

# Solubilidad de cenizas en cuatro ingredientes elaborados con *Pterygoplichthys* spp.

Ingredientes alternos para su inclusión en dietas acuícolas

Ignacio Dehara-Herrera, Fernando Vera-Quñones, Alejandro Alpuche-Palma, Eddy Pérez-Vera y \*Jorge Mendiola-Campuzano<sup>1</sup>

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos<sup>1</sup>

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco<sup>1</sup>

Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México

182K22005@alumno.ujat.mx; [fernando.vera; alejandro.alpuche; eddy.perez; jorge.mendiola\*]@ujat.mx

**Abstract**— Currently, the promotion of the use of unconventional ingredients and the determination of their components for the aquaculture is a priority, to demonstrate their nutritional contribution. The objective of this research was to elaborate four ingredients with armored fish *Pterygoplichthys* spp., to know their basic nutritional content, as well as the determination of the solubility of the total ashes, for their possible use by organisms; likewise, the microbiological quality and costs were assessed. The results showed that the nutritional components are optimal, highlighting the solubility of ashes, which represents a significant contribution of minerals available to consuming species; In addition, its safety was adequate and its viable costs, so the inclusion of these represents a real alternative in aquafeed.

**Keyword**— *Nutritional components, Safety, Dissolution, Ashes, Ingredients, Pterygoplichthys spp.*

**Resumen**— Actualmente, una de las prioridades de la acuicultura es la promoción del empleo de ingredientes alternos y la determinación de sus componentes, a fin de conocer su aporte nutricional. Esta investigación tuvo como objetivo, elaborar cuatro ingredientes con *Pterygoplichthys* spp., mismos que fueron evaluados para conocer su contenido nutricional básico, enfatizando la solubilidad de cenizas, para conocer su posible aprovechamiento; asimismo, se valoró la calidad microbiológica y costos implicados. Los resultados indican que los componentes nutrimentales son óptimos, destacando la solubilidad de cenizas, lo que se traduce en una aportación significativa de minerales disponibles para las especies consumidoras; además, su inocuidad es adecuada y los costos son factibles, por lo que su inclusión en dietas acuícolas, representan una alternativa real.

**Palabras claves**— *Componentes nutrimentales, Inocuidad, Disolución, Cenizas, Ingredientes, Pez armado.*

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción acuícola mundial viene incrementándose en las últimas décadas; sin embargo, hace apenas cincuenta años, la acuicultura era considerada una actividad agropecuaria secundaria o insignificante para la producción de alimentos destinados para el ser humano, por lo que la producción pesquera representaba la base para el abastecimiento de alimentos, provenientes de los diversos cuerpos de agua o cuencas oceánicas; no obstante, el crecimiento que viene experimentando la acuicultura se debe en gran parte a la creación e innovación tecnológica, así como por la adaptación de nuevas técnicas para el manejo de las especies cultivadas, así como las necesidades alimenticias que demanda la humanidad [1].

En los últimos veinte años, la acuicultura viene creciendo de forma significativa; sin embargo, el empleo de alimentos comerciales es una limitante. Debido a la importancia que tienen la nutrición y alimentación acuícola para el crecimiento, desarrollo, salud y sobrevivencia de los organismos bajo cultivo, se debe de considerar en todo momento que los alimentos suministrados deben de cubrir sus necesidades nutrimentales; pese a ello, la inclusión de ingredientes no convencionales, la optimización

de la tasa de crecimiento, el aumento de biomasa, el aumento de sobrevivencia, así como la mejora de las condiciones en el cultivo, se les ha restado la importancia requerida en la producción acuícola [2].

Cabe señalar que la acuicultura al ser una actividad destinada para el cultivo de organismos acuáticos, tiene diversas finalidades, ya que pueden ser producidos o comercializados como especies ornamentales, para fines recreativos o educativos, así como para la conservación y preservación de los recursos endémicos; sin embargo, la producción acuícola se enfoca principalmente en las especies destinadas para el abastecimiento de alimentos para consumo humano, debido a la demanda actual para combatir problemas relacionados con desnutrición y desabasto de alimentos, sobre todo en las comunidades más vulnerables, por lo que la generación y aplicación de tecnologías, técnicas y métodos, deben hacer posible el suministro de sus productos en los mercados, considerando en todo momento la sostenibilidad de la actividad, ya que el progreso productivo y económico de la acuicultura, dependen de la optimización de cada área que la conforman, sobre todo las relacionadas con el manejo sanitario, reproductivo, nutritivo y alimenticio, siendo estas dos últimas, una prioridad para optimizar el crecimiento y desarrollo de los organismos cultivados, lo cual se debe traducir en una mayor producción acuícola [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Las actividades encaminadas a la nutrición y alimentación de organismos acuícolas en las unidades de producción, involucran los costos más altos en la acuicultura, ya que suelen oscilar entre el 40 al 60% de los costos totales [9,10], debido al empleo de alimentos comerciales, los cuales son elaborados a partir de harina y aceite de pescado, ya que éstos insumos aportan diversos nutrientes esenciales para los organismos que los consumen como aminoácidos, vitaminas y minerales, así como un aporte energético considerable; aunado a lo anterior, sus propiedades físicas de atractabilidad, palatabilidad, digestibilidad y textura, suelen ser adecuados para su aceptación como alimento [11, 12, 13]; sin embargo, en la actualidad se viene agravando un desequilibrio entre la oferta y demanda de estos insumos, lo cual se explica por la presión pesquera a la que son sometidos los recursos acuáticos, lo que repercute en la industria de alimentos comerciales destinados para la acuicultura [14, 15, 16].

Solo para evidenciar lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), informó que en el 2018, la producción mundial pesquera se situó en 179 millones de toneladas, siendo 19 millones de ellas, utilizadas para la elaboración de harina y aceite de pescado, insumos empleados para la fabricación de alimentos destinados para animales terrestres y acuáticos; sin embargo, esta cantidad no satisface la demanda, por lo que el uso de estos insumos son una limitante y por ende, eleva los costos de los alimentos comerciales [17].

Por tal motivo, es necesario el uso racional de la harina y aceite de pescado, ya que además de elevar los costos de los alimentos comerciales, se generan varios problemas debido a la sobreexplotación de los recursos pesqueros y se causan daños ecológicos, por lo que una alternativa es la búsqueda de materias primas para su inclusión como ingredientes alternos que cumplan con los requerimientos nutrimentales de las especies cultivadas, además de ser inocuos para su consumo y que aminoren los costos, a fin de conocer su viabilidad para sustituir parcial o totalmente la harina y aceite de pescado y ser una opción para la acuicultura [18, 19, 20, 21].

Cabe recordar que anteriormente, la prioridad de los alimentos acuícolas era el de abastecer los nutrimentos necesarios de las especies cultivadas, con la finalidad de alcanzar su máximo crecimiento; actualmente, es importante promover la elaboración, evaluación y empleo de ingredientes o alimentos funcionales, que no solo mejoren el crecimiento y desarrollo de los organismos, sino que además favorezcan su estado de salud y disminuyan o prevengan enfermedades en las especies cultivadas, así como el minimizar el estrés por manejo, sin dejar a un lado la disminución del impacto ambiental generado por la propia actividad, así como el minimizar los costos en la formulación y elaboración de alimentos acuícolas [22, 23, 24, 25].

Así, la búsqueda para elaborar y evaluar materias primas no convencionales es una prioridad en la acuicultura, a fin de ser procesadas e incluidas como ingredientes en la elaboración de alimentos acuícolas, los cuales mejoren el crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas en menor tiempo y con ello, mitigar los diversos problemas que se vienen presentando por el empleo de ingredientes convencionales [26, 27, 28, 29, 30].

En este sentido, una alternativa la constituyen las especies ícticas exóticas, las cuales, en muchas ocasiones, son consideradas nocivas, por lo que su procesamiento como ingrediente permite su aprovechamiento para su inclusión en alimentos destinados a organismos acuícolas, ayuda a la economía local y mitiga los impactos ocasionados en los ambientes acuáticos [31]. Cabe señalar que, a nivel mundial, existe una preocupación real por la presencia de especies invasoras en nichos ecológicos diferentes al que pertenecen, siendo el factor de presión ecológica que influye más en la crisis global existente en diversos ecosistemas, siendo este fenómeno el responsable de la disminución de las poblaciones acuáticas endémicas [32, 33, 34] y por ende, la principal causa de la desaparición de las especies nativas, lo que se traduce en la reducción de la biodiversidad local [35, 36].

En el caso de México, se han reportado un total de 348 especies invasoras, entre las cuales se han introducido a muchas especies piscícolas en los diversos ambientes acuáticos del territorio nacional, ya sea de forma accidental o intencional, que, en su mayoría, han repercutido de forma negativa en los ecosistemas acuáticos por los daños que ocasionan a las especies endémicas, tales como: competir por el alimento y hábitat, presencia de nuevos patógenos, daños en las puestas o nidos, entre otros; por ello, son considerados organismos nocivos [37, 38, 39, 40].

Dentro del listado de las especies ícticas introducidas en aguas territoriales mexicanas, destacan: plecostomus *Pterygoplichthys* spp., pez león *Pterois volitans*, pez mosquito *Gambusia affinis*, pangasio *Pangasianodon hypophthalmus*, guppy *Poecilia reticulata*, carpa común *Cyprinus carpio vulgaris* y tilapia *Oreochromis* spp. Entre los impactos producidos, se incluyen daños ecológicos y pérdidas económicas; por citar solo un ejemplo, la presencia de *Pterygoplichthys* spp. en las zonas pesqueras de México, donde una de las actividades preponderante es la pesca riverense, estas especies han generado pérdidas por encima de los 13 millones de dólares, así como la disminución considerable de especies nativas de importancia comercial y ecológica [41, 42, 43, 44], ya que al ser una especie gregaria, se enreda fácilmente con las artes de pesca, lo que dificulta su captura y sus grandes poblaciones enmarcadas en los cuerpos de agua, repercuten en la reducción de la actividad pesquera comercial [45, 46, 47].

Las especies ícticas invasoras del género *Pterygoplichthys*, peces comúnmente conocidos en México como bagres acorazados, peces diablo, plecos o plecostomus, son originarios de la cuenca Amazónica de Suramérica [48] pertenecientes a la familia Loricariidae, siendo las especies más reportadas en el territorio nacional las que incluyen a las de los géneros *Hypostomus* y *Pterygoplichthys*, [49, 50] y se dice que estos ejemplares fueron introducidos al país por la industria de especies ornamentales acuáticas [51]; no obstante, algunos autores han reportado que varios organismos fueron liberados por sus propietarios en los cuerpos de agua naturales del territorio mexicano [52]. El primer registro de la presencia de *Pterygoplichthys* spp. en aguas nacionales, se hizo en 1995 en el río Mezcala, ubicado en el estado de Guerrero [53]; luego, fueron registrados en las cuencas bajas de los ríos Usumacinta y Grijalva, en el estado de Tabasco [54, 55] y actualmente, se tienen registros de su presencia en 16 estados de la República Mexicana [56].

La morfología y fisiología de *Pterygoplichthys* spp. les brindan ventajas en comparación con otros organismos [57, 58]. Morfológicamente, *Pterygoplichthys* spp. son ventralmente aplanados con cuerpo cubierto por placas óseas, la boca ubicada en la parte inferior de la cabeza que presenta un aspecto de ventosa, misma que puede fijarse en sustratos naturales y resistir corrientes rápidas; aunado a ello, los dientes en forma de espinas los utiliza para su locomoción y combate [59, 60], siendo peces de hábitos

nocturnos, sus ojos están adaptados para ver en condiciones de baja luminosidad y los pueden oscurecer a voluntad para mimetizarse y evitar a sus depredadores [61, 62]. Mientras que fisiológicamente tienen un estómago vascularizado que funciona a la vez como pulmón y vejiga natatoria, lo que les permite respirar oxígeno atmosférico en condiciones de hipoxia y resistir épocas de sequías prolongadas o aumentar su flotabilidad para nadar con rapidez; además, cuentan con glóbulos sanguíneos grandes y a nivel celular sobresalen las cantidades presentes de ADN, que en conjunto, generan una baja tasa metabólica, así como el tolerar cambios en la composición de fluidos corporales [63, 64, 65].

Se han desarrollado diversos trabajos con la finalidad de aprovechar las especies de *Pterygoplichthys* spp.; particularmente, se han elaborado y evaluado diversos productos para su uso como ingrediente en dietas acuícolas, tales como harina, papilla o ensilado en lo que se han reportado sus contenidos nutrimentales, inocuidad microbiológica e incluso los costos implicados [66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74]; en dichos estudios, se ha coincidido a la hora de valorar sus componentes nutrimentales, un alto contenido de cenizas totales en los productos.

La determinación de cenizas totales en alimentos, es un método necesario para conocer el porcentaje de minerales presentes, siendo en algunos casos el número de elementos muy considerable, donde se incluye al silicio, calcio, magnesio, sodio, potasio, fósforo, azufre, cloro, hierro, aluminio, manganeso, flúor, arsénico, cobalto, cobre, mercurio, molibdeno, plomo, selenio, estroncio, zinc, yodo, mercurio, boro, entre otros, necesarios en muchos casos en el crecimiento y desarrollo de los organismos, así como para optimizar sus actividades metabólicas [75, 76, 77, 78].

Los minerales y el agua son los únicos componentes presentes en los alimentos que no se oxidan en el organismo para producir energía [79, 80, 81]; sin embargo, para el crecimiento de éstos, se requiere un aporte significativo de minerales que contribuya a la conformación de estructuras de sostén a nivel celular (minerales embebidos en citoplasma), así como a nivel organismo (estructuras óseas, formación de escamas, etc.) y su participación en la actividad catalítica enzimática [82, 83, 84, 85, 86].

Por tanto, los minerales son considerados micronutrientes indispensables que deben ingerirse en la dieta diaria, sobre todo en organismos que están en pleno crecimiento. Minerales como calcio, fósforo, potasio, cobre, zinc, hierro, manganeso y selenio son micronutrientes esenciales para la salud de los organismos acuáticos. Los alimentos acuícolas que contienen estos elementos esenciales, a menudo son adicionados a partir de una premezcla de minerales, ya que el suministro de éstos, en muchas ocasiones es inadecuado con el uso de alimentos comerciales, debido a que tanto su composición, fabricación y almacenamiento, repercuten en las cantidades existentes al momento de ser ingeridos [87, 88].

Por todo lo anterior, el presente trabajo se desarrolló con la finalidad de proponer nuevas alternativas en la alimentación y nutrición de especies acuícolas; para ello, se elaboraron cuatro ingredientes, empleando como materia prima especímenes de pez armado *Pterygoplichthys* spp., mismos que fueron procesados en ensilado químico, ensilado biológico, harina y pasta. Cada producto fue evaluado para corroborar si cumplen con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana (NOM), misma que regula los alimentos balanceados, ingredientes y productos alimenticios no convencionales, utilizados en la acuicultura [89].

Para ello, se comprobó en cada uno de los ingredientes, el contenido nutrimental de proteína cruda, extracto etéreo, humedad total, materia seca, así como cenizas totales, en base a lo establecido por Association of Official Analytical Chemists International (A.O.A.C.); además, se calculó la solubilidad de cenizas totales en agua, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, siguiendo los métodos descritos en las Normas Mexicanas (NMX), con la finalidad de conocer el porcentaje de minerales disponibles para ser absorbidos por parte de los organismos consumidores, sobre todo en aquellos que están en etapas iniciales de crecimiento y desarrollo.

También, fueron analizadas las cargas microbianas para conocer su inocuidad alimentaria, para lo cual se aplicaron los métodos establecidos para la determinación de hongos y levaduras, coliformes totales y Salmonella; asimismo, en los ingredientes tipo harina y en la pasta de pez armado, se cuantificaron las bacterias mesofílicas aeróbicas.

Por último, se realizaron los cálculos necesarios para estimar los costos implicados en la elaboración de cada uno de los ingredientes de pez armado propuestos en el presente trabajo, con la finalidad de valorar su factibilidad económica.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos (DAMR) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México. Se desarrollaron las actividades pertinentes en el Laboratorio de Nutrición Acuícola, Laboratorio de Bromatología, Laboratorio de Microbiología y el Área Experimental de Nutrición Acuícola.

El pez armado *Pterygoplichthys* spp. fue capturado en un cuerpo de agua natural (jagüey), ubicado en el ejido Miguel Hidalgo 1ra. Sección, perteneciente al municipio de Balancán, Tabasco; México. Para la captura de los especímenes, se utilizó como arte de pesca una red de arrastre de malla alquitranada de 10 m de longitud con una apertura de malla de 3 puntas y se aplicó el método de arrastre en la zona de captura.

Los organismos fueron trasladados a las instalaciones de la DAMR-UJAT, utilizando para ello, un tanque de plástico Rotoplas® con capacidad de 500 L, al cual se le implementó un sistema de aireación mediante la instalación de dos bombas portátiles marca Boyu®. Una vez que los organismos se encontraban en las instalaciones de la DAMR-UJAT, éstos fueron llevados al Área Experimental de Nutrición Acuícola y fueron introducidos en una pileta de concreto con capacidad para 8,000 L, donde se mantuvieron vivos en cuarentena, a fin de depurar el contenido estomacal y minimizar las cargas microbianas que suelen estar presentes en estas especies cuando son capturadas de los medios acuáticos naturales. Pasado el tiempo, se sometieron a un ayuno por 48 h, con la finalidad de vaciar el sistema digestivo y posteriormente, fueron sacrificados mediante la aplicación de un doble shock térmico en simultáneo (40°C y 4°C, respectivamente). Una vez sacrificados, los organismos se colocaron en un recipiente de plástico con capacidad de carga de 20 kg, se taparon y fueron conservados por espacio de 48 h en un refrigerador convencional Wirpool®.

Para la obtención del ingrediente tipo pasta de pez armado *Pterygoplichthys* spp., se hizo tomando 4.5 kg de la muestra inicial y se dividió en tres porciones iguales (1500 g cada una), los organismos fueron troceados utilizando un cuchillo grueso tipo hachuela, así como una tabla de cocina de plástico; al obtener el troceado, éstos se fueron colocando en un molino cárnico Torrey® modelo M-22-RW con capacidad de potencia de 1 HP, donde se molieron los trozos hasta obtener como producto final una pasta cárnica, a la cual se le adicionó 5% de ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) en grado alimenticio, para que actuara como antioxidante. Finalmente, el producto fue conservado en un refrigerador convencional.

En la elaboración del ensilado químico, se pesaron 4.5 kg de la muestra y se dividieron en tres porciones iguales (1500 g). Los peces se trocearon con un cuchillo tipo hachuela y una tabla de cocina de plástico convencional; una vez troceado, se introdujeron en un molino cárnico Torrey®, hasta obtener un producto tipo pasta, cada porción se colocó en recipientes de plástico con tapa hermética con capacidad de volumen de 2 kg; de esta forma, se tuvieron por triplicado las muestras, mismas que fueron mezcladas manualmente con la ayuda de una pala plana de madera para cocina, con la intención de homogenizar cada muestra. Inmediatamente, se le añadieron en cada una de ellas, una mezcla de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) en grado alimenticio, en proporción de 4:2 p/v, los cuales



fueron añadidos y mezclados lentamente para homogenizar. A continuación, se utilizó un potenciómetro marca Hanna® modelo HI83141, para ir ajustando el pH de cada muestra a 3. Durante los primeros cinco días, se estuvo monitoreando el pH de cada muestra cada 4 h, ya que los cambios de pH, se presentan continuamente, por lo que se debe mantener el medio, en base con el ajuste inicial de 3; pasado este tiempo, se siguió tomando la lectura del pH dos veces al día. Cada muestra se mantuvo en su recipiente de plástico con tapa hermética a temperatura ambiente, durante 30 días. Al final de este periodo, se obtuvo el producto final.

El ensilado biológico fue procesado inicialmente pesando 4.5 kg de muestra inicial y se partieron en tres porciones de 1500 g cada una, para luego proceder al troceado y molido de los organismos. Al obtener el producto tipo pasta, cada porción fue colocada dentro de un recipiente de plástico con tapa hermética con capacidad de volumen de 2 kg, para triplicar las muestras. Cada una de ellas fue mezclada de forma manual para su homogenización y luego se le agregó ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) para acidificar el medio a un pH de 3; luego, se adicionaron en cada recipiente 300 g de endulzante líquido comercial para que actuara como fuente de carbono para las bacterias lácticas, mismas que fueron proporcionadas con la adición a cada muestra de 200 g de yogurt natural. Al igual que el ensilado químico, el pH se estuvo ajustando a 3 cada 4 h, en los primeros cinco días después de su elaboración. Posteriormente, se monitoreó el pH dos veces al día. Cada muestra se conservó en un recipiente de plástico con tapa hermética a temperatura ambiente, por espacio de 30 días, hasta obtener el ingrediente deseado.

Para el procesamiento de la harina de *Pterygoplichthys* spp. se tomaron 4.5 kg de los peces sacrificados y se dividieron en tres porciones (1500 g cada una), para posterior ser troceados y molidos. Una vez que se obtuvo la pasta, se le adicionó ácido cítrico al 5% del peso total, para evitar la posible oxidación de grasas y para que actuara como conservador en el producto final. A continuación, la pasta fue distribuida en 12 charolas y se introdujeron en un deshidratador Excalibur®, programado a una temperatura de 60°C, durante 6 h. Una vez terminado el secado, se procedió a la molienda para obtener el producto en grado harinoso, empleando para esto un molino eléctrico para nixtamal con motor 1 HP y piedras de molienda No. 5. Una vez obtenida la harina, ésta se guardó en bolsas de plástico con cierre de jareta hermético y se conservó en refrigeración.

Una vez elaborado los cuatro ingredientes, se realizaron en cada uno de ellos los análisis proximales básicos por triplicado, en base con lo establecido por la Association of Official Analytical Chemists International [90], por lo que se determinó:

- Proteína cruda (981.10): Estimada a través del método Kjeldahl, utilizando un digestor Tecator®, para la digestión ácida y un destilador automático Tecator®, para la digestión alcalina, mientras que la titulación se hizo con una bureta automática con HCl a 0.1 N y se calculó el porcentaje proteico con un factor de conversión de 6.25.
- Extracto etéreo (920.39): Se aplicó el método Soxhlet con un equipo de extracción etérea, al cual se le agregó éter de petróleo para el lavado de las muestras, mismo que tuvo una duración de 4 h.
- Humedad total (930.15): Se valoró por el método de eliminación térmica del agua en cada muestra mediante el empleo de una estufa Binder®. Las muestras de harina y de papilla de *Pterygoplichthys* spp., fueron sometidas a 110°C por espacio de 4 h, mientras que ambos ensilados permanecieron a 110°C por espacio de 24 h, hasta la eliminación total de humedad mediante el peso constante de cada alícuota.
- Materia seca: Se calculó mediante la sumatoria de cada uno de los nutrimentos, con excepción de los resultados de humedad total.

- Cenizas totales (942.05): Fue empleado el método de incineración por ignición, usando una mufla Novatech<sup>®</sup>, para calcinar las muestras a 550°C durante 3 h.

Posteriormente, se realizaron los análisis por triplicado para comprobar la solubilidad de cenizas totales en agua (H<sub>2</sub>O), así como su insolubilidad en ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de sodio (NaOH), de acuerdo con las Normas Mexicanas; de este modo, se estimaron:

- Cenizas solubles en H<sub>2</sub>O [91]: Para cada ingrediente, se utilizaron 6 g de los residuos de cenizas totales previamente realizado, a fin de contar con la triplicación de resultados. Se colocaron 2 g de cenizas por cada crisol empleado, a los cuales se les adicionó 25 mL de agua destilada. Se colocaron en una placa de calentamiento hasta lograr su ebullición, se le agregó 1 gota silicón para evitar derrames de las muestras y se mantuvieron en esas condiciones por espacio de 5 min. Las alícuotas fueron pasadas a través de papel filtro y se lavaron con agua caliente. Luego, se dejaron enfriar y secar cada muestra en el papel filtro, los cuales se pusieron en crisoles de porcelana para ser incinerados en la mufla a 450°C por 15 min. La diferencia entre el peso de las cenizas totales y del peso final de las muestras calcinadas previamente diluidas en agua, representó las cenizas solubles en agua, expresadas en porcentaje.
- Cenizas solubles en HCl [92]: Se colocaron 2 g de los residuos de cenizas totales de cada muestra en un crisol de porcelana, al cual se le agregaron 25 mL de una solución de ácido clorhídrico con agua destilada (1:9), se colocaron los crisoles en una placa de calentamiento y se dejó hervir suavemente el contenido en cada uno de ellos, se cubrieron con un vidrio de reloj y permanecieron en esas condiciones durante 10 min. Luego se filtraron las muestras, se lavaron con agua caliente hasta obtener el filtrado neutro y se transfirieron a crisoles de porcelana, cada papel filtro que contenían el material filtrado y lavado, se secaron en una placa de calentamiento y se calcinaron a 550°C por 2.5 h. Pasado este tiempo, se pesaron los crisoles y se repitió la incineración por espacio de 30 min, hasta obtener el peso constante en cada muestra.
- Cenizas solubles en NaOH: Se colocaron 2 g de residuos de las cenizas totales de cada muestra en crisoles de porcelana y se añadieron 25 mL de una solución de hidróxido de sodio con agua destilada (1:9); luego, los crisoles se colocaron en una placa de calentamiento y se dejaron hervir suavemente su contenido, cubriendo cada uno con un vidrio de reloj y permanecieron así por 10 min. Inmediatamente, se filtraron las muestras, se lavaron con agua caliente hasta que el filtrado estuviera neutro y se trasladaron los crisoles de porcelana con el papel filtro que contenía las alícuotas a una placa de calentamiento para su secado. Finalmente, se incineraron en la mufla a 550°C por 2.5 h. Pasado este tiempo, se pesaron los crisoles y se repitió la incineración por espacio de 30 min, hasta obtener el peso constante de las muestras.

Los resultados obtenidos en cada uno de los análisis bromatológicos, así como los de solubilidad de cenizas, fueron comparados estadísticamente a través de una prueba de comparación de medias Tukey-Kramer a un  $\alpha$  de 0.05, empleando el software Minitab<sup>®</sup> versión 21, calculando también la desviación estándar. Los resultados obtenidos fueron determinados en base húmeda (BH), a fin de conocer los valores reales que se presentan en la composición nutricional de cada producto evaluado.

Para determinar la calidad microbiológica de los ingredientes, se aplicaron los métodos establecidos por las NOM, evaluando en cada ingrediente procesado, el contenido de hongos y levaduras [93], coliformes totales en placa [94] y Salmonella [95]. Cabe señalar que en los ingredientes de pasta y harina de *Pterygoplichthys* spp., también se valoró el contenido de bacterias mesofílicas aeróbicas, ya que, por la naturaleza y características propias del ingrediente, se debe conocer su contenido [96].

Los análisis nutrimentales y microbiológicos fueron desarrollados para determinar si los ingredientes cumplen con lo establecido para la regulación de los alimentos balanceados, ingredientes y productos alimenticios no convencionales utilizados en la acuicultura para su comercialización y consumo en México [97]. Además, en ambos análisis, se practicó la duplicidad experimental, con el propósito de corroborar los resultados obtenidos, así como el estandarizar la metodología desarrollada.

Además, se consideraron los costos implicados en la elaboración de cada ingrediente, los cuales se estimaron en base a la Ley de Porcentajes de Depreciación Anual, que se describe y fundamenta en la Ley de Impuestos sobre la Renta [98]. Se tomaron los costos y tiempo de uso de cada uno de los equipos, materiales y productos utilizados y se aplicó lo escrito en su sección II, Artículos 31, 32, 33, 34, 35 y 36, donde se considera que, para las inversiones como activos fijos, gastos y cargos diferidos, así como las erogaciones utilizadas en periodos preoperativos, se debe de considerar por estos conceptos, la aplicación del 8%, lo cual está corroborado en el Prontuario Fiscal Correlacionado [99]. Los Artículos de la Ley de Impuestos sobre la Renta, describen la aplicación de las depreciaciones al elaborar productos alimenticios y bebidas. Con la estimación de los costos, se observó en cada uno de los productos de pez armado, su viabilidad económica y con ello, la posibilidad de procesar ingredientes alternos que sustituyan de manera parcial o total, a los ingredientes convencionales empleados en la fabricación de alimentos comerciales, destinados para especies acuícolas. Los precios fueron estimados en moneda nacional mexicana por kilogramo de cada producto propuesto.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez desarrollado la metodología antes descrita para la elaboración de la harina, pasta, ensilado químico y ensilado biológico, empleando como materia prima especímenes de pez armado *Pterygoplichthys* spp. y realizar la evaluación de cada uno de ellos para conocer su contenido nutrimental básico, solubilidad de cenizas en agua, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, inocuidad microbiológica y costos de producción, se procedió a presentar los resultados más sobresalientes de la presente investigación, los cuales se describen a continuación.

En el caso de ambos productos tipo ensilado, se caracterizaron físicamente por ser ingredientes semisólidos con una textura pastosa-líquida, un color café pardo y presentando un olor tenue. Para el caso de la harina, está se caracterizó por tener un color café pardo-rojizo, textura en polvo al contacto y un olor fuerte y penetrante. Por su parte, la pasta de *Pterygoplichthys* spp., tuvo un olor a pescado moderado, un color rojizo oscuro, así como una textura suave. Estas características influyen en la aceptación de los alimentos por parte de las especies consumidoras, por lo que los productos evaluados pueden aportar algunas propiedades físicas en el alimento adicionado.

Al aplicar los métodos para la determinación de los análisis proximales básicos en cada uno de los productos de *Pterygoplichthys* spp., elaborados y evaluados, se pudo constatar que todos ellos contienen componentes nutrimentales aceptables para ser considerados en la elaboración de alimentos destinados para especies acuícolas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Contenido nutrimental en los cuatro productos de pez armado *Pterygoplichthys* spp.

<b>Análisis Proximal</b>	<b>Harina</b>	<b>Pasta</b>	<b>Ensilado Químico</b>	<b>Ensilado Biológico</b>
Humedad Total	07.15±1.32 <sup>d</sup>	42.56±2.14 <sup>c</sup>	48.06±2.81 <sup>a</sup>	45.51±1.06 <sup>b</sup>
Proteína Cruda	44.79±2.61 <sup>a</sup>	20.63±2.06 <sup>c</sup>	20.87±1.39 <sup>c</sup>	23.88±2.73 <sup>b</sup>
Extracto Etéreo	15.36±2.03 <sup>a</sup>	13.90±0.97 <sup>b</sup>	09.35±2.87 <sup>d</sup>	10.42±2.36 <sup>c</sup>
Cenizas Totales	32.70±1.94 <sup>a</sup>	22.91±3.01 <sup>b</sup>	21.72±2.63 <sup>c</sup>	20.19±1.27 <sup>d</sup>
Materia Seca	92.85±2.09 <sup>a</sup>	57.44±1.21 <sup>b</sup>	51.94±1.85 <sup>d</sup>	54.49±1.33 <sup>c</sup>



Como se puede observar en la Tabla 1, todos los productos presentaron contenidos nutrimentales muy aceptables, los cuales pueden contribuir con la nutrición de diversas especies acuícolas; sin embargo, la harina de pez armado obtuvo mayor porcentaje de proteínas, lípidos, cenizas totales y materia seca, mostrando resultados significativos en comparación con los otros tres ingredientes evaluados. No obstante, tanto la pasta como el ensilado químico y el ensilado biológico, su procesamiento es más sencillo y al ser productos húmedos pueden ser fácilmente incluidos en dietas completas, ya que esta característica física hace posible mayor homogenización en el mezclado de ingredientes.

Por otra parte, al realizar los análisis correspondientes a la solubilidad de cenizas en los cuatro ingredientes propuestos, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Porcentaje de cenizas solubles en los cuatro ingredientes de *Pterygoplichthys* spp.

Análisis de Cenizas	Harina	Papilla	Ensilado Químico	Ensilado Biológico
Totales	32.70±1.94 <sup>a</sup>	22.91±3.01 <sup>b</sup>	21.72±2.63 <sup>c</sup>	20.19±1.47 <sup>d</sup>
Solubles en H <sub>2</sub> O	07.52±1.82 <sup>a</sup>	05.91±2.11 <sup>b</sup>	05.12±1.36 <sup>b</sup>	04.69±2.03 <sup>b</sup>
Solubles en HCl	10.92±2.01 <sup>a</sup>	07.39±1.88 <sup>b</sup>	07.29±2.07 <sup>b</sup>	07.83±2.02 <sup>c</sup>
Solubles en NaOH	06.17±1.77 <sup>a</sup>	03.42±2.67 <sup>c</sup>	03.71±1.99 <sup>c</sup>	04.28±1.78 <sup>b</sup>
Insolubles	08.09±1.92 <sup>a</sup>	06.19±1.57 <sup>a</sup>	05.60±2.22 <sup>c</sup>	03.39±2.29 <sup>b</sup>

Los resultados evidencian que todos los productos elaborados y evaluados con el pez armado *Pterygoplichthys* spp., tienen un porcentaje elevado de solubilidad al final de los tratamientos con agua, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, siendo más solubles en el ensilado biológico, seguido del ensilado químico. Cabe recordar que esto se debe al proceso de fermentación que se desarrolla en ambos productos durante el tiempo de su procesamiento (30 días). También es importante señalar que los altos contenidos de cenizas totales se deben principalmente por su conformación estructural que presentan estos organismos, en los cuales se puede apreciar un desarrollo esquelético muy característico, sobre todo en la parte superior del cuerpo, donde se ubica la cabeza, la cual aparenta estar acorazada con una estructura ósea protectora.

En lo referente a los análisis microbiológicos y de acuerdo con lo establecido por las NOM, los cuatro ingredientes de pez armado *Pterygoplichthys* spp., presentaron una inocuidad alimentaria óptima (Tabla 3), ya que las cargas microbianas reportadas son mínimas para el caso de bacterias mesofílicas aeróbicas, así como en hongos y levaduras; además, estuvieron totalmente ausentes de coliformes totales y Salmonellas en todos los productos, lo cual se traduce en una alta seguridad alimentaria para el organismo consumidor de este tipo de ingredientes, pues los resultados garantizan su inocuidad.

**Tabla 3.** Resultados obtenidos en la evaluación microbiológica en los cuatro ingredientes propuestos.

Análisis Microbiológico	Harina	Pasta	Ensilado Químico	Ensilado Biológico
Bacterias mesofílicas aeróbicas	11 UFC g <sup>-1</sup>	13 UFC g <sup>-1</sup>	----	----
Hongos y levaduras	10	32	43	64
Coliformes totales	Ausente		Ausente	Ausente
Salmonella	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

En cuanto al análisis de los costos (Tabla 4), los ingredientes presentaron factibilidad, por lo que su adición en alimentos acuícolas es una alternativa que permite sustituir de manera parcial o total los ingredientes convencionales que se emplean en la industria de alimentos comerciales.

**Tabla 4.** Estimación de los costos para cada uno de los ingredientes elaborados con *Pterygoplichthys* spp.

Ingrediente	Equipos, Materiales y Materia Prima	Cantidad	Costo	Depreciación
<b>Harina</b> Total \$71.65 M.N.	♦ Molino cárnico	1	\$3699.90	\$0.81
	♦ Balanza eléctrica	1	\$1590.00	\$0.34
	♦ Estufa	1	\$3090.00	\$0.67
	♦ Deshidratador	1	\$5990.00	\$1.31
	♦ Cuchillo	1	\$89.00	\$0.02
	♦ Tabla de cocina	1	\$50.00	\$0.02
	♦ Envase	1	\$30.00	-----
	♦ Pez armado	1000 g	\$15.00	-----
	♦ Hielo	½ barra	\$15.00	-----
	♦ Electricidad	520 kW/h	\$8.48	-----
<b>Pasta</b> Total \$61.66 M.N.	♦ Molino cárnico	1	\$3699.90	\$0.81
	♦ Balanza eléctrica	1	\$1590.00	\$0.34
	♦ Estufa	1	\$3090.00	\$0.67
	♦ Cuchillo	1	\$89.00	\$0.02
	♦ Tabla de cocina	1	\$50.00	\$0.02
	♦ Envase	3	\$30.00	-----
	♦ Pez armado	1000 g	\$15.00	-----
	♦ Hielo	½ barra	\$15.00	-----
<b>Ensilado Químico</b> Total: \$74.36 M.N.	♦ Molino cárnico	1	\$3959.90	\$0.81
	♦ Balanza electrónica	1	\$1590.00	\$0.34
	♦ Estufa	1	\$3090.00	\$0.67
	♦ Cuchillo	1	\$89.00	\$0.02
	♦ Tabla de cocina	1	\$50.00	\$0.02
	♦ Hielo	½ barra	\$15.00	-----
	♦ Ácido sulfúrico	40 mL	\$2.50	-----
	♦ Ácido cítrico	20 g	\$10.00	-----
	♦ Envase	3	\$30.00	-----
	♦ Pez armado	1000 g	\$22.50	-----
<b>Ensilado Biológico</b> Total: \$77.76 M.N.	♦ Molino cárnico	1	\$3959.90	\$0.81
	♦ Balanza electrónica	1	\$1590.00	\$0.34
	♦ Estufa	1	\$3090.00	\$0.67
	♦ Cuchillo	1	\$89.00	\$0.02
	♦ Tabla de cocina	1	\$50.00	\$0.02
	♦ Envase	3	\$30.00	-----
	♦ Hielo	½ barra	\$15.00	-----
	♦ Ácido acético	120 mL	\$4.90	-----
	♦ Endulzante líquido	100 mL	\$6.00	-----
	♦ Yogurt	50 g	\$5.00	-----
♦ Pez armado	1000 g	\$15.00	-----	

En base a los resultados obtenidos, se pudo discutir que:

Aunque el pez armado *Pterygoplichthys* spp., es considerada una especie invasora y nociva en México, debido a que en diversos ecosistemas acuáticos naturales, su biodiversidad se ha visto amenazada por la presencia de estas especies [100]; no obstante, se han desarrollado varias iniciativas para el aprovechamiento de este recurso íctico y que a la vez, mitigue los impactos ecológicos en las zonas acuáticas que habitan, tal como la implementación de empresas procesadoras de harina [101], su empleo en el campo gastronómico [102, 103], así como su utilización como alimento en criaderos de cocodrilos y zoológicos [104]. En este sentido, la investigación desarrollada tuvo como finalidad primordial, la creación de cuatro nuevas alternativas para el aprovechamiento del pez armado, las cuales

puedan contribuir a mitigar los problemas ecológicos que se han descrito por su presencia en aguas territoriales mexicanas.

Diversos estudios han evidenciado que las especies de *Pterygoplichthys* spp., contienen componentes con alto valor nutrimental como son las proteínas y la presencia de omega-3 [105], así como el presentar un elevado contenido de cenizas, que se traduce en minerales [106, 107]. Investigaciones realizadas sobre el contenido nutrimental de estas especies, han mostrado que la masa muscular en diversos especímenes de *Pterygoplichthys* spp. presentan entre 15.3% hasta 22.7% de proteína, lo cual demuestra su viabilidad para ser utilizado como alimento, ya sea para consumo humano, como para diversas especies de animales terrestres y acuáticos [108, 109, 110, 111, 112]. De acuerdo con los resultados obtenidos, los contenidos nutrimentales y la calidad microbiológica de cada uno de los ingredientes propuestos, mostraron las bondades de estos organismos, para ser aprovechados como una alternativa factible en la elaboración de alimentos acuícolas balanceados.

Con respecto a las evaluaciones que se han realizado particularmente para la nutrición de especies acuáticas cultivadas, varios trabajos han evidenciado la factibilidad que tienen los diversos usos de *Pterygoplichthys* spp., para su inclusión como ingrediente en dietas acuícolas [113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120], tal es el caso de la presente propuesta.

En cuanto a la solubilidad de cenizas que presentaron los cuatro productos elaborados y evaluados, los resultados que se muestran son inéditos, ya que si bien se han reportado las cenizas totales y el porcentaje de éstas es elevado, no se han hecho estudios que permitan conocer su solubilidad y con ello, determinar su aprovechamiento mediante la absorción de los minerales presentes por parte de los organismos. Diversos autores [121, 122, 123, 124] han enfatizado en la realización de diversos estudios sobre los componentes nutrimentales que pueden estar presentes en los ingredientes no convencionales, con la finalidad de determinar sus aportaciones en la nutrición de las diversas especies acuáticas y así aprovecharlos mediante su adición en dietas acuícolas completas.

#### IV. CONCLUSIONES

Se concluyó que la inclusión de los cuatro productos elaborados y evaluados con *Pterygoplichthys* spp., es posible para la elaboración de alimentos acuícolas, ya que, de acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que los contenidos nutrimentales en cada uno de ellos son aceptables para cubrir las necesidades de diversas especies acuícolas. Además, se constató que todos estos ingredientes cuentan con una óptima inocuidad microbiológica, por lo que su adición en dietas acuícolas, no repercute de manera negativa en la salud de los organismos. Es importante destacar que pese a que los contenidos de cenizas totales en todos los productos elaborados y evaluados son relativamente altos, también presentan un elevado porcentaje de solubilidad en agua, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, lo que puede representar una gran ventaja para los organismos, ya que a nivel metabólico las cenizas constituyen los minerales presentes en un producto o alimento, por lo que su inclusión en dietas acuícolas podría ser de gran utilidad, sobre todo para proporcionarlos en las primeras etapas de crecimiento, pues en estos estadios, es donde los organismos requieren mayores cantidades de minerales para su crecimiento y desarrollo, sin dejar a un lado su participación como sustratos enzimáticos; sin embargo, es importante continuar con este tipo de estudios, para determinar con precisión qué minerales se encuentran en estos ingredientes y en que proporciones se encuentran para definir con certeza los beneficios que aportan a la nutrición de los organismos acuáticos bajo cultivo.

## REFERENCIAS

- [1] F.A.O. (2022). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Hacia la transformación azul. Roma, Italia: Departamento de Pesca y Acuicultura, F.A.O. En: <https://doi.org/10.4060/cc0461es>. Fecha de consulta: 05/03/2023.
- [2] Ceballos, B.J. y Galindo, L.J. (2006). Dietas prácticas para el cultivo de *Litopenaeus schmitti*: Una revisión. Comportamiento post-destete en crías porcina tratadas homeopáticamente. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(12), 1-12.
- [3] 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*, VII (7), 1-16.
- [4] 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.
- [5] Guevara, C.E. (2009). Estudio de factibilidad y puesta en marcha de una empresa productora y comercializadora de mojarra roja. Municipio de Bucaramanga, Colombia. En: [http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/609/1/digital\\_18284.pdf](http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/609/1/digital_18284.pdf). Fecha de consulta: 27/04/2022.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Civera, R., Galicia, A., Nolasco, H., Goytortúa, E., Cruz, S.L.E., Ricque, D.M., Moyano, F., Tovar, D., Palacios, E. y Álvarez, A. (2010). Uso del cártamo (*Carthamus tinctorius*) como ingrediente en alimentos para juveniles del camarón *Litopenaeus vannamei*. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Nieto, L.M., Villarreal, C.D.A. y Gamboa, D.J. (Eds), *Avances en Nutrición Acuícola X. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México. Universidad Autónoma de Nuevo León. P. 393-466.
- [10] Fabián, C.L.E., Casas, L.J.L., Fernández, S.A.D., Rodríguez, F.R., Ramírez, L.H., Chávez, G.A., Vázquez, L.O. y Duran, A.S. (2015). Desarrollo de alimentos formulados para especies acuícolas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 40-48.
- [11] 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*.
- [12] 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. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Nieto, L.M., Villarreal, C.D.A. y Gamboa, D.J. (Eds), *Avances en Nutrición Acuícola X. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México. Universidad Autónoma de Nuevo León. P. 393-466. P. 467-484.
- [13] 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.
- [14] 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.

- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] F.A.O. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura: La sostenibilidad en acción. Roma, Italia: FAO.
- [18] Jones F.T. (2000). Quality control in feed manufacturing. *Feedstuffs*, 72(29), 85-89.
- [19] 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. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Nieto, L.M., Villarreal, C.D.A. y Gamboa, D.J. (Eds), *Avances en Nutrición Acuícola X. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México. Universidad Autónoma de Nuevo León. P. 393-466. P. 467-484.
- [20] Oliva, T.A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83-108.
- [21] Olvera, N.M. (2002). Ingredientes alimentarios. Nutrición y alimentación de tilapia. Mérida, Yucatán; México: Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN, Unidad Mérida.
- [22] Escobar, B.L., Olvera, N.M.A. y Puerto, C.C. (2006). Avances sobre la ecología microbiana del tracto digestivo de la tilapia y sus potenciales implicaciones. *Avances en nutrición acuícola VIII. Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México. Universidad Autónoma de Nuevo León. P. 970-986.
- [23] García, O.A., Muy, R.D., Puello, C.A., Villa, L.Y., Escalante, R.M. y Preciado, I.K. (2010). Uso de ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Nieto, L.M., Villarreal, C.D.A. y Gamboa, D.J. (Eds), *Avances en Nutrición Acuícola X. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México. Universidad Autónoma de Nuevo León. P. 393-466. P. 321-340.
- [24] Fabián, C.L.E., Casas, L.J.L., Fernández, S.A.D., Rodríguez, F.R., Ramírez, L.H., Chávez, G.A., Vázquez, L.O. y Duran, A.S. (2015). Desarrollo de alimentos formulados para especies acuícolas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 40-48.
- [25] Faillace, B.J.F., Vergara, R. y Suarez, A. (2016). Evaluación de una fórmula alimenticia para camarón de cultivo (*L. vannamei*) con inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya. *AquaTIC*, (44), 12-29.
- [26] Dong, F.M. & Hardy, R.W. (2000). Feed evaluation, chemical. In: Stickney, R.R. (Editor). New York, USA: Encyclopedia of Aquaculture, John Wiley y Sons Inc.
- [27] Watanabe, T. (2002) Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68(2), 242-252.
- [28] Hardy, R.W. (2010) Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770-776.
- [29] Fabián, C.L.E., Casas, L.J.L., Fernández, S.A.D., Rodríguez, F.R., Ramírez, L.H., Chávez, G.A., Vázquez, L.O. y Duran, A.S. (2015). Desarrollo de alimentos formulados para especies acuícolas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 40-48.
- [30] Rodríguez, D. (2020). Nutrición y alimentación en acuicultura. Fundamentos de acuicultura continental, 3<sup>ra</sup> Edición, Tomo I. Daza, P., Landines, P. y Aunap, M. (Eds). Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.
- [31] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), México. (2017). Plan de monitoreo y control del pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en la RBLT en la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas. Proyecto 089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la implementación de la estrategia Nacional de EEI”. + 1 Anexo. En: Vega, R.B.I., Terán, G.G. J., Luna, A.L.A. y Martínez, R.G.E. Xalapa, Veracruz; México: Fomento Ecológico y Social, A. C.



- [32] McNeely, J. (2001). Invasive species: A costly catastrophe for native biodiversity. *Land Use and Water Resources Research*, 1(2), 1-10.
- [33] Ruzycki, J., Beauchamp, D. & Yule, D. (2003). Effects of introduced lake trout on native cutthroat trout in Yellowstone Lake. *Ecology Application*, 13(1), 23-37.
- [34] Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis, Washington, D.C., USA: World Resource Institute.
- [35] Zambrano, L. & Macías, G.C. (2000). Impact of introduced fish for aquaculture in Mexican freshwater systems, In Leach, C.R. (Ed.), Nonindigenous freshwater organisms: Vectors, biology and impacts. Boca Raton, Florida, USA: Lewis Publishers.
- [36] McDowall, R. (2006). Alien salmonids and a biodiversity crisis in the southern cool-temperate Galaxioid fishes? *Journal Fish Biology Fisheries*, 16, 233-422.
- [37] Contreras, B.S., Almada, V.P., Lozano, V.M. & García, R.M. (2003). Freshwater fish at risk or extinct in Mexico. *Journal Fish Biology Fisheries*, 12, 241-251.
- [38] Castro, D.P., Valladares, F. y Alonso, A. (2004). La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas*, 13(3), 61-68.
- [39] Okolodkov, Y.V., Bastida, Z.R., Ibáñez, A.L., Chapman, J.W., Suárez, M.E., Pedroche, F. y Gutiérrez, M. F.J. (2007). Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar*, 11,29-67.
- [40] Mendoza, R. (2004). Introduction of invasive aquatic species on the inland waters ecosystems of Mexico. In Meyerson, L.K. (Ed.), The ecological and Socioeconomic Impacts of Invasive Alien Species on Island Ecosystems: Report of an expert's consultation. Washington, D.C., USA: Global Invasive Species Program.
- [41] Mendoza, R., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J., Contreras, S., Courtenay, W., Koleff, P., Mandrak, N., Álvarez, P., Arroyo, M., Escalera, C., Guevara, A., Greene, G., Lee, D., Orbe, A., Ramírez, C. & Stabridis, O. (2009). Trinational risk assessment guidelines for aquatic alien invasive species. Montreal: Commission for Environmental Cooperation.
- [42] Mejía, M.H., Rodríguez, R.F. y Díaz, P.E. (2012). Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, México. *Biología Tropical*, 60(2), 1-13.
- [43] Mendoza, R. y Koleff, P. (2014). Especies acuáticas invasoras en México. CDMX, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- [44] 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.
- [45] Marengo, C.Y. (2010). El pez diablo: Una especie exótica invasora. *Biocenosis*, 23(2), 16-19.
- [46] Escalera, G.C. y Arroyo, D.M. (2005). Caracterización fisicoquímica del *Plecostomus* spp. y alternativas de utilización. *Informe Técnico*. CDMX, México; COMPESCA.
- [47] Armbruster, J.W. & Page, L.M. (2006). Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of Pterygoplichthys (Siluriformes: Loricariidae). *Neotropica Ichthyology*, 4 (4), 401-410.
- [48] Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Alvarez, P. y Aguilar, V. (2007). Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*, 70:1-5.
- [49] Mendoza, R., Escalera, C., Contreras, S., Koleff, P., Ramírez, C., Álvarez, P., Arroyo, M. y Orbe, A. (2009). Invasión de plecos en la presa El Infiernillo, México: Análisis de efectos socioeconómicos (relato de dos invasores). En: Mendoza *et al.* (Eds.), Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (Channidae) y el pleco (Loricariidae) en aguas continentales de América del Norte. Montreal, Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- [50] Pereira, R.P., dos Santos, C.H.D.A., Nascimento, P.R.M., Clímaco, G.T., Sousa, A.C.B., Campos, T., Vergueiro, J.A., Silva, M.P. & Almeida, V.V.M.F. (2012). Isolation of microsatellite loci in the Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelneau, 1855) (Teleostei: Loricariidae). *Conservation Genetics Resources*, 4 (4), 889-891.

- [51] Herrera, S.D. y Molina, A.A.M. (2011). Peces diablo (Teleósteo: Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. *Biocenosis*, 25 (1-2), 79-86.
- [52] Guzmán, A.F. y Barragán, S.J. (1997). Presencia de bagres sudamericanos (Osteichthyes: Loricariidae) en el Río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana*, 3, 1-4.
- [53] Wakida, K.A.T., Ruiz, C.R. & Amador del Á.L.E. (2007). Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae) another exotic species established in Southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 52, 141-144.
- [54] Wakida, K.A.T. & Amador, del Á.L.E. (2011). Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 870-878.
- [55] Vega, R.B., Ayala, P.L., Terán, G.J. y Martínez, R.G. (2016). El pez diablo en México: Protocolo de prevención, detección temprana y control. CDMX, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- [56] Cano, S.M.P. (2011). El plecos (*Pterygoplichthys* spp.): Su invasión y el abordaje de las cooperativas balcanenses. *Tesis de Doctorado*. Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR. Villahermosa, Tabasco.
- [57] Cruz, L.Z. (2013). Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa y primeros registros de su distribución en la cuenca baja de Coatzacoalcos, Veracruz, México. *Tesis de Licenciatura*. Acayucan, Veracruz; México: Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria de la Universidad Veracruzana.
- [58] Hoover, J., Killgore, J. y Cofrancesco, A. (2004). Bagres boca de succión: ¿Amenazas para los ecosistemas acuáticos de los Estados Unidos? *Aquatic Nuisance Species Research Bulletin*, 4-1.
- [59] Armbruster, J.W. y Page, L.M. (2006). Redescrición de *Pterygoplichthys punctatus* y descripción de una nueva especie de *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae). *Ictiología Neotropical*, 4, 401-409.
- [60] Simonovic, P., Nikolic, V. y Grujic, S. (2011). Bagre de aleta vela del Amazonas *Pterygoplichthys pardalis* (Castellnnau, 1855) (Loricariidae, Siluriformes), una nueva especie de pez registrada en la sección serbia del río Danubio. *Bioteconología y Bioteconología EQ, Edición Especial On Line*, 655-660. En: [http://www.diagnosisp.com/dp/journals/view\\_pdf.php?journal\\_id=1&archive=1&issue\\_id=27&article\\_id=1027](http://www.diagnosisp.com/dp/journals/view_pdf.php?journal_id=1&archive=1&issue_id=27&article_id=1027). Fecha de consulta: 22/12/22.
- [61] Rueda, J.R.A., Campos, M.A., Arreguín, S.F., Díaz, P.E. & Martínez, P.C.A. (2013). The biological and reproductive parameters of the invasive armored catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* from Adolfo López Mateos El Infiernillo Reservoir, Michoacán-Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 318-326.
- [62] Fenerich, P.C., Foresti, F. & Oliveira, C. (2004). Nuclear DNA content in 20 species of Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi) from the Neotropical region. *Genetic and Molecular Biology*, 27, 350-354.
- [63] Wakida, K.A, Ruíz, C. & Amador, del Á.L.E. (2007). Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae), another exotic species established in southeastern Mexico. *Southern Natural*, 52, 141-144.
- [64] Torres, C.I.L., Vega, C.M.E, Schmittter, S.J.J, Palacio, A.G, y Rodiles, H.R. (2008). Ictiofauna de sistemas cársticos-palustres con impacto antrópico: Los Peténes de Campeche, México. *Revista Biología Tropical*, 57, 141-157.
- [65] Escalera, C. y Arroyo, M. (2006). Caracterización fisicoquímica y alternativas de utilización del *Plecoss* spp. en la presa El Infiernillo. *Informe Final*. Morelia, Michoacán: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán.
- [66] 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.

- [67] Tenorio, F.L. (2009). Obtención de un alimento balanceado extruido a partir de harina de pescado proveniente de *Plecostomus punctatus*. *Tesis de Posgrado*. CDMX, México: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- [68] 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, Tabasco; México. P. 89-94.
- [69] 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 1<sup>er</sup>. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 2<sup>do</sup>. Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Tenosique, Tabasco; México. P. 120-124.
- [70] Arroyo, D.M., Escalera, G.C. y Moncayo, E.R. (2012). Utilización de la harina de troncho del *Pterygoplichthys* spp., como ingrediente en alimento para tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, VII Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica y X Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular*. Ixtapan, Zihuatanejo, Guerrero; México. P. 1-6.
- [71] 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. P. 201-211.
- [72] García, H.A., Castillo, Z.R.I., López, O.S., Ramos, J.J.A., Graillet, J.E.M., Brito, V.H., Osorio, O.R., Ulín, M.F. y Salinas, H.R.M. (2020). Producción, características fisicoquímicas y perfil sensorial de leche de búfalas suplementadas con ensilado de pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(57), 1-13.
- [73] 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.
- [74] Iturbe, F. y Sandoval, J. (2011). Análisis de alimentos: Fundamentos y técnicas. CDMX, México: Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- [75] Barquero, M. (2012). Análisis proximal de los alimentos. 1<sup>ra</sup>. Edición. Ciudad de Montes de Oca, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- [76] Rea, P.H. (2017). Manual de prácticas de la unidad de aprendizaje de bromatología. Tepic, Nayarit; México: Universidad Autónoma de Nayarit y ECORFAN.
- [77] Méndez, V.L.M. (2020). Manual de prácticas de análisis de alimentos. Xalapa, Veracruz; México: Facultad de Química Farmacéutica Biológica de la Universidad Veracruzana.
- [78] Ortega, A.R.M., López, S.A.M., Requejo, M.A.M. y Carbajales, P.A. (2004). La composición de los alimentos. Madrid, España: Editorial Complutense.
- [79] Castanheira, I., Robb, P., Owen, L., Der Boer, H., Schmit, J., Ent, H. & Calhan, M.A. (2007). A proposal to demonstrate a harmonized quality approach to analytical data production by EuroFIR. *Journal Food Composition Anal*, 20, 725-732.
- [80] Ros, G., Martínez de V.E. & Farrán, A. (2009). Spanish food composition database: A challenge for a consensus. *Food Chemistry*, 113, 789-794.
- [81] Sales, J. & Janssens, G. (2003). Nutrient requirements of ornamental fish. *Aquatic Living Resources*, 16(6), 533-541.
- [82] Yousefian, M., Gharaati, A., Hadian, M., Hashemi, S., Navazandeh, A. & Molla, A. (2012). Food requirements and dietary in aquarium fish (Review). *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2(3), 112-120.

- [83] Fracalossi, D. e Cyrino, J. (2013). Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis, Brasil: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática.
- [84] Gutiérrez, E.M.C., Velasco, G.J.S. y León, M.C.A. (2019). Revisión: Necesidades nutricionales de peces de la familia Pimelodidae en Sudamérica (Teleostei: Siluriformes). *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 146-163.
- [85] Velasco, G.J.S. y Gutiérrez, E.M.C. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista Politécnica*, 15(30), 82-93.
- [86] Bury, N.R., Walker, P.A. & Glover, C.N. (2003). Nutritive metal uptake in teleost fish. *Journal Experimental Biology*, 206, 11-23.
- [87] Escalera, C. y Arroyo, M. (2006). Caracterización fisicoquímica y alternativas de utilización del *Plecus* spp. en la presa El Infiernillo. *Informe Final*. Morelia, Michoacán: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán.
- [88] Davies, S.J., Rider, S. & Lundebye, A.K. (2010). Selenium and zinc nutrition of farmed fish: New perspective in feed formulation to optimise health and production. In: Bury, NR, and Handy, RD (Eds) surface chemistry, bioavailability and metal homeostasis aquatic organisms: An integrated approach. London, England: SEB.
- [89] NOM-021-PESC-1994. Proyecto de Norma 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.
- [90] Association of Official Agricultural Chemists. (2016). Official methods of analyses. Washington, D.C., USA: The Association of Official Analytical Chemists, 20th Edition.
- [91] NMX-F-260-1978. Determinación del porcentaje de las cenizas solubles e insolubles en té y productos similares. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [92] NMX-F-327-1979. Determinación del porcentaje de las cenizas insolubles en ácido clorhídrico del té y productos similares. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [93] NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [94] NOM-113-SSA2-1994. Determinación de bacterias coliformes. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [95] NOM-114-SSA1-1994. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [96] NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [97] NOM-021-PESC-1994. Proyecto de Norma 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.
- [98] Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2021). Ley de Impuestos sobre la Renta. CDMX, México: Cámara de Diputados.
- [99] Prontuario Fiscal Correlacionado. (2023). Ley de impuesto sobre la renta. Ixtapaluca, Estado de México; México: Cosegraf.
- [100] Ayala, P.L.A., Vega, R.B.I, Terán, G.G.J. y Martínez, R.G.E. (2015). El pez diablo en México: Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros. CDMX, México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, *Casa Abierta al Tiempo*.
- [101] Morales, J., Vidal, A. y Pérez, B. (2016). El aprovechamiento de potencialidades locales: La creación de una microempresa procesadora de pez diablo (*Hypostomus plecostomus*) en Jalpa de Méndez, Tabasco; México. *Revista Internacional de Economía y Gestión de las Organizaciones*, 3(2), 1-11.
- [102] Pérez, Ch.R, Rosado, V.I.J., Maldonado, E.E.J., González, C.N., Cuenca, S.C.A., Pascual, C.H. y Jiménez, V.R. (2017). Evaluación sensorial de galletas adicionadas con harina de pez diablo. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(6), 99-107.



- [103] Álvarez, P.N., Sánchez, A., Florido, R. & Salcedo, M. (2008). First record of South American suckermouth armored catfishes (Loricariidae, *Pterygoplichthys* spp.) in the Chumpan River system, southeast Mexico. *BioInvasions Records*, 4(4), 309-314.
- [104] Velázquez, E., López, J. y Romero, E. (2017). El pez diablo: Especie invasora en Chiapas. *Lacandonia*, 7(1), 99-104.
- [105] Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [CONAPESCA] (2011). Anuario estadístico de acuacultura y pesca. CDMX, México: SAGARPA.
- [106] Silva, J.F.X., Ribeiro, K., Silva, J., Cahú, T. & Bezerra, R. (2014). Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. *Animal Feed Science and Technology*, 196, 96-106.
- [107] Fonseca, H.R. y Vargas, P.A. (2018). Estudio de factibilidad del aprovechamiento económico de una especie invasora *Hypostomus plecostomus* en el humedal de Caño Negro, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*. 10 (2), 31-49.
- [108] Salas, G. & Ornelas, S. (2010). Use of acid “armed fish” (*Pterygoplichthys* spp.) silage in pigs feeding. *Journal of Biotechnology*, 150, 129-142.
- [109] Ramírez, A.E.O., Méndez, L.N., Castañon, G.J.H., Lagunas, R.S., Farrera, A.R., Rosales, Q.A. y Villalobos, M.J.J. (2018). ¿Es comestible el pez diablo (*Hypostomus plecostomus* L.), que habita en el ecosistema de Plan de Ayala, Ostuacán, Chiapas? *Agroproductividad*, 11(12), 85-90.
- [110] Mohanty, B.P., Mahanty, A., Ganguly, S., Mitra, T., Karunakaran, D. & Anandan, R. (2019). Nutritional composition of food fishes and their importance in providing food and nutritional security. *Food Chemistry*, 293, 561-570.
- [111] Castañeda, V.D., Castro, F.Y. y Ovando, Ch.S.L. (2019). Pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*): ¿Una plaga con potencial para el aprovechamiento agroindustrial? *Academia Journals*, 11(5), 13-22.
- [112] Zaragoza, V.E., Ruíz, C.S.I., García, M.H. y Lucho, C.G.G. (2022). Análisis bromatológico de la carne de pez diablo *Hypostomus plecostomus*, para su aprovechamiento. *Revista Ingeniantes*, 1(2), 31-34.
- [113] 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.
- [114] Díaz, J.L.E. (2011). Evaluación de harina de *Plecostomus* spp. y harina de *Loligo* spp. empleadas como fuentes proteicas para el crecimiento de crías de *Petenia splendida*. *Tesis de Licenciatura*. Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México: División Académica Multidisciplinaria de los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- [115] 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, Tabasco; México. P. 89-94.
- [116] 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. P. 201-211.
- [117] Filigrana, C.G. (2016). Uso de la harina de pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en la alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Tesis de Posgrado*. Villahermosa, Tabasco; México: Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR).
- [118] Mendiola, C.J.V.H., Vera, Q.F.C., Ara, Ch.S.C. y Barceló, G.V.M. (2017). Productos de *Pterygoplichthys* spp., para su empleo en la alimentación acuícola. En: Salud, Educación, Sociedad y Economía en la Frontera Sur de México. Márquez, R.F.J., (Editor). Balancán, Tabasco; México: Instituto Tecnológico Superior de los Ríos e Instituto Politécnico Nacional.
- [119] Mendiola, C.J., Vera, Q.F., Alpuche, P.A. y Ramos, F.J. (2018). Análisis nutrimental, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(6), 12-24.
- [120] 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.



- [121] Bureau, D.P. (2004). Factors affecting metabolic waste output in fish. En: Cruz, S.L.E., Rique, Nieto, M.D., Villarreal, L.M.G., Scholz, U. y González, M. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora, México. P. 202-214.
- [122] Smith, D.M., Tabrett, S.J., Barclay, M.C. & Irvin, S.J. (2005). The efficacy of ingredients included in shrimp feeds to stimulate intake. *Aquaculture Nutrition*, 11, 263-272.
- [123] Glencross, B.D., Booth, M. & Allan, G.L. (2007). A feed is only as good as its ingredients. A review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13, 17-34.
- [124] Álvarez, C.J.S. y Pelegrin, M.E. (2011). Nutrición y salud en animales acuáticos. *Memorias del VII Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias*. La Habana, Cuba. P. 1-6.