

Inclusión de pez armado *Pterygoplichthys* spp. como ingrediente en dos alimentos acuícolas

*Jorge Mendiola-Campuzano¹, Fernando Vera-Quiñones¹, Alejandro Alpuche-Palma¹, Víctor Barceló-Gutiérrez¹ y Juan Urrieta-Saltijeral²

. División Académica Multidisciplinaria de los Ríos¹
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco¹, Instituto Tecnológico de Villahermosa²
Tenosique¹, Villahermosa²; Tab.; México

[jorge.mendiola*, fernando.vera, alejandro.alpuche, victor.barcelo]@ujat.mx; [urrieta_saltijeral]@yahoo.com.mx

*Autor de correspondencia

Abstract— Two feeds (T1 and T2) were evaluated for young tilapia *Oreochromis* spp., using porridge and meal from plecostomus *Pterygoplichthys* spp. Their nutritional content and microbiological safety were analyzed and they were compared with a commercial food (T₀). Also, the growth of 240 tilapia pups was evaluated for 90 days. It was observed that the foods had acceptable nutritional contents and optimal microbial loads. The growth in T₀ was higher; however, T₁ and T₂ presented homogeneous population growth. It was concluded that the alternative foods represent are suitable for feeding *Oreochromis* spp., since they cover their nutritional needs, present optimal safety and population growth is homogeneous.

Keyword— *Evaluation, Foods, Alternate Ingredients.*

Resumen— Se elaboraron dos alimentos (T₁ y T₂) para crías de tilapia roja *Oreochromis* spp., empleando papilla y harina de pez armado *Pterygoplichthys* spp. Se determinó su contenido nutrimental e inocuidad microbiológica. Los alimentos fueron comparados con un alimento comercial (T₀). Se realizó un bioensayo con 240 crías de tilapia, evaluando su crecimiento por 90 días. Los resultados mostraron que T₀, T₁ y T₂, presentaron contenidos nutrimentales aceptables y cargas microbianas óptimas. En cuanto al crecimiento, T₀ presentó mayor ganancia; no obstante, T₁ y T₂ tuvieron un crecimiento poblacional homogéneo. Se concluyó que los alimentos experimentales representan una alternativa para la alimentación de crías de *Oreochromis* spp., ya que cubre sus necesidades nutrimentales, son inocuos y el crecimiento es homogéneo.

Palabras claves— *Evaluación, Alimentos, Ingredientes Alternos.*

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, dentro de las ciencias agropecuarias, la acuicultura es una disciplina que está orientada hacia la producción de organismos acuáticos de importancia comercial, mismos que son producidos para diversos fines, desde los recreativos, educativos, de conservación, entre otros; no obstante, esta actividad enfatiza la producción acuícola para consumo humano, por lo que es primordial la diversificación de técnicas, tecnologías y métodos, los cuales deben ser enfocados para optimizar su desarrollo y sostenibilidad, a fin de que represente una actividad con viabilidad productiva, social y económica [1, 2, 3].

A pesar de que la acuicultura en los últimos tiempos es la actividad económica que viene presentando un constante crecimiento [4], su éxito productivo y económico dependen del manejo eficaz de cada una de las áreas que integran esta actividad agropecuaria, por lo que es indispensable continuar con el mejoramiento y desarrollo de los sistemas de cultivo practicados, sobre todo en las áreas de sanidad, reproducción, nutrición y alimentación acuícola, estas dos últimas constituyen una prioridad para las unidades productivas, ya que mediante ellas se mejora el crecimiento y desarrollo de los organismos cultivados [5, 6, 7, 8].

El empleo de alimentos para la acuicultura se basa en el conocimiento de los hábitos alimenticios, sus requerimientos nutrimentales e inocuidad, considerando primordialmente que cada alimento suministre los nutrimentos necesarios para su crecimiento y desarrollo; aunado a esto, deben de contar con las características físicas que permitan su aceptación por parte de los organismos que los consumirán, ya sea en pellet flotante o sumergido, comprimido o en forma de hojuela [9, 10].

Las prácticas realizadas en las unidades de producción con respecto a la nutrición y alimentación acuícola, suelen representar el costo más elevado en los sistemas de cultivo, mismos que oscilan entre el 40 al 60% de los costos totales de producción, debido principalmente a la inclusión de harina y aceite de pescado en los alimentos comerciales, los cuales aportan nutrimentos básicos como aminoácidos, vitaminas, minerales, así como un aporte energético considerable para el funcionamiento metabólico, además de sus propiedades físicas como atractabilidad, palatabilidad, textura y digestibilidad; sin embargo, en la actualidad se viene presentando una problemática en los mercados por ambos insumos, debido al desequilibrio entre su oferta y demanda, lo que repercute directamente en los costos del procesamiento de alimentos; sumando a ello, la presión pesquera a la que están sometidos los organismos acuáticos silvestres que son procesados para la elaboración de estos insumos [11, 12, 13, 14, 15, 16].

Cabe señalar que las proteínas constituyen el mayor componente en los tejidos de los organismos acuáticos, llegando a ser de hasta el 75% de su peso total en base seca; por lo tanto, estos organismos deben consumir alimentos que contengan una alta cantidad y calidad proteica, con el fin de cubrir sus requerimientos nutrimentales, ya que al ser ingerida, las proteínas se digieren o hidrolizan para liberar los aminoácidos, mismos que son absorbidos en la porción anterior del intestino delgado para ser distribuidos mediante el torrente sanguíneo, a los diversos órganos y tejidos, donde posteriormente se utilizan para la síntesis de nuevas proteínas en el organismo y con ello, la promoción de su crecimiento y desarrollo [17, 18, 19, 20].

No obstante, desde 1999, se viene incrementando el empleo de harina de pescado en la fabricación de alimentos acuícolas; solo por citar, en ese mismo año, se utilizó una cifra superior a los 2'000,000 de Ton² y para el año 2015, se duplicó a 4'000,000 Ton² [21]; sumado a lo anterior y debido a la disminución mundial de las pesquerías, este insumo es cada vez más escaso y costoso, lo cual se traduce en que la industria de alimentos acuícolas se vea obligada a elevar los costos de los alimentos balanceados comerciales y limitar su empleo en las unidades productivas [22, 23], por lo que es necesario establecer su uso de manera racional para la elaboración de las dietas acuícolas, mediante la búsqueda y evaluación de fuentes proteicas alternas [24, 25, 26, 27].

Una alternativa que permite conseguir mayor crecimiento productivo y rentable, es el uso de alimentos acuícolas no convencionales, los cuales pueden ser elaborados a partir de fuentes alternas que contengan en su composición, la energía y los nutrimentos necesarios para las especies cultivadas. Generalmente, los organismos acuáticos en sus primeras etapas de crecimiento y desarrollo requieren de una mayor cantidad de alimento, el cual debe contar con un mayor contenido de nutrimentos, siendo las proteínas el nutrimento limitante que incide de manera positiva o negativa en el crecimiento y desarrollo de las especies acuícolas producidas [28, 29, 30, 31, 32, 33].

En la actualidad, se han evaluado diversas materias primas no convencionales, con el objetivo de determinar sus contenidos nutrimentales e inocuidad microbiológica, así como su viabilidad económica en su procesamiento, tal como el caso de harinas, papillas, ensilados o líquidos, los cuales puedan ser incluidos como ingredientes en la elaboración de alimentos acuícolas y poder sustituir total o parcialmente la harina y aceite de pescado [34, 35, 36].

Entre las fuentes que han sido evaluadas para su inclusión en dietas acuícolas, se pueden citar: cáscara de naranja *Citrus sinensis* [37], torta de soya *Glycine max* [38], ensilado biológico de pescado

[39, 40], soya integral *Glycine max* [41], flor de cempasúchil *Tagetes erecta* [42], yuca *Manihot esculenta* [43], harina de *Plecostomus* spp. [44], harina de *Lemna obscura* [45], harina de ulva *Ulva rigida* [46], harina de cáscara de cacahuete *Arachis hypogaea* [47], fríjol arvejilla *Vicia narbonensis* [48], pez armado *Pterygoplichthys* spp. y calamar *Loligo* spp. [49, 50], ensilados químicos de pez diablo *Plecostomus* spp. [51], *Moringa oleífera* [52], ensilado de *Oreochromis niloticus* [53], harina de semilla de caucho *Hevea brasiliensis* [54, 55], ensilados de pez armado *Pterygoplichthys* spp., carpa *Cyprinus carpio*, tilapia *Oreochromis* spp. y lombriz de tierra *Eisenia foetida* [56], solo por citar unos ejemplos.

Por otra parte, las poblaciones del pez armado *Pterygoplichthys* spp., son catalogadas como especies invasoras nocivas que se han convertido en una plaga en los cuerpos de agua naturales; además, debido a su morfología, hábitos nocturnos y ser una especie gregaria, se enreda en un gran número de artes de pesca tradicionales, lo que disminuye la eficiencia de captura de estas artes y como consecuencia, disminuye la pesca de las especies de importancia comercial [57, 58, 59, 60, 61, 62]. Por tanto, es importante crear alternativas que permitan el aprovechamiento de este recurso íctico, por lo que el procesamiento de pez armado *Pterygoplichthys* spp. como harina, papilla o ensilado, representan alternativas viables para su inclusión en la formulación y elaboración de alimentos acuícolas, considerando en todo momento su calidad nutricional y microbiológica [63, 64, 65, 66, 67, 68].

Actualmente, el cultivo de tilapia tiene gran relevancia en el mundo, ya que es la tercer especie más cultivada y comercializada, debido principalmente a sus características biológicas que presenta en condiciones de cautiverio como su adaptación a diversos ambientes acuáticos artificiales, facilidad para reproducirse, aceptación de una gran variedad de alimentos que hacen posible mejorar su crecimiento y desarrollo y la resistencia al ataque de patógenos [69, 70, 71, 72]. Cabe recordar que estas especies son originarias del continente africano, las cuales en la naturaleza habitan casi cualquier ambiente de aguas epicontinentales dulceacuícola y su producción representa una fuente importante de alimento con alto valor proteico, sobre todo en países subdesarrollados [73, 74, 75, 76, 77, 78, 79].

Diversas fuentes [80, 81, 82, 83, 84, 85] estiman que, en México, el 70% de las entidades federativas, entre las que se pueden mencionar a Baja California, Sinaloa, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Aguascalientes, Jalisco, Hidalgo, Morelos, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Colima, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Oaxaca, han desarrollado a lo largo del tiempo, una gran diversidad de sistemas productivos destinados para el cultivo de tilapias, desde sistemas productivos a pequeña escala hasta sistemas intensivos, lo cual explica su creciente producción y mayor demanda en los mercados nacionales e Internacionales.

Entre las diversas especies de tilapias, la tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* es la más cultivada y producida en el mundo, junto al híbrido de tilapia roja; por ello, el género *Oreochromis* es considerado el de mayor importancia dentro de los cultivos comerciales existentes. Por su parte, la tilapia roja es un híbrido resultante del cruce de varias especies del género *Oreochromis*, que presentan características muy peculiares, como la presencia de una coloración muy atractiva para el consumidor, una óptima ganancia en peso, los precios que alcanza en los mercados, etc., todo ello representa ventajas para su producción en comparación con otras especies [86, 87, 88, 89, 90].

Sin embargo, algunos autores [90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97] afirman que para intensificar el cultivo de tilapia, es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías, un manejo eficaz de la especie, así como el uso de alimentos alternos que sean elaborados con materias primas no convencionales, cuyo contenido nutricional sea el adecuado para el crecimiento y desarrollo de la especie y que además, los organismos tengan la capacidad para digerir y absorber los nutrientes, pues ambos factores inciden en su viabilidad, tanto biológica como económica.

En el presente estudio, se procesaron dos alimentos experimentales: uno con la adición de harina de pez armado *Pterygoplichthys* spp. (T₁) y otro con la inclusión de papilla de *Pterygoplichthys* spp. (T₂), ambos ingredientes fueron empleados como las principales fuentes proteicas en cada alimento, a los

cuales se les añadieron como ingredientes complementarios: hígado de res *Boss* ssp., harina de chaya *Cnidoscolus chayamansa* y harina de plátano macho *Musa paradisiaca*. Una vez obtenidos los alimentos experimentales, se realizaron en cada uno de ellos los análisis proximales básicos en base a lo estipulado por la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) para determinar su contenido porcentual de proteína cruda, cenizas totales, extracto etéreo, fibra cruda, humedad total, extracto libre de nitrógeno (ELN) y materia seca.

De igual forma, se determinó en cada alimento, su inocuidad microbiológica mediante las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para estimar el contenido de bacterias mesofílicas aeróbicas, mohos y levaduras, así como coliformes totales. En ambos análisis, los resultados fueron comparados con el alimento comercial Nutripec-Purina®, mismo que representó el tratamiento control (T₀).

Posteriormente, se evaluó el crecimiento en 240 crías de tilapia *Oreochromis* spp. variedad roja, alimentadas con T₀, T₁ y T₂, con la finalidad de observar si los alimentos ofrecidos en la evaluación biológica mejoran el crecimiento de la especie en estudio y así, ser considerados como una opción real en las unidades de producción acuícola.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en el Laboratorio de Nutrición Acuícola, Laboratorio Bromatología y el Área de Nutrición Acuícola (ANA) de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos (DAMR) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), así como en el Laboratorio de Investigación del Instituto Tecnológico de Villahermosa (ITVH).

Se adquirieron en los mercados locales de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México, las materias primas de hígado de res *Boss* ssp., chaya *Cnidoscolus chayamansa* y plátano macho *Musa paradisiaca*, los cuales fueron procesados por separado en harinas. La harina de *Musa paradisiaca* fue elaborada a través de la técnica descrita por Murillo [98], la harina de *Cnidoscolus chayamansa*, mediante el método de Rocha [99] y la harina de hígado de *Boss* spp., en base con lo realizado por Moreno [100]. Estas materias primas se transformaron en grado harinoso, con la finalidad de facilitar el procesado de los alimentos experimentales, así como el de mejorar su mezclado y obtener una mayor homogenización de los ingredientes en cada uno de los alimentos experimentales.

El pez armado *Pterygoplichthys* spp. fue capturado en la cuenca del río Usumacinta, en el poblado José María Pino Suárez, 1ra. Sección, perteneciente al municipio de Tenosique, Tabasco; México. Para su captura, se empleó como arte de pesca una atarraya de 2.5 m de diámetro con apertura de malla de tres puntas y fue aplicado el método de arrastre.

Los organismos capturados fueron trasladados a las instalaciones de la DAMR-UJAT, utilizando para ello un contenedor de plástico con capacidad de 500 L, el cual fue aireado mediante la instalación de dos bombas portátiles Boyu®. Los organismos se introdujeron en una pileta de concreto con capacidad para 4,000 L y permanecieron en ella por espacio de quince días, a fin de depurar las cargas microbianas que suelen acompañar a estas especies. Posteriormente, se aplicó un ayuno de 48 h para vaciar el sistema digestivo e inmediatamente se les aplicó un doble shock térmico para su sacrificio. Finalmente, se colocaron en un recipiente de plástico con tapa y se conservaron por espacio de 48 h en un refrigerador convencional Wirpool®.

Una vez obtenidos los ingredientes, se formularon los alimentos experimentales (T₁, T₂), mediante el método del cuadrado compuesto de Pearson [101, 102, 103, 104, 105, 106]. Cada alimento fue formulado con un contenido proteico de 40%, siendo el requerimiento óptimo para la etapa de cría del género *Oreochromis* spp. [107, 108, 109, 110, 111, 112].

Cabe recordar que en el alimento experimental T₁, el pez armado se adicionó como harina y en el alimento T₂, fue incorporado como papilla. La harina de *Pterygoplichthys* spp. se elaboró de acuerdo

con la técnica empleada por De la Cruz [113]. Para la obtención de la papilla, se procedió a cortar a los organismos en rodajas y mediante un molino cárnico Toro Rey[®], se obtuvo la papilla a la cual se le adicionó ácido cítrico en grado alimenticio, en una proporción de 5% del peso total del producto, para que éste, actuara como antioxidante. Ambos alimentos fueron elaborados, siguiendo el método descrito por Mendiola [114].

Al obtener los alimentos T₁ y T₂, se adquirió en una tienda comercial de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México, el alimento para etapa de cría de tilapia Nutripec-Purina[®], mismo que representó el tratamiento control (T₀), el cual fue considerado para este fin, debido a que es el alimento que se distribuye en la zona de estudio, así como su calidad expresada en su etiquetado.

Posteriormente, se efectuaron los análisis proximales básicos de humedad total (930.15), cenizas totales (942.05), extracto etéreo (920.39), proteína cruda (981.10), fibra cruda (962.09); además, se estimó el extracto libre de nitrógeno (ELN), así como el contenido de materia seca [115]. Los análisis proximales fueron comparados estadísticamente mediante una prueba de medias de Dunnett a un α de 0.05, con el empleo del software estadístico Minitab[®] versión 20.3. También se calculó la desviación estándar en cada resultado, para conocer las diferencias estadísticas. Todos los cálculos realizados en los alimentos, se determinaron en base húmeda (BH), a fin de conocer los valores reales que se presentan en la composición nutrimental de cada alimento evaluado.

Para conocer la inocuidad microbiológica de cada alimento, se efectuaron los análisis establecidos por las NOM, para determinar bacterias mesofílicas aeróbicas [116], mohos y levaduras [117], así como coliformes totales en placas [118]. Estos análisis se aplicaron para cumplir con lo establecido en el proyecto de norma para la regulación de los alimentos balanceados, ingredientes y productos alimenticios no convencionales para su elaboración, utilizados en la acuicultura para su comercialización y consumo en México [119]. Los resultados obtenidos se representaron a través de una tabla para poder compararlos.

Tanto en los análisis nutrimentales como en los microbiológicos, se desarrolló una duplicidad experimental, con la finalidad de verificar y corroborar los resultados obtenidos en cada análisis y estandarizar la metodología desarrollada.

Se habilitó el Área de Nutrición Acuícola (ANA) de la DAMR-UJAT, con un tanque Rotoplas[®] con capacidad de 3,000 L, utilizado como reservorio de agua, el cual conectaba con 6 tinas rectangulares cada una con un volumen de 500 L, marca Rotoplas[®], estas tinas fueron divididas en su mitad con un marco hecho de malla mosquitera y tubo de PVC de 0.5', para contar con 12 unidades experimentales que se requerían. Cada tina contaba con conexiones de tubería y válvulas hidráulicas de PVC de 0.5' para la entrada de agua; además, se conectó en cada tina, tubería de PVC de 1.5' para la salida de la misma hacia el tanque reservorio.

La distribución del agua al sistema se hizo mediante un sistema de bombeo y filtro mecánico-biológico Aqua System[®], el cual contaba con una bomba de 0.5 HP, lámpara UV y un contenedor de filtrado. También se instaló un aireador Sweetwater[®] de 0.5 HP, para distribuir aireación en cada unidad experimental y así mantenerlas oxigenadas; este equipo, contó con una línea de tubería PVC de 0.5', el cual fue regulado mediante la instalación de válvulas de PVC del mismo diámetro, en cada una de las unidades experimentales.

Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorio, mismo que consistió de tres tratamientos: T₀ (alimento comercial Nutripec-Purina[®]), T₁ (alimento experimental con harinas de *Pterygoplichthys* spp., *Boss* ssp., *Cnidoscolus chayamansa* y *Musa paradisiaca*) y T₂ (alimento experimental con papilla de *Pterygoplichthys* spp. y las harinas de *Boss* ssp., *Cnidoscolus chayamansa* y *Musa paradisiaca*), cada uno de ellos con cuatro repeticiones.

Se efectuó un sorteo aleatorio, para designar la distribución de los tratamientos con sus repeticiones. En cada unidad experimental, se introdujo un lote de 20 crías de *Oreochromis* spp. variedad roja, obtenidas de la Unidad de Producción de Tilapia de la DAMR-UJAT. La selección de estos organismos se hizo manualmente para homogenizar la población, las crías presentaron un peso promedio inicial de 0.91 g, con una longitud patrón de 2.01 cm. Las variables respuestas evaluadas fueron: ganancia de peso y longitud patrón de las crías en función del tiempo, el cual correspondió a 90 días. Los resultados fueron almacenados y al final del estudio, se graficaron mediante el programa de Microsoft Office Excel®, para observar las diferencias presentadas en el crecimiento de los organismos alimentados con cada tratamiento evaluado.

Además, se aplicó una correlación cuadrática a cada uno de los tratamientos para determinar la curva de crecimiento y distribución, a través de la ganancia de peso y longitud patrón de las especies en estudio, así como para observar y evidenciar las diferencias del crecimiento durante el bioensayo en cada tratamiento, estimando para ello, el valor R^2 , para cada uno de los tratamientos.

Cada quince días se realizaron biometrías para obtener la ganancia de peso y longitud patrón de cada uno de los individuos estudiados, utilizando para ello, un ictiómetro convencional, así como una balanza digital Ohaus®. Las crías de *Oreochromis* spp. fueron alimentadas diariamente, suministrando cuatro raciones diarias *ad libitum* [120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127]. Las cantidades de alimento consumido fueron anotándose, para calcular la cantidad de alimento suministrado al final del experimento.

Además, se determinó la biomasa final, tasa de conversión alimenticia (TCA), crecimiento (peso=P y longitud=L) y mortalidad (M^\dagger), en cada uno de los tratamientos, mediante el uso de las siguientes fórmulas [128]:

$$TCA = \frac{\text{Cantidad Total de Alimento Suministrado}}{\text{Biomasa Final}}$$

$$P = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Días de Cultivo}} \quad \text{Expresado en g día}^{-1}$$

$$L = \frac{\text{Longitud Final} - \text{Longitud Inicial}}{\text{Días de Cultivo}} \quad \text{Expresado en cm día}^{-1}$$

$$M^\dagger = \frac{(\text{No. Final de Organismos}) (100)}{\text{No. Inicial de Organismos}} \quad \text{Expresado en \%}$$

Los resultados de estos parámetros fueron considerados para conocer las diferencias que se presentan en el peso obtenido por lote, la cantidad de alimento aprovechado para el crecimiento, la relación de crecimiento en base a peso y longitud, así como la mortandad de los organismos que se presentó durante el bioensayo, mediante la alimentación de los organismos con los diferentes tratamientos evaluados y los resultados obtenidos se representaron a través de una tabla para observar las diferencias que mostraron estos parámetros productivos.

Al mismo tiempo, se hicieron diariamente sifoneos para la remoción de materia orgánica, desechos y alimento no consumido. Quincenalmente, se adicionó azul de metileno ($10 \text{ mL } 100 \text{ L}^{-1}$) y sal común no yodatada (5% del volumen total), con la finalidad de prevenir en el sistema la presencia de patógenos. Además, se monitoreo diariamente el oxígeno disuelto y pH, con un equipo multiparamétrico Hanna® modelo C99 serie HI83000. Semanalmente, se analizó la presencia de amonio total y nitritos. La temperatura se tomó a diario con un termómetro de mercurio con rango de -20° a 100°C . El monitoreo

de estos parámetros se hizo con el propósito de mantener la calidad de agua en cada una de las unidades experimentales.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, los análisis proximales de los alimentos experimentales y el comercial (Tabla 1), evidenciaron que cada uno de ellos es adecuado para ser suministrados en la alimentación de las crías de tilapia roja, ya que cuentan con los requerimientos básicos de la especie para promover su crecimiento, aunque el contenido proteico de T₂, estuvo ligeramente bajo en comparación con los otros alimentos (T₀ y T₁). En cuanto al contenido lipídico, T₀ y T₁ tuvieron diferencias significativas con respecto a T₂, mientras que el contenido de cenizas totales, fue mayor en T₁; por su parte, la fibra cruda y el ELN, aunque se presentan en forma considerable en todos los alimentos, se tuvo mayor contenido porcentual en T₂. El mayor porcentaje de humedad total se observó en T₀, siendo un inconveniente, pues a mayor presencia de agua en un alimento, aumentan las cargas microbianas. Cabe destacar que el T₁, obtuvo un mayor porcentaje en cuanto a la cantidad porcentual de materia seca, lo cual indica que se encuentra en mínima proporción el agua, por lo que los organismos alimentados con este tratamiento tienen más nutrimentos a su disposición para su digestión y asimilación.

Tabla 1. Porcentajes promedio y sus desviaciones estándar del contenido nutrimental en T₀, T₁ y T₂, (n=7). Letras distintas muestran diferencias significativas, en base con la comparación de medias Dunnet ($P < 0.05$).

Análisis Proximal	T₀	T₁	T₂
Proteína Cruda	42.143^a	40.844 ^b	39.879 ^c
Extracto Etéreo	8.348^a	8.283^a	7.494 ^b
Cenizas Totales	9.547 ^c	17.794^a	11.086 ^b
Fibra Cruda	12.268 ^b	10.336 ^b	14.994^a
ELN	18.955^a	16.371 ^b	18.882^a
Humedad	8.739^a	6.412 ^c	7.665 ^b
Materia Seca	91.261 ^c	93.588^a	92.335 ^b

De esta forma, al evaluar el contenido nutrimental de los alimentos experimentales, se cumple con el principal propósito de la nutrición, el cual corresponde a proporcionar alimentos con los nutrimentos necesarios para el crecimiento y desarrollo de la especie en estudio, en este caso con las crías de tilapia roja. Diversos autores [129, 130, 131, 132, 133, 134, 135] han señalado que al ser los principales insumos la harina y el aceite de pescado en la fabricación de alimentos para animales, se origina que los costos productivos en las unidades acuícolas sean muy elevados, debido al costo implicado en la alimentación de los organismos (entre el 40 al 60%), representando un factor económico limitante, por lo que es de suma importancia el aprovechamiento y evaluación de materias primas no convencionales para que puedan ser incorporadas en la industria de alimentos acuícolas.

Además, otros trabajos relacionados, indican que los alimentos con fuentes proteicas alternas son una opción económica en situaciones donde es difícil conseguir los alimentos convencionales y, por tanto, se pueden utilizar materias primas propias de la región que minimicen el costo del alimento, así como el obtener alimentos con mejor calidad nutrimental y microbiológica debido al poco tiempo de almacenamiento [136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143]; así, en esta investigación, se pudo sustituir al 100% las fuentes proteicas convencionales y los análisis proximales corroboraron que ambos alimentos experimentales (T₁ y T₂) son una buena opción para la alimentación de crías de *Oreochromis* spp. variedad roja.

De igual forma, pese a que diversos investigadores consideran a *Pterygoplichthys* spp. una de las especies ícticas invasoras más amenazantes para los ecosistemas acuáticos y pesquerías ribereñas [144, 145, 146], estas especies pueden ser aprovechadas como ingredientes en la elaboración de alimentos acuícolas, tal y como se realizó en este trabajo. Varios estudios [147, 148, 149, 150, 151, 152, 153] han diversificado el uso del pez armado como ingrediente y así mismo, han evaluado estos productos, la mayoría de los cuales han mostrado sus bondades para ser considerados en la elaboración de dietas acuícolas.

Con respecto a los análisis microbiológicos (Tabla 2), todos los alimentos presentaron aceptable inocuidad microbiológica, lo que se traduce en que no representan ningún riesgo por su consumo, por lo que su uso en el cultivo de *Oreochromis* spp. variedad roja, está garantizado.

Tabla 2. Resultados obtenidos en los análisis microbiológicos de cada uno de los alimentos evaluados.

Tratamiento	Bacterias Mesofílicas	Mohos y Levaduras	Coliformes Totales
T ₀	2.0X10 ³ UFC g ⁻¹	500 UFC g ⁻¹	Ausente
T ₁	3.5X10 ³ UFC g ⁻¹	122 UFC g ⁻¹	Ausente
T ₂	5.5X10 ³ UFC g ⁻¹	234 UFC g ⁻¹	Ausente

Es de suma importancia que todo alimento acuícola que este destinado para alimentar a cualquier especie de importancia comercial y sobre todo aquellas que están destinadas para consumo humano, cumplan con las medidas sanitarias y microbiológicas que aseguren su inocuidad, por lo que este tipo de estudios no deben pasar inadvertidos en cualquier materia prima, ingrediente o alimento que se elabore [154, 155, 156, 157, 158, 159, 160], análisis que fueron realizados a conciencia en la presente investigación.

En cuanto al crecimiento, los organismos alimentados con T₀, obtuvieron al final del bioensayo un peso promedio de 53.26±9.06 g, con una longitud patrón de 12.53±2.97 cm; en tanto, 49.66±1.37 g fue el peso promedio en los organismos alimentados con T₁, quienes además alcanzaron una longitud patrón de 11.46±1.14 cm; en el caso de T₂, el peso osciló en 46.91±2.01 g, con una longitud patrón de 10.85±1.55 (Figura 1). Con ello, se pudo constatar claramente a través de las desviaciones estándar, que el crecimiento de los organismos alimentados con T₀, tuvieron un crecimiento irregular.

Si bien se ha constatado que la proteína es el nutrimento más importante que incide directamente en el rendimiento productivo de las especies acuícolas cultivadas, debido a que cuando éstas son metabolizadas, su aporte energético puede ser una limitante, ya que elevados niveles de energía reducen el consumo de alimento y como consecuencia, la ingesta de nutrimentos; por el contrario, cuando se presentan bajos niveles energéticos, las proteínas son empleadas como fuentes energéticas durante el metabolismo basal de los organismos, lo cual reduce considerablemente su crecimiento, [161, 162, 163, 164, 165]. De acuerdo con el bioensayo, se pudo constatar que los alimentos experimentales aportan la proteína y los nutrimentos necesarios y el crecimiento es más homogéneo a nivel poblacional, lo que representa una ventaja a la hora de cosechar.

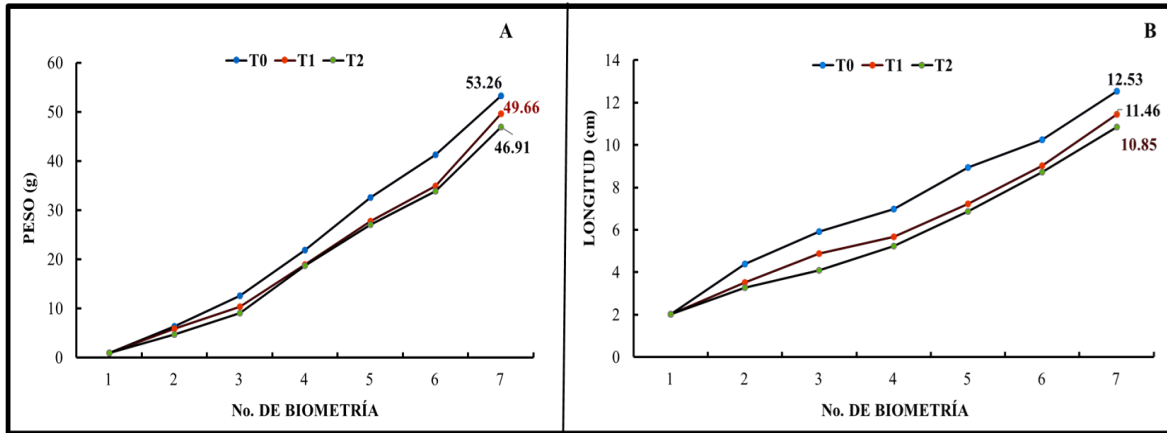


Figura 1. Comparación de la ganancia de peso total (A) y longitud total (B) en los tres alimentos evaluados.

Lo anterior fue corroborado, al efectuar la correlación entre peso y longitud patrón de cada uno de los tratamientos, así como la estimación de R^2 , donde claramente se observó que los alimentos experimentales (T_1 y T_2), presentaron un crecimiento poblacional más homogéneo, en comparación con T_0 ; así, para T_0 , el valor de R^2 fue de 0.8115; mientras que en T_1 , R^2 osciló en 0.8603 y T_2 obtuvo una R^2 de 0.8447 (Figura 2).

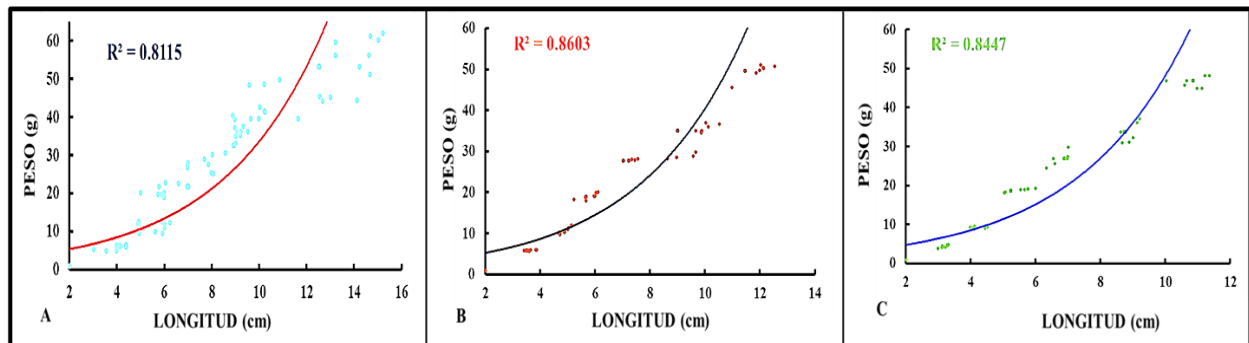


Figura 2. Correlación entre longitud patrón y peso total de T_0 (A), T_1 (B) y T_2 (C), con sus respectivos valores de R^2 .

En lo referente a los parámetros de biomasa final, TCA, mortalidad y crecimiento diario (Tabla 3), se observó que las TCA son adecuadas en todos los tratamientos, se presentó poca mortandad y un crecimiento adecuado en todos los organismos que fueron alimentados con los diferentes alimentos evaluados, lo cual permite corroborar que ambos alimentos experimentales son una adecuada alternativa en el cultivo de tilapia roja.

Tabla 3. Resultados obtenidos en los parámetros de biomasa final, TCA, mortalidad y crecimiento diario en los tratamientos evaluados.

Alimento	Biomasa Final	TCA	M [†]	Crecimiento Diario	
				Longitud	Peso
T_0	7,243.36 g	2.04	15%	0.117 cm día ⁻¹	0.581 g día ⁻¹
T_1	6,654.44 g	2.12	16%	0.115 cm día ⁻¹	0.541 g día ⁻¹
T_2	6,285.94 g	2.13	16%	0.098 cm día ⁻¹	0.511 g día ⁻¹

Cabe señalar que durante los días que comprendió la evaluación biológica, la calidad de agua en el sistema ANA, no presentó variaciones, pues los constantes monitoreos realizados evidenciaron que éstos permanecieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de tilapia roja; así, el contenido promedio de oxígeno disuelto permaneció en $6.31 \pm 0.86 \text{ mg L}^{-1}$, la temperatura osciló entre $25^\circ \pm 0.7^\circ\text{C}$, el pH estuvo en 7.6 ± 0.5 , mientras que la concentración de amonio y nitritos, se mantuvieron en niveles muy bajos (0.91 ± 0.4 y 0.5 ± 0.7 , respectivamente), por lo que se pudo confirmar que la calidad de agua en el sistema se mantuvo en los rangos óptimos para la especie en estudio [166, 167, 168, 169, 170, 171].

Por último, es importante señalar que las diversas especies de tilapia representan un rubro económico de suma importancia para el crecimiento de la acuicultura en México, presentando hoy en día, una tendencia para intensificar sus sistemas productivos, lo cual repercute en el incremento del uso de alimentos destinados para estas especies [172]; por ello, se ha indicado la necesidad de mejorar las actividades relacionadas con la alimentación, pues son aspectos primordiales para el éxito económico de la empresa acuícola [173, 174, 175, 176]. De este modo, es vital aprovechar la capacidad de alimentación que presenta la tilapia, ya que puede ingerir los nutrimentos de diversas fuentes alimenticias [177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184] y que, en el caso particular de este trabajo, se realizó de manera satisfactoria.

IV. CONCLUSIONES

En base a todo lo anteriormente expuesto, se concluyó que la inclusión de harina o papilla del pez armado *Pterygoplichthys* spp. para la elaboración de alimentos acuícolas no convencionales destinados para crías de tilapia roja *Oreochromis* spp., representan una opción viable, ya que cuentan con los nutrimentos necesarios para la especie en estudio, presentan una inocuidad microbiológica adecuada y además su consumo tuvo gran aceptación por parte de las crías de tilapia roja *Oreochromis* spp.; además, al evaluar el crecimiento de los organismos, se obtuvo un crecimiento homogéneo en los lotes alimentados con los alimentos experimentales en comparación con el alimento comercial; esto último, es de gran relevancia para las unidades productivas, ya que al presentarse este tipo de crecimiento en la población cultivada, las especies pueden ser cosechadas al mismo tiempo, ya que todos los organismos tendrán tallas y pesos homogéneos al momento de su venta. Sumado a lo anterior, en la actualidad, se afirma que el pez armado es una especie invasora y nociva tanto para los cuerpos de agua y para la pesca ribereña, por lo que su uso como ingrediente en dietas acuícolas hace posible mitigar su impacto ecológico y económico, así como para darle a este producto pesquero un valor económico.

V. REFERENCIAS

- [1] Beumer, H. & Van Der Poel, A.F.B. (1997). Effects on hygienic quality of feeds examined. *Feedstuffs*, 69(53), 13-15.
- [2] Castro, R.R., Hernández, G.J.P. y Aguilar, B.G. (2004). Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de tilapia (*Oreochromis* spp.) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca; México. *Revista AquaTIC*, 20, 38-43.
- [3] Martínez, D.J. (2008). Desarrollo sustentable y acuicultura de pequeña escala en Chile: Evaluación ambiental y consideraciones para su administración. *Tesis de Magíster*. Santiago de Chile, Chile: Universidad Católica de Chile.
- [4] F.A.O. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura: La sostenibilidad en acción. Roma, Italia: FAO.
- [5] Arroyo, D.M. (2008). Aprovechamiento de la harina de *Plecostomus* spp. como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Tesis de Posgrado*. Jiquilpan, Michoacán; México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional e Instituto Politécnico Nacional.

- [6] Oliva, T.A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83-108.
- [7] Ponton, F., Wilson, K., Holmes, A.J., Cotter, S.C., Raubenheimer, D. & Simpson, S.J. (2013). Integrating nutrition and immunology: A new frontier. *Journal of Insect Physiology*, 59, 130-137.
- [8] Tacon, A.G.J. (2013). Global trends in aquaculture and feed ingredient use in compound aquafeeds. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Nieto, L.M.G., Villarreal, C.D.A., Gamboa, D.J. y Álvarez, G.C. (Eds). *Contribuciones recientes en alimentación y nutrición acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- [9] Martínez, P.M., Martínez, C.L.R. y Ramos, E.R. (2009). Dinámica de crecimiento de peces y crustáceos. *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*, 10(10), 1-16.
- [10] León, S.R. (2015). Panorama sobre los alimentos balanceados para acuicultura en México, en comparación con otros países. Ergomix. En: <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/panorama-sobre-alimentos-balanceados-t31919.htm>. Fecha de consulta: 16/02/2022.
- [11] Akiyama, M.D. (1998). Utilización de la harina de soya en alimentos para peces. *Informe Técnico*. Singapur, Malasia: Asociación Americana de Soya (ASA).
- [12] Jover, C.M., Pérez, I.L., Zaragoza, L. y Fernández, C.J. (1998). Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. *Archivos de Zootecnia, Universidad Politécnica de Valencia*, 47, 11-20.
- [13] Granados, A.I., Garduño, M. y Muñoz, C. (2002). Comparación de crecimiento y evaluación económica entre el genotipo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y el híbrido rojo (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). En: www.ecologia.edu.mx/sigolfo/pagina_n2. Fecha de consulta: 06/03/2022.
- [14] Tomás, A., Martínez, L.I.S., López, J., Moñino, A.V. y Jover, C.M. (2002). Determinación de la digestibilidad de piensos extrusionados según el nivel y fuente proteica en la tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Memorias del Ier. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. Zaragoza, España. P. 963-968.
- [15] Rivas, V.M.E., Miranda, B.A. y Sandoval, M.M.I. (2010). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Memorias del X Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; México. P. 467-484.
- [16] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Cámara, C.P.A. (2011). Determinación del nivel proteico óptimo para la alimentación de crías de *Petenia splendida*. *Memorias del I Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y II Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 116-120.
- [17] Toledo, P.J. y Llanes, I.J.E. (2013). Alternativas para la alimentación de organismos acuáticos. En: Depello, G., Witchinsky, E. y Wicki, G. (Eds.), *Nutrición y alimentación para la acuicultura de recursos limitados*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- [18] Deng, J., Wang, K., Mai, K., Chen, L., Zhang, L. & Mi, H. (2017). Effects of replacing fish meal with rubber seed meal on growth, nutrient utilization, and cholesterol metabolism of tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 43(4), 941-954.
- [19] El-Sayed, A.F.M. (1999). Alternative dietary protein for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, 179, 149-168.
- [20] Wedemeyer, G.A. (2001). *Fish hatchery management*. Washington, USA: American Fisheries Society.
- [21] New, M.B. & Wijkström, U.N. (2002). Use of fishmeal and fishoil in aquafeed: Further thoughts on the fishmeal trap. Rome, Italy: FAO, *Fisheries Circular*.
- [22] Abdelghany, A.E. (2003). Partial and complete replacement of fishmeal with gambusia meal in diets of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). *Aquaculture Nutrition*, 9, 145-151.
- [23] Wu, G.S., Chung, Y.M., Lin, W.Y., Chen, S.Y. & Chen, H.H. (2004). Effect of substituting de-hulled or fermented soybean meal for fishmeal in diets on growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Journal Fisheries Society*, 30, 291-297.

- [24] Boreau, D.P. (2001). Utilización de harinas de origen animal en la nutrición de peces. Ontario, Canadá: Fats and Proteins Research Foundation, Canadian Renderers Association, Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA) and Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR).
- [25] Tomás, A., Martínez, L.I.S., López, J., Moñino, A.V. y Jóver, C.M. (2002). Determinación de la digestibilidad de piensos extrusionados según el nivel y fuente proteica en la tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Memorias del 1er. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. Zaragoza, España. P. 963-968.
- [26] Hardy, W.R. (2006). Worldwide fish meal production outlook and the use of alternative protein meals for aquaculture. *Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza. Nuevo León, México. P. 410-419.
- [27] Vásquez, T.W. (2007). Las dietas como factor de impacto sobre la calidad del agua en sistemas de cultivo intensivo de peces. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 2(2), 179-190.
- [28] Martínez, P.M. (2005). Efecto de la proporción proteína/energía dietética en el desempeño biológico de *Litopenaeus vannamei* en baja temperatura. *Tesis de Maestría*. Hermosillo, Sonora; México: Universidad de Sonora.
- [29] Gaber, M.M.A. (2006). The effects of plant-protein based diets supplemented with yucca on growth, digestibility, and chemical composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37, 74-81.
- [30] Llanes, I.J.E., Toledo, P.J. y Lazo de la Vega, J.M. (2007). Tecnología de producción de alimento semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*, 8(9), 1-6.
- [31] De la Cruz, M.L.C. (2010). Análisis proximal y microbiológico de harinas de fuentes no convencionales. *Tesis de Licenciatura*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de los Ríos.
- [32] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A., Durán, M.T. y De la Cruz, M.L.C. (2010). Análisis fisicoquímicos y microbiológicos en harinas no convencionales. *Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico 2010*. Villahermosa, Tabasco; México. P. 1231-1235.
- [33] García, C.A. y Taboada, B.W. (2012). Producción de alimento balanceado alternativo, para peces a base de subproductos de origen vegetal y animal, en el Centro Experimental de Investigaciones y Prácticas Agropecuarias (C.E.I.P.A). Tucupita, Estado Delta Amacuro; Venezuela: Ministerio del Poder Popular para la Educación e Instituto Universitario de Tecnología Universitaria Dr. Delfín Mendoza.
- [34] Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M. (2001). Effects of aquaculture on world fish supplies. *Issues in Ecology*, 8, 1-12.
- [35] Tacon, A.G.J. (2013). Global trends in aquaculture and feed ingredient use in compound aquafeeds. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Nieto, L.M.G., Villarreal, C.D.A., Gamboa, D.J. y Álvarez, G.C. (Eds). *Contribuciones recientes en alimentación y nutrición acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- [36] Toledo, P.J. y Llanes, I.J.E. (2013). Alternativas para la alimentación de organismos acuáticos. En: Depello, G., Witchinsky, E. y Wicki, G. (Eds.), *Nutrición y alimentación para la acuicultura de recursos limitados*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- [37] Álvarez, M.J., Hernández, J.G., Rovero, R., Tablante, A. y Rangel, L. (2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 29-33.
- [38] Amaya, R.E.A., Pezzato, L.E. y Quintero, P.L.G. (2001). Sustitución de harina de pescado por torta de soya en dietas para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) durante la fase de reversión sexual. Jaboticabal, Brasil: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Estado de Sao Paulo (UNESP).
- [39] Mattos, Y., Carcelén, F. y Arvaizo, T. (2003). Uso de ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. *Revista de Investigaciones en Veterinaria*, 14(2), 89-96.

- [40] Vidotti, R.M., Macedo, V.E. & Carneiro, D.J. (2003). Aminoacid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*, 105, 199-204.
- [41] Espejo, G.C. (2004). Determinación del valor nutricional de la soya integral (*Glycine max*) en la alimentación de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 1(1), 1-19.
- [42] Ponce, P.J.T., Arredondo, F.J.L. y Vernon, C.E.J. (2004). Pigmentación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) con carotenoides de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en comparación con la astaxantina. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3, 219-225.
- [43] Gaber, M.M.A. (2006). The effects of plant-protein based diets supplemented with *Yucca* on growth, digestibility, and chemical composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37, 74-81.
- [44] Arroyo, D.M. (2008). Aprovechamiento de la harina de *Plecostomus* spp. como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Tesis de Posgrado*. Jiquilpan, Michoacán; México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional e Instituto Politécnico Nacional.
- [45] Peters, D., Ramón, R., Morales, A., Ever, D., Morales, S., Nerva, M., Hernández, R. y Jim, L. (2009). Evaluación de la calidad alimentaria de la harina de *Lemna obscura* como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapia roja (*Oreochromis* spp.). *Revista Científica*, XIX(3),303-310.
- [46] Azaza, M.S., Mensi, F., Ksouri, J., Dhraief, M.N., Brini, B., Abdelmouleh, A. & Kraiem, M.M. (2008). Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(2), 202-207.
- [47] Garduño, L.M. & Olvera, N.M.Á. (2008). Potential of the use of peanut (*Arachis hypogaea*) leaf meal as a partial replacement for fish meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 39(12), 1299-1306.
- [48] Buyukcapar, H.M., Mezdegi, M.I. & Kamalak, A. (2010). Nutritive value of narbon bean (*Vicia narbonensis*) seed as ingredient in practical diet for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Journal of Applied Animal Research*, 37(2), 253-256.
- [49] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Díaz, J.L.E. (2011). *Plecostomus* spp. vs *Loligo* spp. en la alimentación de crías de *Petenia splendida*. *Memorias del 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 120-124.
- [50] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Cámara, C.P.A. (2011). Determinación del nivel proteico óptimo para la alimentación de crías de *Petenia splendida*. *Memorias del 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 125-130.
- [51] Hernández, O.M., Urrieta, S.J.M. y Mendiola, C.J.V.H. (2011). Evaluación de tres ensilados químicos elaborados con pez diablo (*Plecostomus* spp.) para su empleo en acuicultura. *Memorias del I Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y II Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 89-94.
- [52] Rivas, V.M.E., López, P.J.L., Miranda, B.A. y Sandoval, M.M.I. (2012). Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *BIOTecnia*, 14(2), 3-10.
- [53] Mendiola, C.J.V.H., de la Cruz, L.M.C., May, G.M.E. y Alpuche, P.A. (2013). Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Pterygoplichthys* spp. para la acuicultura. *Memorias del 3er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 4to. Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Villahermosa, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 201-211.

- [54] Deng, J., Mai, K., Chen, L., Mi, H. & Zhang, L. (2015). Effects of replacing soybean meal with rubber seed meal on growth, antioxidant capacity, non-specific immune response, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 44(2), 436-444.
- [55] Deng, J., Wang, K., Mai, K., Chen, L., Zhang, L. & Mi, H. (2017). Effects of replacing fish meal with rubber seed meal on growth, nutrient utilization, and cholesterol metabolism of tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 43(4), 941-954.
- [56] Soza, Ch.U., Peralta, G.F., Rodríguez, F.F., Vera, Q.F., Alpuche, P.A. y Mendiola, C.J. (2020). Estimación del contenido nutrimental, inocuidad y costos en cuatro ensilados químicos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7(1), 39-49.
- [57] Armbruster, J.W. (2004). Phylogenetic relationships of the suckermouth armored catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 141, 1-80.
- [58] Escalera, G.C. y Arroyo, D.M. (2005). Caracterización fisicoquímica del *Plecostomus* spp. y alternativas de utilización. *Informe Técnico*. CDMX, México: COMPECA.
- [59] Nelson, J.S. (2006). *Fishes of the world*. Nueva Jersey, Hoboken, USA: John Wiley and Sons, 4ta. Edition.
- [60] Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P. y Aguilar, V. (2007). Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*, 70, 1-5.
- [61] Ramírez, M.S. y Ayala, P.L.A. (2009). Plecos en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Michoacán. JAINA, *Boletín informativo*, 20(1), 11-13.
- [62] Marengo, C.Y. (2010). El pez diablo: Una especie exótica invasora. *Biocenosis*, 23(2), 16-19.
- [63] Cruz, S.L.E., Nieto, L.D., Guajardo, B.C. y Scholz, U. (2004). Uso de harina de subproductos avícolas en alimentos para *Litopenaeus vannamei*. *Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora; México. Universidad Autónoma de Nuevo León. P. 215-236.
- [64] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A., Durán, M.T. y De la Cruz, M.L.C. (2010). Análisis fisicoquímicos y microbiológicos en harinas no convencionales. *Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico 2010*. Villahermosa, Tabasco; México. P. 1231-1235.
- [65] Hernández, O.M., Urrieta, S.J.M. y Mendiola, C.J.V.H. (2011). Evaluación de tres ensilados químicos elaborados con pez diablo (*Plecostomus* spp.) para su empleo en acuicultura. *Memorias del I Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y II Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 89-94.
- [66] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Cámara, C.P.A. (2011). Determinación del nivel proteico óptimo para la alimentación de crías de *Petenia splendida*. *Memorias del 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 1254-130.
- [67] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Díaz, J.L.E. (2011). *Plecostomus* spp. vs. *Loligo* spp. en la alimentación de crías de *Petenia splendida*. *Memorias del 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 120-124.
- [68] Mendiola, C.J.V.H., de la Cruz, L.M.C., May, G.M.E. y Alpuche, P.A. (2013). Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Pterygoplichthys* spp. para la acuicultura. *Memorias del 3er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 4to. Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Villahermosa, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 201-211.
- [69] Atwood, H.L., Tomasso, J.R. & Glatin, D.M. (2003). Low-temperature tolerance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Effects of environmental and dietary factors. *Aquaculture Research*, 34, 241-251.
- [70] Nicovita. (2011). *Manual de crianza de la tilapia*. Lima, Perú: Alicorp.
- [71] Saavedra, M.M.A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Managua, Nicaragua: USAID, CIDEA, University of Hawaii HILO, Coastal Resources Center.

- [72] García, O.A. y Calvario, M.O. (2008). Manual de buenas prácticas de producción acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria. Mazatlán, Sinaloa; México: SENASICA, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., SAGARPA.
- [73] Popma, T.J. & Rodríguez, F.B. (2000). Tilapia aquaculture in Colombia. In: Tilapia aquaculture in the Americas. *The World Aquaculture Society*, 2, 141-150.
- [74] Baltazar, G.P.M. y Palomino, R.A.R. (2004). Manual de cultivo de tilapia. San Isidro, Lima; Perú: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, Agencia Española de Cooperación Internacional, Viceministerio de Pesquería-Ministerio de Producción.
- [75] Ridha, M.T. (2004). Observations on the reproductive performance of three mouth-brooding tilapia species in low-salinity underground water. *Aquaculture Research*, 35, 1031-1038.
- [76] Baltazar, P.M. (2007). La tilapia en el Perú: Acuicultura, mercado y perspectivas. *Avances de las Ciencias Biológicas en el Perú, Número Especial*, 13(3), 267-273.
- [77] Delgadillo, T.M.S. (2010). Guía ilustrada Vimifos para el cultivo de tilapia. El Salto, Jalisco; México: Centro de Investigación Acuicola Vimifos.
- [78] Vega, V.F., Jaime, C.B., Cupil, M.A.L., Galindo, L.J. y Cupul, M.F.G. (2009). Acuicultura de tilapia a pequeña escala para autoconsumo de familias rurales y periurbanas de la costa del Pacífico. CDMX, México: Universidad de Guadalajara y Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba, 1ra. Edición.
- [79] Vega, V.F., Cortés, L.M.C., Zúñiga, M.L.M., Jaime, C.B., Galindo, L.J., Basto, R.M.E.R. y Nolasco, S.H. (2010). Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿Alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*, 11(4), 1-15.
- [80] S.A.G.A.R.P.A. (2005). Estudio de mercado de mojarra tilapia. CDMX, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca.
- [81] Ponce, P.J.T., Romero, C.O., Castillo, V.S., Arteaga, N.P., Ulloa, G.M., González, S.R., Febrero, T.I. y Esparza, L.H. (2006). El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*, VII (7), 1-16.
- [82] Cantor, A.F. (2007). Manual de producción de tilapia. Puebla, México: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.
- [83] Mojica, F.J., Vivianco, M., Martínez, F. y Trujillo, R. (2010). Tilapia 2020: Prospectivo del sistema producto nacional de tilapia en México. CDMX, México: Sistema Producto Nacional de Tilapia, 285. En: www.gbcbiotech.com/.../tilapia/Tilapia2020-Prospectivasistema-producto%252. Fecha de consulta: 13/03/2022.
- [84] S.A.G.A.R.P.A. (2015). Estudio para la determinación de esquemas de mejora para rendimiento en las granjas de producción acuícola de tilapia. CDMX, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- [85] Sánchez, P.I., Ovalles, T.L.V. y Pérez, O.G. (2019). Tilapia de cultivo: Análisis de competitividad para la toma de decisiones de comercialización. *Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional, RILCO*, 1, 1-16.
- [86] Popma, T.J. & Rodríguez, F.B. (2000). Tilapia aquaculture in Colombia. In: Tilapia Aquaculture in the Americas. *The World Aquaculture Society*, 2, 141-150.
- [87] Guevara, C.E. (2009). Estudio de factibilidad y puesta en marcha de una empresa productora y comercializadora de mojarra roja. Bucaramanga. En: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/609/1/digital_18284.pdf. Fecha de consulta: 27/04/2022.
- [88] Comité Sistema Producto Tilapia de México, A.C. (2012). Criterios técnicos y económicos para la producción sustentable de tilapia en México. CDMX, México: SAGARPA, CONAPESCA, INCA RURAL.
- [89] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2014). El cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en estanques de tierra, fuente de proteína animal de excelente calidad. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Bogotá, Colombia. *Boletín Mensual*, 21, 1-7.

- [90] Ávila, A.M. (2016). Rentabilidad del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el sur del Estado de México. *Tesis de Licenciatura*. Tejupilco, Estado de México; México: Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Extensión Tejupilco.
- [91] Toledo, P.S.J. y García, C.M.C. (2000). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, Baja California Sur; México. P. 83-137.
- [92] Luna, T.H., Bucio, G.A. y Mendoza, Q.M.M.E.A. (2004). Cultivo de peces en Tabasco. Villahermosa, Tabasco; México: Gobierno de Tabasco, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca.
- [93] Köprüçü, K. & Özdemir, Y. (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 250, 308-316.
- [94] Usgame, Z. (2007). Agenda productiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la tilapia. Proyecto transición de la agricultura. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- [95] Reyes, R.G.A. (2012). Plan de negocios para la producción y comercialización de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis* sp.) en Managua, Nicaragua. *Tesis de Licenciatura*. Tegucigalpa, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano.
- [96] Benítez, J.M., Rebollar, R.S., González, R.F.J., Hernández, M.J. y Gómez, T.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.
- [97] Peña, C.A. (2015). Caracterización de la producción del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el sur del Estado de México. *Tesis de Licenciatura*. Tejupilco, Estado de México; México: Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Extensión Tejupilco.
- [98] Murillo, G.O.M. (2000). Ficha técnica de industrialización de plátano (*Musa* spp.). Bogotá, Colombia: Dirección de Mercadeo y Agroindustria. Área Desarrollo de Producto.
- [99] Rocha, E.A. (1998). *Cnidoscylus chayamansa* (Mc Vaugh) como fuente de proteína incorporada en dietas para *Panaeus stylirostris*. *Tesis de Posgrado*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- [100] Moreno, A.M.G. (2010). Elaboración de un alimento balanceado para el crecimiento de crías de tilapia roja (*Oreochromis* spp; Peces: Perciformes). *Tesis de Licenciatura*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica Multidisciplinaria de los Ríos.
- [101] Shimada, A.S. (1983). Fundamentos de nutrición animal comparativa. CDMX, México: Sistema de Educación Continúa en Producción Animal en México, A.C.
- [102] Wagner, J. & Stanton, T.L. (2012). Formulating rations with the Pearson square, fact sheet. Colorado State University Extension. *Livestock Series*, No. 1.618.
- [103] Fernández, C.E. (2013). Formulación de alimentos balanceados y mejoramiento genético en ganado lechero. *Guía Técnica*. Lima, Perú: Agrobanco.
- [104] Aguilar, I.A. y Muñoz, J.S. (2016). Desarrollo de un programa informático para la formulación de piensos compuestos. *Tesis de Licenciatura*. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza.
- [105] Montes, A.A., Castellanos, G.M., Martínez, G.G. y Chávez, E.T. (2017). Uso de la programación matemática para la formulación de raciones de animales. *Memorias del Congreso Interdisciplinario de Ingeniería*. P. 154-166.
- [106] Núñez, G.A., Barcenás, M.Y., Mejías, C.A. y Marrero, G.Y. (2020). Sistema informático para la formulación de raciones alimenticias en la raza bufalina empleando modelos matemáticos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(4), 105-113.
- [107] Boscolo, W.R., Feiden, A., Signor, A., Bard, J.J. e Ishida, F.A. (2006). Energía digestible para alevinos de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira Zootecnia*, 35(3), 629-633.

- [108] Vásquez, G.L. (2008). Bienestar animal en piscicultura. Valle del Cauca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- [109] Pinto, L.G.Q. (2008). Exigencias dietarias e disponibilidade do fontes do fósforo para tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Tese de Doutorado*. Botucatu, São Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista.
- [110] Costa, M.L.S., Melo, F.P. e Correia, E.S. (2009). Efeitos de diferentes níveis protéicos da ração no crescimento na tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus), variedade chitralada, criadas em tanques-rede. *Boletim del Instituto do Pesca, São Paulo*, 35(2), 285-294.
- [111] Torres, N.D.M. y Hurtado, N.V.L. (2012). Requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Orinoquia, Universidad de los Llanos*, 16(1), 63-68.
- [112] Salazar, B.M.S., Sosa, M.E., Montoya, V.L., Gómez, S.A.R., Gómez, E.R., García, U.G. y Carrillo, D.S. (2017). Mejoramiento de la dieta de tilapia (*Oreochromis niloticus rocky mountain* var. white) con aceite de soya, para aumentar la calidad de canal, en zonas rurales de México. En: Pérez, F. Figueroa, E., Godínez, L. y Rocha, J. (Eds). *Ciencias de la Química y Agronomía. Handbook, Tomo I. Texcoco de Mora, México: ©ECORFAN.*
- [113] De la Cruz, M.L.C. (2010). Análisis proximal y microbiológico de harinas de fuentes no convencionales. *Tesis de Licenciatura*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de los Ríos.
- [114] Mendiola, C.J.V.H. (2008). Elaboración y evaluación de un alimento balanceado experimental, para el crecimiento del estadio de cría de *Oreochromis niloticus*. *Tesis de Posgrado*. Villahermosa, Tabasco; México: Instituto Tecnológico de Villahermosa.
- [115] A.O.A.C. (2019). Official methods of analysis of AOAC International. 21th Edition. Dr. George W. Latimer Jr., Editor. Gaithersburg: Maryland, USA.
- [116] NOM-092-SSA1. (1994). Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias mesofílicas aeróbicas en placa en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación y Secretaria de Salud.
- [117] NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación y Secretaria de Salud.
- [118] NOM-113-SSA2-1994. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes mediante el método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación y Secretaria de Salud.
- [119] NOM-021-PESC. (1994). Proyecto de Norma Oficial Mexicana que regula los alimentos balanceados, los ingredientes para su elaboración y los productos alimenticios no convencionales, utilizados en la acuicultura y el ornato, importados y nacionales, para su comercialización y consumo en la República Mexicana. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación y Secretaria de Pesca.
- [120] Toledo, P.S.J. y García, C.M.C. (2000). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. En: Civera, C.R., Pérez, E.C.J., Ricque, M.D. y Cruz, S.L.E. (Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, Baja California Sur, México. P. 83-137.
- [121] Nicovita. (2011). Manual de crianza de la tilapia. Lima, Perú: Alicorp.
- [122] Cantor, F. (2007). Manual de producción de tilapia. Puebla, México: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.
- [123] Drummond, C., Solis, L. & Vicentini, B. (2009). Growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) submitted to different temperatures during the process of sex reversal. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(3), 895-902.
- [124] Azaza, M., Legendre, M., Kraiem, M. & Baras, E. (2010). Size-dependent effects of daily thermal fluctuations on the growth and size heterogeneity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fish Biology*, 76, 669-683.
- [125] Dumas, A., France, J. & Bureau, D. (2010). Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going? *Aquaculture Research*, 41(2), 161-181.

- [126] Chowdhury, K., Siddiqui, S., Hua, K. & Bureau, D. (2013). Bioenergetics based factorial model to determine feed requirement and waste output of tilapia produced under commercial conditions. *Aquaculture*, 410-411, 138-147.
- [127] Arce, V.J.J. (2014). Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1759) en condiciones comerciales corregida por el coeficiente térmico de crecimiento. *Tesis de Licenciatura*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica: Escuela De Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica.
- [128] Luna, T.H., Bucio, G.A. y Mendoza, Q.M.M.E.A. (2004). Cultivo de peces en Tabasco. Villahermosa, Tabasco; México: Gobierno de Tabasco, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco y la Secretara de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca.
- [129] Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Nieto, L.M. y Tapía, S.M. (2000). Revisión sobre calidad de harinas y aceites de pescado para la nutrición del camarón. En: Civera, C.R., Pérez, E.C.J., Ricque, M.D. y Cruz, S.L.E. (Eds). *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, Baja California Sur, México. P. 298-326.
- [130] Zaldívar, L.F.J. (2002). Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Gaxiola, C.M.G. y Simoes, N. (Eds). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Cancún, Quintana Roo, México. P. 516-526.
- [131] Tacon, A. & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. *Aquaculture*, 285, 146-158.
- [132] Naylor, R., Hardy, R., Bureau, D., Chiu, A., Elliot, M., Farrell, A., Forster, I., Gatlin, D., Goldberg, R., Hua, K. & Nichols, P. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 15103-15110.
- [133] Ahmad, M. & Ibrahim, S. (2016). Local fish meal formulation: Its principles, prospects and problems in fishery industry. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(1), 276-279.
- [134] Malcorps, W., Kok, B., van't Land, M., Fritz, M., van Doren, D., Servin, K., van der Heijden, P., Palmer, R., Auchterlonie, N.A., Rietkerk, M., Santos, M.J. & Davies, S.J. (2019). The sustainability conundrum of fishmeal substitution by plant ingredients in shrimp feeds. *Sustainability*, 11, 1212.
- [135] Quesada, D. y Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medioambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(1), 1-8.
- [136] Boreau, D.P. (2001). Utilización de harinas de origen animal en la nutrición de peces. Ontario, Canadá: Fats and Proteins Research Foundation, Canadian Renderers Association, Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA) and Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR).
- [137] Abdelghany, A.E. (2003). Partial and complete replacement of fishmeal with gambusia meal in diets of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). *Aquaculture Nutrition*, 9, 145-151.
- [138] Hardy, W.R. (2006). Worldwide fish meal production outlook and the use of alternative protein meals for aquaculture. *Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza. Nuevo León, México. P. 410-419.
- [139] Hernández, O.M., Urrieta, S.J.M. y Mendiola, C.J.V.H. (2011). Evaluación de tres ensilados químicos elaborados con pez diablo (*Plecostomus* spp.) para su empleo en acuicultura. *Memorias del I Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y II Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 89-94.
- [140] García, C.A. y Taboada, B.W. (2012). Producción de alimento balanceado alternativo, para peces a base de subproductos de origen vegetal y animal, en el Centro Experimental de Investigaciones y Prácticas Agropecuarias (C.E.I.P.A). Tucupita, Estado Delta Amacuro; Venezuela: Ministerio del Poder Popular para la Educación e Instituto Universitario de Tecnología Universitaria Dr. Delfín Mendoza.

- [141] Rivas, V.M.E., López, P.J.L., Miranda, B.A. y Sandoval, M.M.I. (2012). Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *BIOTecnia*, 14(2), 3-10.
- [142] Mendiola, C.J.V.H., de la Cruz, L.M.C., May, G.M.E. y Alpuche, P.A. (2013). Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Pterygoplichthys* spp. para la acuicultura. *Memorias del 3er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 4to. Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Villahermosa, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 201-211.
- [143] León, S.R. (2015). Panorama sobre los alimentos balanceados para acuicultura en México, en comparación con otros países. Ergomix. En: <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/panorama-sobre-alimentos-balanceados-t31919.htm>. Fecha de consulta: 30/03/2022.
- [144] Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P. y Aguilar, V. (2007). Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*, 70, 1-5.
- [145] Ramírez, M.S. y Ayala, P.L.A. (2009). Plecos en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Michoacán. *JAINA, Boletín informativo*, 20(1), 11-13.
- [146] Marengo, C.Y. (2010). El pez diablo: Una especie exótica invasora. *Biocenosis*, 23(2), 16-19.
- [147] Arroyo, D.M. (2008). Aprovechamiento de la harina de *Plecostomus* spp. como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Tesis de Posgrado*. Jiquilpan, Michoacán; México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional e Instituto Politécnico Nacional.
- [148] De la Cruz, M.L.C. (2010). Análisis proximal y microbiológico de harinas de fuentes no convencionales. *Tesis de Licenciatura*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de los Ríos.
- [149] Hernández, O.M., Urrieta, S.J.M. y Mendiola, C.J.V.H. (2011). Evaluación de tres ensilados químicos elaborados con pez diablo (*Plecostomus* spp.) para su empleo en acuicultura. *Memorias del I Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y II Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 89-94.
- [150] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Díaz, J.L.E. (2011). *Plecostomus* spp. vs. *Loligo* spp. en la alimentación de crías de *Petenia splendida*. *Memorias del 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 120-124.
- [151] Mendiola, C.J.V.H., de la Cruz, L.M.C., May, G.M.E. y Alpuche, P.A. (2013). Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Pterygoplichthys* spp. para la acuicultura. *Memorias del 3er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 4to. Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Villahermosa, Tabasco; México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. P. 201-211.
- [152] Soza, Ch.U., Peralta, G.F., Rodríguez, F.F., Vera, Q.F., Alpuche, P.A. y Mendiola, C.J. (2020). Estimación del contenido nutrimental, inocuidad y costos en cuatro ensilados químicos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7(1), 39-49.
- [153] González, A.N., Soza, Ch.U., Peralta, G.F., Rodríguez, F.F., Alejandro Alpuche, P.A., Vera, Q.F. y Mendiola, C.J. (2022). Ensilado compuesto: Una opción viable para su inclusión en la alimentación acuícola. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 9(1), 67-81.
- [154] Palacios, F.M.A. (2000). Productos de la pesca y la acuicultura. Nuevo enfoque de la calidad: De la granja al tenedor. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 19(5), 149-157.
- [155] Bastidas, L.L.F., Calpa, Q.J.E., Hernández, R.I. y Lucero, M.A.M. (2006). Evaluación sanitaria de la calidad microbiológica de productos acuícolas en la ciudad de San Juan de Pasto. *Revista Centro de Estudios en Salud, Universidad de Nariño*, 1(6), 22-32.

- [156] Graü de M., C. (2006). Control de calidad de los productos pesqueros en Venezuela. *INIA Divulga*, 8, 44-46.
- [157] Graü de M., C. (2006). Método sistemático para la gestión de calidad en productos pesqueros. *INIA Divulga*, 9, 41-42.
- [158] F.A.O. (2011). Manual básico de sanidad piscícola. La Asunción, Paraguay: Ministerio de Agricultura y Ganadería y F.A.O.
- [159] Mendiola, C.J., Vera, Q.F., Alpuche, P.A., Ramos, F.J. y Barceló, G.V. (2018). Análisis nutricional, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(6), 12-24.
- [160] Pimentel, D.C.I. y Flores, S.E.C. (2021). Buenas prácticas de manejo para productos acuícolas y pesqueros en Centros de Acopio. CDMX, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- [161] Vásquez, T.W. (2007). Las dietas como factor de impacto sobre la calidad del agua en sistemas de cultivo intensivo de peces. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 2(2), 179-190.
- [162] Vásquez, G.L. (2008). Bienestar animal en piscicultura. Valle del Cauca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- [163] Molisani, M.M. (2015). Relative effects of nutrient emission from intensive cage aquaculture on the semiarid reservoir water quality. *Environmental Monitory Assessment*, 187(11), 707-721.
- [164] Ngoepe, T.K. (2021). The effects of dissolved oxygen and dietary protein levels on growth performance, physiological parameters and the immune response of the genetically improved farmed tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 52(2), 547-558.
- [165] Oliveira, L.K. Pilz, L., Furtado, P.S., Ballester, E.L.C. & Bicudo, A.J. (2021). Growth, nutritional efficiency, and profitability of juvenile GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in biofloc system on graded feeding rates. *Aquaculture*, 541, 736-759.
- [166] Crab, R., Avnimelech, Y. Defoirdt, T., Bossier, P. & Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1-4), 1-14.
- [167] Schenone, N.F., Vackova, L. & Cirelli, A.F. (2011). Fish-farming water quality and environmental concerns in Argentina: A regional approach. *Aquaculture International*, 19(5), 855-863.
- [168] Kumari, S. Harikrishna, V., Surasani, V.K.R., Balange, A.K. & Babitha Rani, A.M. (2021). Growth, biochemical indices and carcass quality of red tilapia reared in zero water discharge based biofloc system in various salinities using inland saline ground water. *Aquaculture*, 540, 736-780.
- [169] Uddin, M.N., Kabir, K.H., Roy, D., Hasan, M.T., Sarker, M.A. & Dunn, E.S. (2021). Understanding the constraints and its related factors in tilapia (*Oreochromis* sp.) fish culture at farm level: A case from Bangladesh. *Aquaculture*, 530, 735-772.
- [170] de Godoy, E.M, David, F.S., Fialho, N.S., Proença, D.C., Camargo, T.R. & Bueno, G.W. (2022). Environmental sustainability of Nile tilapia production on rural family farms in the tropical Atlantic Forest region. *Aquaculture*, 547, 737-781.
- [171] Saldaña, E.R., Salazar, S.M., Rodríguez, B.L., Hernández, M.I. y Sánchez, Á.N. (2022). Calidad del agua para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en etapa de alevinaje con tecnología biofloc. *Avances en Investigación Científica*, 3, 289-301.
- [172] Vega, V.F., Jaime, C.B., Cupil, M.A.L., Galindo, L.J. y Cupul, M.F.G. (2009). Acuicultura de tilapia a pequeña escala para autoconsumo de familias rurales y periurbanas de la costa del Pacífico. CDMX, México: Universidad de Guadalajara y Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba, 1ra. Edición.
- [173] Toledo, P.S.J. y García, C.M.C. (2000). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, Baja California Sur; México. P. 83-137.
- [174] Tomás, A., Martínez, L.I.S., López, J., Moñino, A.V. y Jóver, C.M. (2002). Determinación de la digestibilidad de piensos extrusionados según el nivel y fuente proteica en la tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Memorias del 1er. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. Zaragoza, España. P. 963-968.

- [175] Montoya, L.A.F., Tarazona, M.A.M., Olivera, Á.M. & Betancur, L.J. (2019). Desempeño productivo de cuatro procedencias de tilapia roja de Antioquia en condiciones de pequeños productores. *Veterinaria y Zootecnia*, 13(1), 31-44.
- [176] Copatti, C.E. & Baldisserotto, B. (2021). Osmoregulation in tilapia: Environmental factors and internal mechanisms. In: *Biology and Aquaculture of Tilapia*, López, O.J.F., Sánchez, V.F.J. and Fortes, S.R. (Eds). Washington, USA: CRC Press.
- [177] Wu, G.S., Chung, Y.M., Lin, W.Y., Chen, S.Y. & Chen, H.H. (2004). Effect of substituting de-hulled or fermented soybean meal for fishmeal in diets on growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Journal Fisheries Society*, 30, 291-297.
- [178] Köprücü, K. & Özdemir, Y. (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 250, 308-316.
- [179] Njiru, M., Ojuok, J.E., Okeyo, O.J.B., Muchiri, M., Ntiba, M.J. & Cowx, I.G. (2006) Some biological aspects and life history strategies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in Lake Victoria, Kenya. *African Journal of Ecology*, 44, 30-37.
- [180] Hsien, T.S. y Quintanilla, M. (2008). Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia. San Salvador, El Salvador: el Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA).
- [181] Ríos, R. (2012). Cartilla práctica para el cultivo de la tilapia (*Oreochromis* sp.). Ciudad de Panamá, Panamá: Gobierno Nacional de Panamá, Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá, Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá, Embajada de España en Panamá.
- [182] Rivas, V.M.E., López, P.J.L., Miranda, B.A. y Sandoval, M.M.I. (2012). Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *BIOtecnia*, 14(2), 3-10.
- [183] Carvajal, E.J.P. (2014). Comparacion de parametros zootecnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precria de tilapia roja (*Oreochromis* Spp.) en el Municipio de Puerto Triunfo. *Tesis de Posgrado*.Caldas, Antioquia; Colombia: Corporacion Universitaria Lasallista.
- [184] Suárez, P.B., Delgadillo, D.M., Sánchez, S.M.J. & Gullian, K.M. (2021). Analysis of the cost-effectiveness and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in biofloc and green water technologies during two seasons. *Aquaculture*, 538, 726-734.