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepc.)*, vol.76, núm.1, pp.86-100.
- Cortés, E.C., Veciana, G.C., Torro, M.L., Sirvent, E. S., Rizo, M.B. y Gil, V. G. (2014). Efecto sobre el neurodesarrollo y neuroprotección en pez cebrá de un extracto polifenólico de huesos de aceituna. *Nutr Hosp.*, vol. 30, núm. 2, pp. 338-342.
- Delgado, F. K. V., Gallardo, A. C., Cuevas, L. P. y García, M. U. (2009). Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. *Avances en Investigación Agropecuaria.*, vol. 13, núm. 2, pp. 55-70.
- Dimitroglou, A., Merrifield, D.L., Carnevali, O., Picchiatti, S., Avella, M., Daniels, C., Güroy, D., Davies, S.J. (2011). Microbial manipulations to improve fish health and production – a Mediterranean perspective. *Fish and Shellfish Immunology*. vol. 30, pp.1–16.
- El-Sayed, A-F. M. (2006). Tilapia Culture. *Oxfordshire*, CABI Publishing. pp. 277.
- Furuya, W.M. (2010). Tabelas brasileiras para a nutrição de tilapias. Gráfica Editora, Toledo, p.100.
- Ganguly, S., Dora, K. C., Sarkar, S. y Chowdhury, S. (2013). Supplementation of prebiotics in fish feed: A review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 23, núm. 2, pp.195– 199.
- Grisdale-Helland, B., Helland, S. J. y Gatlin, D. M. (2008). The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, vol. 283, núm.1-4, pp. 163–167.
- Guerra-Centeno, D; Valdez-Sandoval, J C; Villatoro, F; Rodenas, M; Fuentes-Rousselin, H; Díaz, M; Ríos, L. (2016). Crecimiento de la cría de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) como sustituto parcial del alimento balanceado REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 17. (10). pp. 1-12. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63647454006>
- Kiron, V. (2012). Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. *Animal Feed Science and Technology*. vol. 173, pp. 111–133.
- Kumar, V., Akinleye, A.O., Makkar, H.P.S., Angulo-Escalante, M.A., Becker, K. (2011). Growth performance and metabolic efficiency in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on a diet containing *Jatropha platyphylla* kernel meal as a protein source. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. vol. 96, pp. 37-46.
- Magnadóttir, B. (2010). Immunological control of fish diseases. *Marine Biotechnology*. vol.12, pp. 361–379.

- Lech, G.P., Reigh, R.C. (2012). Plant products affect growth and digestive efficiency of cultured Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) fed compounded diets. *PLoS One*, vol. 7. (4). e34981.
- Magnadóttir, B. (2010). Immunological control of fish diseases. *Marine Biotechnology*. vol. 12, pp. 361–379.
- Martínez, R. M., Ortega, M. E. C., Herrera, J.G.H., Kawas, J.R.G., Zarate, J.R. y Robles, R.S. (2015). Uso de aceites esenciales en animales de granja. *Interciencia*, vol. 40, núm. 11, pp. 744-750.
- Meurer, F., Da Costa, M.M., De Barros, D. A. D., De Oliveira, S. T. L. y Da Paixão, P. S. (2009). Brown propolis extract in feed as a growth promoter of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) fingerlings. *Aquac Res.*, vol. 40, núm. 5, pp. 603–608. doi:10.1111/j.1365-2109.2008.02139.x
- Oliva-Teles, A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*. 35, 83-108.
- Poot, L. G. R; Gasca, L.E. y Olvera, N.M.A.(2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Lat. Am. J. Aquat. Res*, vol.40. (4). pp.835-846. ISSN 0718-560X.
- Ríos, J.G.E. y Ubidia, W.P.L. (2014). Evaluación de los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) con dietas enriquecidas con tres aceites esenciales; jengibre (*Zingiber officinale*), cúrcuma (*Curcuma longa*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*). Tesis. Quito.
- Salem, A. Z. M.; Salem, M. Z. M.; Gonzalez-Ronquillo, M.; Camacho, L. M.; Cipriano, M. (2011). Major chemical constituents of *Leucaena leucocephala* and *Salix babylonica* leaf extracts. *Journal of Tropical Agriculture*. vol. 49. Issue 1/2, p.95.
- Salem, A. Z. M., Kholif, A. E. M. Olivares, M. M. Y. Elghandour, M. Mellado y J. Arece. (2013). Influence of *S. babylonica* extract on feed intake, growth performance and diet in vitro gas production profile in young lambs. *Tropical Animal Health and Production*. January 2014, vol. 46, Issue 1, pp. 213-219.
- Salem, A. Z., A. E. Kholif, M. M. Y. Elghandour, S. R. Hernandez, I. A. Domínguez-Vara y M. Mellado. (2014). Effect of increasing levels of seven tree species extracts added to a high concentrate diet on *in vitro* rumen gas output. *Animal Science Journal*. vol. 85, Issue 9, pp. 853–860.
- Torres-Novoa, D.M., Hurtado-Nery, V. L. (2012). Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Orinoquia – Universidad de los Llanos.
- Valdés, K. I. M. (2014). Impacto de extracto de Sauce Llorón (*Salix babylonica*) y enzimas exógenas en dietas para corderos (tesis que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales). Universidad Autónoma del Estado de México Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/58725>
- Valdez Sandoval, J. C. (2014). *Beneficios biológicos de la Moringa (Moringa oleífera) como suplemento dietético en la crianza de Tilapia nilótica (Oreochromis niloticus)*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: registrado con el ISBN 978-9929-40-535-6 en la Agencia ISBN.

- Zhou, Z., Ding, Z. y Huiyuan, L.V. (2007). Effects of Dietary Short-chain Fructooligosaccharides on Intestinal Microflora, survival, and growth performance of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. J. World Aquacult. Soc., vol.38, núm.2, pp. 296-310.

8. Conclusiones

A pesar de que no se obtuvieron diferencias significativas visibles entre los tratamientos los resultados de este trabajo muestran que el uso de prebióticos o aditivos en la dieta de la tilapia tienen efectos positivos en el desarrollo de los organismos.

El uso de plantas locales para obtener un prebiótico que ayude al desarrollo de los organismos acuícolas, brinda una oportunidad al productor de aprovechar los recursos disponibles, permitiendo acortar el tiempo de producción y reducir los costos.

El uso del extracto de *Salix* como prebiótico adicionado en la dieta de la tilapia puede tener efectos positivos, ya que cualitativamente, se vio una homologación de tamaño de los peces y ganancia de peso, lo cual potencialmente lo vuelve una alternativa suplementaria que ayude a mejorar el cultivo de tilapia.

El tratamiento del alimento suplementado con un 3% de extracto de *Salix babylonica* visualmente fue el que obtuvo una mayor ganancia de peso, así como un mejor crecimiento. Sin embargo, sería necesario hacer un seguimiento de este trabajo a fin de determinar la concentración adecuada para asegurar un efecto positivo que impacte significativamente en la producción de especies acuícolas.

9. Literatura citada

- Arciniegas, Oscar (2014). Determinación del efecto de la pasta de ajo (*allium sativum*) y un bacilo gram positivo (*bacillus amyloliquefaciens*), en un alimento comercial, sobre el crecimiento y supervivencia de postlarvas de tilapia roja (*oreochromis sp; trewavas 1983*). Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. Colombia. URL Oficial: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90041.pdf>
- Banco Mundial, (2018). Fish to 2030. Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report number 83177. Washington DC. 102pp.
- Barragán, A., Zanazzi, N., Gorosito, A., Cecchi, F., Prario, M., Imeroni, J., & Mallo, J. (2017). Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) - Using vegetable meal diets for developing pre- fattening and fattening of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). REDVET, 18(9), 1–16.
- Bene C, Arthur R, Arthur R, Norbury H, Allison EH, Beveridge MCM, Bush SR, Campling L, Little DC, Leschen W, Squires D, Thilsted SH, Troell M & Williams M (2016). Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence. World Development, 79, pp. 177-196. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.11.007>.
- Benítez Jaimes, M., Rebollar-Rebollar, S., González-Razo, F., Hernández-Martínez, J., & Gómez-Tenorio, G. (2015). Viabilidad Económica Para La Producción Y Venta De Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) En Amatepec, Estado De México. Revista Mexicana de Agronegocios, 37, 147-158.
- Campagnolo, R., Freccia, A., Bergmann, R. R., Meurer, F. y Bombardelli, R. A. (2013). Óleos essenciais na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo. Essential oils in Nile tilapia fingerlings fed. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, vol.14. (3). pp.565-573. Cedillo, J., Vázquez A. J. F., González R. A., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Hernández-Meléndez, J., Martínez- González, J. C., Montes de Oca, J. R., Rivero, N. y López, D. (2014). Effects of Different Doses of Salix Babylonica Extract on Growth Performance and Diet in Vitro Gas Production in Pelibuey Growing Lambs. Italian Journal of Animal Science, vol. 13:3. p.3165.
- Castañeda G., C. (2018). Actualización sobre prebióticos. *Revista Cubana de Pediatría*, 90 (4), e648. consultado el 05 de octubre de 2021. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312018000400008&lng=es&tlng=es.
- Cedillo, J., Vázquez A. J. F., González R. A., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Hernández-Meléndez, J., Martínez- González, J. C., Montes de Oca, J. R., Rivero, N. y López, D. (2014). Effects of Different Doses of Salix Babylonica Extract on Growth Performance and Diet in Vitro Gas Production in Pelibuey Growing Lambs. Italian Journal of Animal Science, vol. 13:3. p.3165.

- CONAPESCA. (2018). “Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca”. México: sagarpa. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Cortés, E.C., Veciana, G.C., Torro, M.L., Sirvent, E. S., Rizo, M.B. y Gil, V. G. (2014). Efecto sobre el neurodesarrollo y neuroprotección en pez cebrá de un extracto polifenólico de huesos de aceituna. *Nutr Hosp.*, vol. 30, núm. 2, pp. 338-342.
- Corzo, N., Alonso, J. L., Azpiroz, F., Calvo, M. A., Cirici, M., Leis, R., ... y Clemente, A. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 99-118.
- Del Rio San Andres P. Antonio. (2018). Evaluación de la sustitución parcial de balanceado a base de soya (*Glycine max*) con Moringa oleífera para juveniles en tilapia en la Unidad de Acuicultura de Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6416/1/CPA-2018-T031.pdf>
- Dimitroglou, A., Merrifield, D.L., Carnevali, O., Picchiatti, S., Avella, M., Daniels, C., Güroy, D., Davies, S.J. (2011). Microbial manipulations to improve fish health and production – a Mediterranean perspective. *Fish and Shellfish Immunology*. vol. 30, pp.1–16.
- FAO. (2018). The State of world Fisheries and Aquaculture. Meeting the sustainable goals. Rome, Italy. 2010 pp.
- FAO. (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, 2014.274 Pp. ISBN 978-92-5-308275-9 (edición impresa). EISBN 978-92-5-308276-6.
- FAO. (2007). Pesca y Acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Hojas de especies *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). 5 pp. Consultado en julio de 2014 en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es.
- Franco, C. L. F. (2012). Evaluación de extracto de Noni (*Morinda citrifolia*), en el comportamiento productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). FODECYT 509-44-2009. (Informe final). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONCYT Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología-FONACYT- Laboratorio de Investigación aplicada. Centro de Estudios del mar y acuicultura. Universidad de San Carlos de Guatemala. URI: <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202009.44.pdf>
- García, H. Y. y García, C. Y. (2015). Additives for animal feeding: The Institute of Animal Science on its 50 years. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(2), 173-177. Recuperado en 03 de octubre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802015000200006&lng=es&tlng=en.

- García, A. M., Velázquez, M. N., & Penié, J. B. (2016). Microbiota, probióticos, prebióticos y simbióticos. *Acta Médica de Cuba*, 2016, vol. 17, no 1.
- Guerra-Centeno, D; Valdez-Sandoval, J C; Villatoro, F; Rodenas, M; Fuentes-Rousselin, H; Díaz, M; Ríos, L. (2016). Crecimiento de la cría de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) como sustituto parcial del alimento balanceado REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 17. (10). pp. 1-12. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63647454006>
- Gutiérrez, F. de P. y Lasso, C. A. (2012). *Oreochromis niloticus*. En: Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y transplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Editado por Francisco de Paula Gutiérrez [et. al.]. 1 Ed. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia: VI.
- Jácome, J., Quezada A., C., Sánchez R., O., Pérez, J. E., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543-550. <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>
- Magnadóttir, B. (2010). Immunological control of fish diseases. *Marine Biotechnology*. vol. 12, pp. 361–379.
- Martínez-Ramírez, E. (2017). Diagnóstico de las especies invasoras de peces en el área oaxaqueña de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Informe técnico final SNIB-CONABIO, proyecto No. LI007. Ciudad de México.
- Martínez, R. M., Ortega, M. E. C., Herrera, J.G.H., Kawas, J.R.G., Zarate, J.R. y Robles, R.S. (2015). Uso de aceites esenciales en animales de granja. *Interciencia*, vol. 40, núm. 11, pp. 744-750.
- Moura, R.S.T., Valenti, W.C. y Henry-Silva, G.G. (2016). Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. *Ecol. Indic.* 66: 574-582.
- Norzagaray Campos M., Muñoz Sevilla P., Sánchez Velasco L., Capurro Filograsso L., Llánes Cárdenas O. (2012). Acuicultura: estado actual y retos de la investigación en México. *Revista AquaTIC*. 2012;37:20-25.
- Poot, L. G. R, Gasca, L.E. y Olvera, N.M.A. (2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, vol.40. (4). pp.835-846. ISSN 0718-560X.
- Poot-López, Gaspar Román, Gasca-Leyva, Eucario, González-Salas, Carlos, Guillen-Hernández, Sergio y Domínguez-May, Roger. (2020). Crecimiento compensatorio en la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*: índice de conversión alimenticia, heterogeneidad

de tamaño y composición proximal. *Revista latinoamericana de investigaciones acuáticas*, 48 (3), 421-428. <https://dx.doi.org/10.3856/vol48-issue3-fulltext-2466>

- Regal Springs, (2019). Disponible en: <https://www.regalsprings.com.mx/>
- Reyes, R. G. A. (2012). Plan de negocios para la producción y comercialización de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus X sp*) en Managua, Nicaragua. Tesis profesional de licenciatura en Agronegocios. 120 p. Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/909>.
- Rizo Aguirre, E. A., & Cevallos Mala, V. N. (2011). Niveles de polvillo de arroz en el engorde de la tilapia roja (*oreochromis-sp*) en jaulas flotantes. Tesis de Licenciatura. Quevedo-Ecuador.
- Salem, A. Z. M.; Salem, M. Z. M.; Gonzalez-Ronquillo, M.; Camacho, L. M.; Cipriano, M. (2011). Major chemical constituents of *Leucaena leucocephala* and *Salix babylonica* leaf extracts. *Journal of Tropical Agriculture*. vol. 49. Issue 1/2, p.95.
- Salem, A. Z. M., Kholif, A. E. M. Olivares, M. M. Y. Elghandour, M. Mellado y J. Arece. (2013). Influence of *S. babylonica* extract on feed intake, growth performance and diet in vitro gas production profile in young lambs. *Tropical Animal Health and Production*. January 2014, vol. 46, Issue 1, pp. 213-219.
- Salem, A. Z., A. E. Kholif, M. M. Y. Elghandour, S. R. Hernandez, I. A. Domínguez-Vara y M. Mellado. (2014). Effect of increasing levels of seven tree species extracts added to a high concentrate diet on *in vitro* rumen gas output. *Animal Science Journal*. vol. 85, Issue 9, pp. 853–860.
- Salinas V. I. D. (2016). Efecto en el crecimiento con el uso de aditivos en la dieta del acocil *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE, 1857) (tesis que para obtener el título de Maestro en Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales). Universidad Autónoma del Estado de México. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. URI: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/65153>
- Santos, J.F., Assis, C.R.D., Soares, C.K.L.S., Rafael, R.E.Q., Oliveira, V.M., De Vanconcelos Filho, J.E., Franca, R.C.P., Lemos, D. y Bezerra, R.S. (2019). A comparative study on Nile tilapia under different culture systems: Effect on the growth parameters and proposition of new growth models. *Aquac*. 503:128-138.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2018). “Lineamientos Específicos del Componente Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) del Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria de las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación”, en Diario Oficial de la Federación, 10 de marzo, México, en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/progan.htm>).

- Valdés, K. I. M. (2014). Impacto de extracto de Sauce Llorón (*Salix babylonica*) y enzimas exógenas en dietas para corderos (tesis que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales). Universidad Autónoma del Estado de México Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. URI: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/58725>
- Valdez Sandoval, J. C. (2014). *Beneficios biológicos de la Moringa (Moringa oleífera) como suplemento dietético en la crianza de Tilapia nilótica (Oreochromis niloticus)*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: registrado con el ISBN 978-9929-40-535-6 en la Agencia ISBN.
- Valdivia, A. L., Matos, M. M., Rodríguez, Z., Pérez, Y., Rubio, Y., y Vega, J. (2019). Los aditivos enzimáticos, su aplicación en la crianza animal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol.53, n.4, p.341-352. Epub 05 de diciembre de 2019. Recuperado en 05 de octubre de 2021. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802019000400341&lng=es&tlng=es.
- Vega, V.F., C. Cortés, M. Zúñiga, B. Jaime, J. Galindo, R. Basto, H. Nolasco. (2010). Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). A pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(3): 1-15.
- Wang, M. y Lu, M. (2016). Tilapia polyculture: a global review. *Aquac. Res.* 47, 2363-2374.