

Propuesta de un alimento no convencional para crías de tilapia gris *Oreochromis niloticus*

Carlos Orrego-García, Alejandro Alpuche-Palma, Heradia Pascual-Cornelio, Edy Pérez-Vera, Daniela Montero-Anaya, Francisco Rodríguez-Flores y Jorge Mendiola-Campuzano*

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Tenosique de Pino Suárez, Tab.; México

*Autor de correspondencia: jorge.mendiola@ujat.mx

Abstract— Aquaculture is in constantly growing activity, although aspects such as the nutrition and feeding in crops increase production costs. In this research, a food for *Oreochromis niloticus* was prepared, in which its nutritional content and microbiological safety were evaluated, which were compared with a commercial food. Also, its production costs were estimated. It was observed that the nutritional content covers the needs of the species under study and presents optimal safety; Regarding costs, these can reduce production costs, so it was concluded that the food is a viable option for use in feeding gray tilapia fry.

Keyword— Evaluation, Nutritional, Microbiological, Costs, Food, Tilapia.

Resumen— La acuicultura es una actividad en evolución, aunque aspectos como la nutrición y alimentación de los organismos cultivados elevan los costos productivos. En este trabajo, se elaboró un alimento experimental con ingredientes alternos para la alimentación de crías de tilapia *Oreochromis niloticus*, evaluando su contenido nutricional y microbiológico, lo cual fue comparado con un alimento comercial. Además, se estimaron sus costos de elaboración. Los resultados mostraron que el alimento cumple con los requerimientos nutricionales y cuenta con una inocuidad óptima; en cuanto a los costos, estos pueden disminuir los costos de producción, por lo que se concluyó que el alimento experimental es una opción viable para su inclusión en la alimentación de crías de tilapia gris.

Palabras claves— Evaluación, Nutricional, Microbiológica, Costos, Alimento, Tilapia.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a través de la acuicultura se viene desarrollando el cultivo de diversas especies acuáticas, cuya finalidad es la obtención de alimentos con un alto valor nutricional que se puedan producir en poco tiempo, lo cual permitan abastecer la demanda de productos acuícolas en el mercado; aunado a lo anterior, mediante esta actividad se realizan producciones con diversos fines: recreativos (ornamentales y pesca deportiva), educativos, de conservación y repoblación, trayendo beneficios por la generación empleos y recursos económicos; sin embargo, su principal reto es el tener la capacidad de proveer de productos acuícolas a los mercados de manera puntual, con el propósito de incrementar el consumo *per cápita*, así como el aportar más alimentos por el crecimiento demográfico y así, ser una alternativa real para combatir el hambre, sobre todo en las poblaciones más vulnerables, en donde se requiere que la acuicultura pueda abastecer de alimentos con la cantidad y calidad necesaria; sumado a ello, la acuicultura debe practicarse bajo un enfoque sostenible, con la finalidad de ser una actividad amigable y saludable con el ambiente y las generaciones futuras, con productos de alto valor nutricional y bioseguros, por lo que es indispensable diversificar los cultivos, las técnicas, métodos y tecnologías, mismas que deben ser empleadas de manera eficiente [1, 2, 3, 4].

No obstante, a pesar de que en los últimos años, la producción acuícola viene presentando una tasa de crecimiento anual promedio del 14%, su desarrollo y consolidación dependen de la generación de nuevos conocimientos y su efectividad práctica, sobre todo en las áreas de sanidad y nutrición acuícola, siendo

ésta última un área clave para su desarrollo, ya que incide directamente en la producción, pues a través de ella se mejora el crecimiento y desarrollo de las especies acuícolas cultivadas en cada ciclo productivo [5, 6, 7, 8].

En particular, la nutrición y alimentación acuícola practicada en las unidades productivas, suelen representar los costos más elevados, mismos que pueden estar oscilando entre el 40 al 60% de los costos totales de producción, debido al uso de alimentos comerciales, los cuales para su elaboración, se les adiciona como ingredientes básicos la harina y el aceite de pescado, los cuales aportan los nutrimentos elementales como aminoácidos, ácidos grasos polinsaturados, vitaminas y minerales, así como de un significativo aporte energético; aunado a lo anterior, se deben de considerar sus características físicas como: atractabilidad, palatabilidad, textura y digestibilidad, ya que estas características inciden en la aceptación o rechazo de los alimentos por parte de los organismos cultivados. En la actualidad, ambos insumos presentan indudablemente un desequilibrio entre oferta y demanda, debido a las malas prácticas de sobreexplotación de los organismos acuáticos, lo que se traduce en la disminución de éstas materias primas, así como una mayor exigencia de cantidades de estos insumos por parte del sector industrial dedicado a la fabricación de alimentos, repercutiendo directamente en los costos para su procesamiento e inclusión en los alimentos comerciales destinados a especies acuáticas y terrestres [9, 10, 11, 12, 13, 14].

Con respecto a lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [15], reportó que en el año 2020, la producción mundial pesquera fue de 178 millones de toneladas, siendo 16 millones destinados para la elaboración de harina y aceite de pescado, insumos básicos en la industria de alimentos animales, siendo esta cantidad insuficiente para abastecer la creciente demanda, por lo que su inclusión es cada vez más limitada y se elevan considerablemente los costos productivos de los alimentos comerciales, por lo que la búsqueda de ingredientes alternos es una tarea prioritaria; no obstante, estos ingredientes alternos deben evaluarse para determinar sus aportes nutrimentales, inocuidad y costos implicados en su elaboración para conocer su viabilidad [16, 17, 18, 19].

En este sentido, se han propuesto diversos ingredientes, mismos que han sido valorados para su posible inclusión en la elaboración de alimentos destinados para especies piscícolas, entre los que se pueden citar: harina de cáscara de naranja *Citrus sinensis* [20]; concentrado de soya *Glycine max* [21, 22], harina de soya *Glycine max* [23], ensilados con diversos residuos de pescado [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30], hidrolizados de pescado y sus residuos [31, 32, 33, 34, 35], harina del alga *Ulva rigida* [36], harina de alga *Lemna perpusilla* [37], harina de alga *Sciaenops ocellatus* [38], diversas microalgas [39, 40, 41, 42, 43], harina de *Spirulina máxima* [44], harina de yuca *Manihot esculenta* [45, 46], semilla y pulpa de guaba *Inga* spp. [47], harina de semilla de copoazú *Theobroma grandiflorum* [48], harina de cáscara de cacao *Theobroma cacao* [49], harina de cáscara de cacahuete *Arachis hypogaea* [50], harina de semilla de caucho *Hevea brasiliensis* [51], hojas de chaya *Cnidoscolus chayamansa* [52, 53], harina de *Moringa oleifera* [54], harina de frijol narbón de *Vicia narbonensis* [55], harina de frijol mompás *Erythrina edulis* [56], harina de lenteja *Lens culinaris* [57], harina hidropónica de soya *Glycine max* [58], harina de plátano *Musa paradisiaca* [59], uso de levadura *Saccharomyces cerevisiae* [60, 61, 62], oligosacárido Manano dietético combinado con la bacteria *Bacillus subtilis* [63], solo por citar algunos.

Particularmente, los alimentos destinados para las diversas especies de tilapia *Oreochromis* spp., deben contar con los nutrimentos necesarios para promover su crecimiento y desarrollo y, además, debe contar con las propiedades físicas atractibles para que los organismos se alimenten, nutran y conserven un óptimo estado de salud. Entre las propiedades físicas se pueden mencionar: estabilidad en el agua, durabilidad, textura, dureza y control de flotabilidad, todo ello con el propósito de evitar la abrasión y fragmentación del pellet y con ello, garantizar las buenas prácticas de alimentación [64, 65].

Por tanto, una alternativa para el aprovechamiento de materias primas no convencionales se presenta cuando se emplean y evalúan aquellas que se encuentran disponibles en la región, lo que permite a su vez,

disminuir los costos por concepto de alimentación en los cultivos piscícolas practicados, es por ello que los alimentos alternos son una opción real y factible en la acuicultura [66, 67, 68].

Por ello, es de suma importancia considerar que los alimentos acuícolas alternos deben optimizar el desarrollo de las especies bajo cultivo, mediante el empleo de materias primas no convencionales y subproductos de origen animal y vegetal, los cuales en muchas ocasiones se consideran desechos (vísceras, huesos, cascarillas, semillas, entre otros), mismos que pueden ser aprovechados mediante la elaboración de ensilados, harinas, aceites, etc.; con ello, se minimizan los costos de producción y se obtienen mayores ganancias en la venta de los productos acuícolas. Aunado a lo anterior, se reduce la cantidad de residuos generados, lo cual hace posible un menor impacto ambiental, debido al uso sustentable de las fuentes alimenticias alternas utilizadas por su disponibilidad [69, 70, 71, 72, 73].

En referencia a la tilapia gris *Oreochromis niloticus*, oriunda del continente africano, la cual era conocida y consumida hace más de 3,000 años, en la antigua civilización egipcia; sin embargo, el nombre de tilapia fue utilizado por primera vez por Smith en 1840. En la actualidad, es una de las especies piscícolas mayormente cultivadas, ocupando a nivel mundial el segundo lugar de producción, solo por debajo de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. Debido a las preferencias y demandas de producción de esta especie en el mercado, por parte de los consumidores, se requiere continuar generando conocimiento científico que investigue el mejoramiento genético, la prevención y control de enfermedades e inclusive el procesamiento de las especies para diversificar sus productos y comercialización [74].

El cultivo de tilapia gris *Oreochromis niloticus* se ha extendido en el mundo por ser peces con mayor resistencia a enfermedades, condiciones ambientales adversas, aceptación de dietas artificiales y sumado a esto, soporta altas densidades de siembra en cualquier sistema de producción [75, 76, 77, 78]. Sumado a lo anterior, las condiciones climáticas en Latinoamérica han hecho posible la producción exitosa de esta especie, debido a la gran presencia de zonas tropicales y subtropicales de la región, mismas que son idóneas para la especie y ha hecho posible que estos organismos sean de los principales productos piscícolas en el mundo [79].

Sumado a lo anterior, la tilapia gris presenta cualidades biológicas adecuadas para su adaptabilidad y resistencia a cambios en su ambiente acuático, por lo que es una especie idónea para su cultivo y manejo, tanto a pequeña escala como a nivel comercial. Entre sus atributos se pueden mencionar: son organismos euritermos que soportan un rango de temperatura que va desde los 15° a 35°C, siendo el rango ideal entre los 24° a 29°C; presentan un crecimiento corporal rápido, donde los machos pueden alcanzar 60 cm de longitud total y 5 kg de peso, siendo la edad máxima registrada para esta especie de nueve años; también presentan una alta fecundidad, siendo posible que una hembra con un peso corporal entre 600 y 1,000 g, produce entre 600 y 1,500 huevos; presentan una alta tasa de eclosión y sobrevivencia en las primeras etapas de vida, debido a que la incubación y protección es oral, la cual puede durar entre tres a diez días; además tienen una reproducción precoz, ya que los machos pueden reproducirse a partir de los dos meses de edad y las hembras a los tres meses, ambos con un peso promedio de 40 g; por todas sus características biológicas, la tilapia gris está categorizada como una especie de resiliencia media [80, 81, 82, 83, 84].

En cuestiones de alimentación y nutrición para el cultivo de la tilapia nilótica, se viene promoviendo la búsqueda y evaluación de fuentes alimenticias alternas más factibles en términos económicos y productivos; a la vez, deben focalizarse en todo momento con los requerimientos nutrimentales de la especie, así como la obtención de una menor tasa de conversión alimentaria [85]. Si bien los insumos no convencionales elaborados con ingredientes de origen vegetal son más económicos, pero no satisfacen los requerimientos nutricionales que la especie necesita, como la proteína de origen animal, no obstante, han dado buenos resultados productivos [86, 87, 88, 89].

Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo la elaboración de un alimento experimental destinados para crías de tilapia gris *Oreochormis niloticus*, utilizando siete materias primas disponibles

en la Región de los Ríos, Tabasco; México, las cuales fueron: pez armado *Pterygoplichthys* spp., acocil *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi*, lombriz californiana *Eisenia foetida*, pez chopín *Cyprinus carpio communis*, sorgo *Sorghum bicolor*, yuca *Manihot esculenta* y plátano cuadrado *Musa balbisiana*. las cuales se procesaron en ingredientes no convencionales: dos en ensilados biológicos, dos en pasta y tres en harinas. Una vez formulado y procesado el alimento experimental, se realizaron los análisis proximales básicos para determinar su contenido nutrimental porcentual de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas totales, fibra cruda, humedad total, extracto libre de nitrógeno (ELN) y materia seca, empleando los métodos estandarizados por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), responsable de los Métodos Oficiales de Análisis [90], donde se describe el desarrollo de cada uno de los métodos analíticos que se aplican para los análisis de alimentos. Posteriormente, se evaluó su inocuidad microbiológica mediante los métodos descritos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), responsables de promover la seguridad alimentaria, por lo que se determinó el contenido de bacterias mesofílicas aeróbicas [91], mohos y levaduras [92], coliformes totales en placa [93], así como *Salmonella* [94]. A la par, fue evaluado nutrimental y microbiológicamente, el alimento comercial Nutripec-Purina®, con la finalidad de comparar los resultados en ambos alimentos. Por último, se estimaron los costos de producción del alimento experimental, en base a lo especificado en la Ley de Porcentajes de Depreciación Anual [95] y el Prontuario Fiscal Correlacionado [96].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó 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 trabajó en el Laboratorio de Nutrición Acuícola, Laboratorio de Bromatología, Laboratorio de Microbiología, así como en el Área Experimental de Nutrición Acuícola. En este trabajo, se formuló, procesó y evaluó un alimento experimental, elaborado con materias primas alternas (Tabla 1), mismas que están disponibles en la Región de los Ríos del Estado de Tabasco; México. El alimento propuesto en este trabajo fue comparado con el alimento comercial Nutripec-Purina®.

Tabla 1. Materias primas obtenidas para la elaboración de los ingredientes del alimento experimental propuesto.

Materias primas
1. Pez armado <i>Pterygoplichthys</i> spp.
2. Acocil <i>Procambarus</i> (<i>Austrocambarus</i>) <i>llamasi</i>
3. Chopín <i>Cyprinus carpio communis</i>
4. Lombriz californiana <i>Eisenia foetida</i>
5. Plátano cuadrado <i>Musa balbisiana</i>
6. Yuca <i>Manihot esculenta</i>
7. Sorgo <i>Sorghum bicolor</i>

Los especímenes de pez armado *Pterygoplichthys* spp., fueron capturados en la cuenca del río Usumacinta, a la altura de la comunidad de Canitzán, perteneciente al municipio de Tenosique, Tabasco; México. Se empleó como arte de pesca una red de arrastre compuesta de malla alquitrana de 10 m de longitud con una apertura de malla de 3 puntas y se aplicó como método de pesca el arrastre, capturando un total de 39 ejemplares, cada uno de ellos con un peso promedio de 205 g (7.99 kg). Los organismos capturados se trasladaron a la DAMR-UJAT, en un tanque de plástico Rotoplas® con capacidad de 500 L, equipado con dos bombas portátiles marca Boyu®, para su aireación. Los organismos fueron introducidos en el Área Experimental de Nutrición Acuícola, donde se colocaron en una tina de plástico Rotoplas®, con capacidad de volumen de 1,000 L, donde permanecieron en cuarentena, por espacio de 30 días, con el propósito de ir depurando el contenido del tracto digestivo, a fin de minimizar la carga microbiana

presente. Después de la cuarentena, los organismos fueron sometidos a un ayuno de 48 h, a fin de vaciar el tracto digestivo y posteriormente, se sacrificaron mediante un doble shock térmico simultáneo (40°C y 4°C, respectivamente). Al estar sacrificados, los especímenes fueron introducidos en cuatro recipientes de plástico con tapa con una capacidad de carga de 5 kg cada uno y se conservaron por 48 h en un refrigerador convencional de la marca Wirpool®.

Los ejemplares de acociles *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi*, fueron obtenidos en un terreno colindante de la comunidad El Recreo, a orillas del río Usumacinta, del municipio de Tenosique, Tabasco; México. Se empleó una pala, una cubeta y un tamizador con malla de acero para ir separando a los organismos, mismos que fueron introducidos en una nevera de unicel, acondicionada con una cama de tierra húmeda con grosor de 50 cm. Se obtuvieron 394 especímenes con un peso promedio de 9.56 g (3.87 kg); luego, se transportaron a las instalaciones de la DAMR-UJAT, específicamente, en el Área Experimental de Nutrición Acuícola, en donde fueron colocados en un acuario con capacidad de volumen de 120 L, donde permanecieron en cuarentena por espacio de 30 días y pasado este tiempo, se sacrificaron mediante la aplicación de un shock térmico a 4°C y seguidamente, se introdujeron en un bote de plástico con tapa con capacidad de 2 kg, mismo que se mantuvo dentro de un refrigerador convencional Wirpool®, por 48 h.

Los peces chopines *Cyprinus carpio communis*, se obtuvieron en la cuenca del río Usumacinta, a la altura de la comunidad de Canitzán, Tenosique, Tabasco; México. Para su captura, se utilizó una red de arrastre como arte de pesca, elaborada de malla alquitranada de 10 m de longitud con una apertura de malla de 3 puntas y se empleó el arrastre como método de pesca, capturando un total de 15 ejemplares, cada uno de ellos con un peso promedio de 389 g (5.83 kg). Los organismos se trasladaron a la DAMR-UJAT, en un tanque de plástico Rotoplas® con capacidad de 500 L, el cual contaba con dos bombas portátiles marca Boyu®, para su aireación. Luego, los especímenes fueron llevados a las instalaciones del Área Experimental de Nutrición Acuícola, donde se introdujeron en una tina de plástico Rotoplas®, con capacidad de volumen de 1,000 L, permaneciendo en ella por espacio de 30 días por cuarentena, con el propósito de ir depurando el contenido del tracto digestivo y la carga microbiana presente. Posterior a la cuarentena, los peces se sometieron a un ayuno de 48 h, para el vaciado del tracto digestivo y seguidamente, fueron sacrificados mediante un shock térmico de 4°C. Una vez sacrificados, se introdujeron en cuatro recipientes de plástico con tapa con una capacidad de 5 kg cada uno y fueron conservados por 48 h en un refrigerador convencional marca Wirpool®.

Las lombrices californianas *Eisenia foetida* (955 g), fueron colectadas en un terreno cercano a la orilla del río Usumacinta de la localidad de El Recreo. Para su extracción, se utilizó una pala, una cubeta de 19 L de capacidad de volumen y un tamizador, colocando a los organismos dentro de una nevera de unicel que estaba acondicionada con una cama de tierra húmeda de aproximadamente 50 cm de grosor, con el propósito de evitar estrés, al momento de ser transportados al Área Experimental de Nutrición Acuícola de la DAMR-UJAT, donde se colocaron en un acuario con capacidad de 120 L, el cual se llenó con agua al 80% de su capacidad y se colocó una bomba aireadora Boyu® con doble salida, para insuflar el medio e inmediatamente se introdujeron las lombrices para iniciar el vaciado del tracto intestinal por un tiempo de 48 h. Durante ese tiempo, se realizaron recambios de agua en el acuario cada 4 h, en una proporción del 60%, con la finalidad de eliminar todas las impurezas. Posteriormente, se aplicó el método de sacrificio propuesto por Vielma y colaboradores [97]; para ello, los organismos fueron introducidos en una solución salina al 5% por espacio de 15 min y posteriormente, se colocaron en un bote de plástico con tapa con capacidad para 5 kg, el cual fue guardado en un refrigerador convencional Wirpool®, por un espacio de 48 h.

Se obtuvieron 2 kg respectivamente de plátano cuadrado *Musa balbisiana* y yuca *Manihot esculenta*, los cuales fueron colectados de un terreno de cultivo localizado en el Ejido Emiliano Zapata, 2^{da}. Sección, del municipio de Tenosique, Tabasco; México. El plátano cuadrado fue cortado en grado de maduración

climatérico sazón con coloración verde clara, mientras que la yuca se cosechó en grado de maduración comestible. Para el caso del Sorgo *Sorghum bicolor*, se adquirieron 2 kg en el mercado local de la ciudad de Tenosique, Tabasco; México.

Para la elaboración de los ensilados biológicos del pez armado *Pterygoplichthys* spp. y el acocil *Procambarus* (Austrocambarus) *llamasi*, se pesó por separado, 2 kg de cada materia prima. Los peces armados y los acociles fueron troceados, utilizando un cuchillo convencional tipo hachuela y una tabla de cocina, hasta obtener cortes finos en cada una de las materias primas y se colocaron en un recipiente de plástico con tapa con capacidad de volumen de 2 kg para proceder con un mezclado manual de cada producto mediante una pala de madera, a fin de homogenizar cada muestra. Se adicionaron 200 mL de ácido acético (CH₃COOH) comercial Clemente Jacques® para acidificar el medio a un pH de 3 en cada una de las muestras, 100 g de jarabe líquido La Madrileña®, para proporcionar una fuente de carbono a las bacterias lácticas, incluidas en los 100 g de yogurt natural Yoplait®, mismos que se agregaron al final. Una vez homogenizado cada producto con sus componentes, se taparon y sellaron para evitar la contaminación microbiana ambiental. El pH se ajustó a 3 cada 4 h con un pechímetro de mesa marca Hanna®, durante los primeros cinco días después de su elaboración, ya que en este periodo se presentan constantes cambios, mismos que deben ajustarse; pasado estos días, se continuó monitoreando una vez al día. Cada muestra se conservó a temperatura ambiente, por un espacio de 30 días.

Para el procesamiento de las pastas de lombriz californiana *Eisenia foetida* y del pez chopín *Cyprinus carpio communis*, se tomaron 2 kg de cada materia prima, los chopines fueron troceados con un cuchillo convencional de acero inoxidable tipo hachuela y una tabla de cocina de plástico. Al obtener el troceado de chopín, éstos se introdujeron en un molino cárnico Torrey®, para obtener un producto tipo pasta cárnica, siendo esta misma operación aplicada en las lombrices californianas. En cada una de las muestras se le adicionó 50 g de ácido cítrico (C₆H₈O₇) en grado alimenticio marca Diquitra®, como antioxidante y conservador. Finalmente, los productos fueron conservados por separado en un refrigerador convencional Wirpool®.

Para la elaboración de la harina de plátano cuadrado *Musa balbisiana* y harina de yuca *Manihot esculenta* se tomaron 2 kg de cada una de las materias primas y enseguida, se cortaron por separado en rodajas con la ayuda de un cuchillo convencional de acero inoxidable y una tabla de cocina de plástico. En cada porción se le agregaron 50 g de ácido cítrico (C₆H₈O₇) en grado alimenticio marca Diquitra®, mismo que fue diluido en 2 L de agua con una pala de madera para cocina en sus recipientes de plástico, para luego introducir las rodajas en ellos, mezclar suavemente de manera manual y se mantuvieron por 24 h en la solución de ácido cítrico, a fin de prevenir la oxidación de cada producto y mejorar su conservación. Inmediatamente, las rodajas se distribuyeron en charolas de plástico que se colocaron en dos deshidratadores de alimento marca Excalibur®, modelo 3926tb, el cual operó a 60°C por un tiempo de 4 h. Una vez deshidratadas las rodajas de yuca y del plátano cuadrado, se molieron por separado, hasta obtener cada uno de los productos en grado harinoso, utilizando un molino eléctrico para nixtamal con motor 1 HP y piedras de molienda No. 5. Una vez obtenidas las harinas, éstas fueron conservadas en bolsas de plástico con cierre de jareta hermético Ziploc®, las cuales fueron conservadas en un refrigerador convencional marca Wirpool®.

Así mismo, el sorgo *Sorghum bicolor*, se procesó en harina, para lo cual, se inició pesando 2 kg de la materia prima y fue lavada en agua corriente, se escurrió y secó a temperatura ambiente. Posteriormente, se distribuyeron en las charolas de plástico del deshidratador de alimento Excalibur®, modelo 3926tb, mismo que estuvo programado con una temperatura de 60°C por espacio de 4 h. Una vez deshidratados los granos de sorgo, se molieron para obtener un producto en grado harinoso, empleando para ello un molino eléctrico para nixtamal con motor 1 HP y piedras de molienda No. 5. Al obtener la harina de sorgo, se conservó en bolsa de plástico con cierre de jareta marca Ziploc® y se introdujo para su conservación en un refrigerador convencional marca Wirpool®.

Una vez obtenidos los ingredientes no convencionales, se realizó la formulación del alimento experimental, mediante el método del cuadrado compuesto de Pearson [98, 99, 100, 101, 102]. Cabe destacar que para la formulación del alimento (Tabla 2), se consideró un contenido proteico de 40%, ya que este porcentaje es el requerimiento óptimo para la etapa de cría de *Oreochromis niloticus* [103, 104, 105, 106].

Tabla 2. Cantidades adicionadas de cada uno de los ingredientes en la elaboración del alimento experimental por cada kg procesado.

Alimento experimental	Cantidad (g)
1. Ensilado biológico de pez armado <i>Pterygoplichthys</i> spp.	207.80
2. Ensilado biológico de acocil <i>Procambarus</i> (<i>Austrocambarus</i>) <i>llamasi</i>	128.50
3. Papilla de lombriz californiana <i>Eisenia foetida</i>	206.20
4. Papilla de chopín <i>Cyprinus carpio communis</i>	169.60
5. Harina de sorgo <i>Sorghum bicolor</i>	120.90
6. Harina de yuca <i>Manihot esculenta</i>	95.80
7. Harina de plátano cuadrado <i>Musa balbisiana</i>	70.90

Se procesaron 2 kg del alimento experimental; para ello, se aplicó la metodología sugerida por diversos autores [107, 108, 109], iniciando con el pesaje por separado de cada uno de los ingredientes, en una balanza digital Ohaus®. Las harinas de plátano cuadrado, yuca y sorgo se introdujeron en un tazón de acero inoxidable con capacidad para 10 L y se colocó en una batidora industrial marca Gutstark®, modelo MKZ-BATIB10, donde se realizó una premezcla por espacio de 10 min de los ingredientes secos incorporados para iniciar la homogenización de los productos. De igual forma, se adicionaron las pastas de chopín y lombriz californiana para iniciar su mezclado con las harinas durante 10 min. Una vez transcurrido este tiempo, se incorporaron a la mezcla de los ingredientes los ensilados biológicos de pez armado y de acocil, para nuevamente ser mezclados todos por un tiempo de 15 minutos, añadiendo lentamente agua (320 mL) hasta obtener en el proceso una masa maleable, misma que se colocó en una charola de acero inoxidable y fue cubierta con tela de manta de cielo, dejándose así por 20 min, para iniciar un pre-secado a temperatura ambiente.

Enseguida, la masa se introdujo en un molino cárnico eléctrico Torrey®, modelo M-22 Rw, con el fin de formar en tiras la masa y éstas fueron colocadas y extendidas en charolas de plástico y se introdujeron en los deshidratadores marca Excalibur®, modelo 3926tb, los cuales fueron programados para operar a 60°C por un tiempo de 4 h. Una vez terminado el secado del alimento, se realizó el corte de las tiras mediante un cuchillo de acero inoxidable, con el fin de obtener partículas de menor tamaño, tipo granulado, los cuales se guardaron en un recipiente de plástico con capacidad de carga para 5 kg y se almacenó en refrigeración, para posteriormente continuar con su evaluación nutrimental, microbiológica y la estimación de costos.

Una vez procesado el alimento experimental (T_E), se adquirió en el mercado local de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, 2 kg del alimento comercial Nutripec-Purina®, el cual representó el tratamiento control (T_C) y con ello, se realizó en ambos tratamientos, la comparación de su contenido nutrimental e inocuidad microbiológica.

Tanto en el alimento experimental (T_E) como en el alimento comercial (T_C), se estimaron los análisis proximales básicos [110], con el propósito de determinar su contenido nutrimental, mediante:

- *Proteína cruda* (2001.11): Se aplicó el método Kjeldahl, realizando la digestión ácida mediante un digestor Tecator®, mientras que la digestión alcalina se hizo con un destilador semiautomático Novatech®. La titulación se produjo con una bureta automática, a través de una solución de ácido clorhídrico (HCl) a 0.1 N, con un factor de conversión de 6.25.

- *Extracto etéreo* (920.39): Fue estimado con el método Soxhlet, utilizando un equipo de extracción etérea convencional, cartuchos de celulosa, así como éter de petróleo para el lavado de cada alícuota.
- *Cenizas totales* (942.05): Se analizó mediante el método de incineración de cada muestra con el empleo de una mufla Novatech[®], calcinando las muestras a 550°C por espacio de 2.5 h.
- *Fibra cruda* (962.09): Se administró por medio del método de pérdida de fibra por ignición del residuo seco, posterior a una digestión ácido-básica con 1.25% de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y 1.25% de hidróxido de sodio (NaOH), utilizando una multiunidad Lab-Line[®], una bomba de vacío Jaelsa[®], una estufa Binder[®], así como una mufla Novatech[®].
- *Humedad total* (934.01): Se calculó mediante la eliminación térmica del contenido de agua en cada muestra a través de su introducción en una termobalanza marca Wantt[®], programada de forma automática a 105°C, para obtener el peso constante en cada muestra.
- *Extracto Libre de Nitrógeno* (ELN): Es una estimación del sistema Weende, mismo que se estima por diferencia; es decir, ELN = 100 - (cenizas totales + extracto etéreo + proteína cruda + fibra cruda). Es importante señalar que esta fracción no contiene celulosa, pero puede contener hemicelulosa, lignina, así como productos solubles en agua e insolubles en éter como las vitaminas hidrosolubles, por lo que la mayor parte del ELN se compone de almidón y azúcares.
- *Materia seca*: Se sumaron cada uno de los nutrimentos evaluados, exceptuando el contenido de humedad total.

En cada análisis se realizaron con tres repeticiones, con la finalidad de tener datos estadísticos más precisos. Los resultados obtenidos en los análisis proximales básicos se compararon estadísticamente, a través del método de comparación de medias *t de student* a un α de 0.05 para observar si se presentaban diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos (T_C y T_E, respectivamente).

Una vez determinado el contenido nutrimental en cada uno de los alimentos evaluados, se procedió a realizar los análisis microbiológicos, utilizando los métodos descritos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), para cuantificar el contenido de bacterias mesófilas aeróbicas [111], hongos y levaduras [112], coliformes totales en placa [113] y Salmonella [114], con el propósito de conocer la inocuidad en cada uno de los alimentos evaluados (T_C y T_E).

Cabe mencionar que se llevó a cabo la duplicidad experimental, tanto en los análisis proximales como en los microbiológicos, con el propósito de precisar los datos.

Posteriormente, se hicieron las estimaciones necesarias de los costos implicados en la elaboración del alimento experimental (T_E); para ello, fueron considerados todos los equipos, materiales e insumos empleados en el procesamiento del alimento. Estas estimaciones se realizaron en base con la Ley de Porcentajes de Depreciación Anual [115], en su sección II, Artículos 31, 32, 33, 34, 35 y 36, donde se considera a las inversiones como activos fijos, gastos y cargos diferidos, así como las erogaciones utilizadas en periodos preoperativos, para lo cual se debe aplicar el 8% de su depreciación, lo cual se ratifica en el Prontuario Fiscal Correlacionado [116], el cual hace referencia a la elaboración de productos alimenticios. Con ello, se elaboró una tabla para observar los costos implicados en el alimento experimental.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a los resultados obtenidos, el alimento elaborado (T_E) presentó como características físicas una consistencia semidura con textura rugosa regular, mostrando un color café pardo y con olor fuerte pronunciado. En lo que respecta al contenido nutrimental, su composición básica es óptima, ya que puede

cubrir las necesidades de la tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Tabla 3) en su estadio de cría, en la cual, el organismo exige mayor cantidad de nutrimentos, especialmente de proteína, ya que es empleada para su crecimiento y desarrollo, así como para cubrir sus necesidades energéticas.

Tabla 3. Contenido de los nutrimentos en porcentaje en los alimentos evaluados (T_C y T_E). Los resultados (n=7) se estimaron en base húmeda (BH) y se estimó la desviación estándar encada uno de ellos. Letras distintas indican diferencias estadísticas en base a la comparación de medias *t de student* (P<0.05).

Nutrimento	% T _C	% T _E
Proteína Cruda	42.73±2.16 ^b	43.17±1.93 ^a
Extracto Etéreo	09.65±2.72 ^b	10.93±1.91 ^a
Cenizas Totales	08.11±3.62 ^b	16.78±2.37 ^a
Humedad Total	07.45±2.93 ^a	06.57±1.84 ^b
Fibra Cruda	21.29±3.27 ^a	17.54±2.67 ^b
ELN	10.77±2.32 ^a	05.01±2.98 ^b
Materia Seca	92.55±3.83 ^b	93.43±2.29 ^a

Como se puede observar, ambos alimentos cuentan con la cantidad de nutrimentos requeridos por las crías de *Oreochromis niloticus*, destacando el contenido porcentual proteico en el alimento experimental (T_E), con diferencias significativas a favor en comparación al contenido proteico del alimento comercial (T_C); de igual forma, los porcentajes en los contenidos de extracto etéreo, cenizas totales y materia seca en T_E fue más elevado al de T_C, el cual tuvo diferencias estadísticas a su favor en humedad total, fibra cruda y ELN. En base a la comparación de medias *t de student*, se observaron diferencias estadísticas significativas en cuanto al contenido nutrimental de T_E, en comparación con T_C, lo que se evidenciaron las propiedades nutrimentales contenidas en el alimento propuesto, las cuales son idóneas para su inclusión en la alimentación de crías de tilapia gris *Oreochromis niloticus*.

Con respecto a los análisis microbiológicos, ambos alimentos (T_C y T_E) exhibieron una muy adecuada inocuidad, ya que las cargas microbianas fueron mínimas; de hecho, en cada análisis aplicado se constató que el crecimiento microbiano fue mínimo o nulo (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados obtenidos en los análisis microbiológicos en cada uno de los alimentos evaluados.

Análisis	T _C	T _E
Bacterias mesófilas aeróbicas	53 UFC g ⁻¹	38 UFC g ⁻¹
Mohos y levaduras	113	71
Coliformes totales	Negativo	Negativo
Salmonella	Negativo	Negativo

De acuerdo con los resultados obtenidos, el alimento comercial fue el que presentó una ligera mayor cantidad de carga microbiana, a diferencia del alimento experimental; no obstante, ambos tratamientos muestran una inocuidad óptima. Esta diferencia puede deberse por factores como la forma y tiempo de transportación del alimento comercial, desde el lugar donde fue procesado, hasta su distribución en los mercados locales del área de estudio de la presente investigación, así como el tiempo y condiciones de almacenamiento en los expendios de venta. Es importante resaltar que ambos tratamientos estuvieron libres de coliformes totales y Salmonella, ya que estos análisis indican que cada etapa en su elaboración fue adecuada y se evitó la contaminación microbiana cruzada o por falta de higiene; por lo que se constató

que los alimentos evaluados tienen una óptima inocuidad, lo que se traduce en alimentos seguros para su consumo por parte de la especie piscícola a la cual está destinada.

Al realizar las estimaciones de los costos del alimento experimental, se consideraron los precios de cada materia prima, los equipos, materiales e insumos utilizados en el procesamiento (Tabla 5); de esta forma, los costos estimados fueron de \$76.87 M.N. por kg. Comparando su costo con el precio del alimento comercial Nutripec-Purina®, para el estadio de cría de tilapia, tiene un precio actual por kg en los mercados locales de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez de \$60.00 M.N.

Tabla 5. Estimación de los costos del alimento experimental elaborado con ingredientes alternos de la Región en la presente investigación.

		Cantidad	Costo	Depreciación
Equipos	▪ Amasadora semi-industrial	1	\$12,990.99	\$ 0.61
	▪ Refrigerador convencional	1	\$10,499.00	\$ 0.07
	▪ Molino cárnico	1	\$ 5,996.00	\$ 0.13
	▪ Deshidratador	1	\$ 5,499.00	\$ 0.14
	▪ Pechímetro	1	\$ 2,699.81	\$ 0.29
	▪ Balanza digital	1	\$ 2,296.78	\$ 0.34
	▪ Bomba portátil	2	\$ 359.00	\$ 2.22
Materiales	▪ Red de pesca	1	\$1,450.00	\$ 0.55
	▪ Tanque Rotoplas®	1	\$ 859.00	\$ 0.93
	▪ Cuchillo	1	\$ 179.00	\$ 4.46
	▪ Tabla de cocina	1	\$ 159.00	\$ 5.03
	▪ Nevera de unicel	1	\$ 89.00	\$ 8.98
	▪ Pala de madera	1	\$ 59.00	\$13.55
	▪ Bolsas de plástico	3	\$ 36.96	\$21.64
Insumos	▪ Pez armado	207.80 g	\$ 8.31	
	▪ Lombriz californiana	206.20 g	\$ 4.12	
	▪ Pez chopín	169.60 g	\$ 10.17	
	▪ Acocil	128.50 g	\$ 5.14	
	▪ Sorgo	120.90 g	\$ 3.62	
	▪ Yuca	95.80 g	\$ 3.83	
	▪ Plátano cuadrado	70.90 g	\$ 2.83	
	▪ Ácido cítrico	300.00 g	\$ 15.04	
	▪ Jarabe natural	200.00 mL	\$ 12.60	
	▪ Ácido acético	400.00 mL	\$ 4.21	
	▪ Yogurt natural	200.00 mL	\$ 7.00	
	Suma		\$ 76.87	\$ 3.80
	Total		\$ 80.67 M.N. por kg	

Una alternativa en la elaboración de los alimentos experimentales que reducen de manera significativa su costo, es el aprovechamiento de las materias primas que se encuentran en la Región y que muchas de ellas no tienen ningún uso o valor comercial.

Con todo lo anteriormente descrito, se pudo discutir que:

En la actualidad, la producción acuícola es muy relevante, ya que mediante su práctica, se obtienen alimentos con alto valor nutrimental y en menor tiempo en comparación con la mayoría de las producciones pecuarias terrestres; además, la acuicultura promueve la generación de empresas, empleos y recursos económicos, por lo que se debe impulsar la mejora de las unidades productivas, mediante el uso de diversas técnicas, mejoramiento en el manejo de las especies cultivadas, así como la aplicación de

tecnología en los diversos sistemas acuícolas [117, 118, 119, 120]; con ello, se puede asegurar su crecimiento; particularmente en este caso, el cultivo de tilapia gris *Oreochromis niloticus*.

Cabe recordar que a nivel mundial, la industria de alimentos acuícolas viene presentando en los mercados, un incremento anual del 10%, por lo que se hace necesaria la innovación de nuevos productos que cuenten con un control de calidad sobre los insumos utilizados y su procesamiento, a fin de asegurar la calidad en los alimentos, tanto en su contenido nutrimental e inocuidad microbiológica [121, 122, 123, 124], por lo que los alimentos experimentales no deben estar exentos de estas evaluaciones, así como de la estimación de sus costos, con la finalidad de conocer sus propiedades y viabilidad del alimento experimental que se realizó en este trabajo.

Si bien se ha recalcado que en la actualidad, se viene trabajando en la búsqueda de ingredientes no convencionales, con el propósito de representar alternativas viables para su inclusión en la alimentación acuícola, éstos deben cubrir las necesidades nutrimentales de las diversas especies piscícolas comerciales cultivadas, así como ser alimentos seguros para su consumo por parte de las especies acuícolas cultivadas, por lo que es preponderante su evaluación, con la finalidad de innovar en la alimentación y nutrición acuícola [125, 126, 127, 128, 129, 130], siendo el objetivo principal en la presente investigación.

De igual forma, es de suma importancia mejorar la producción acuícola, mediante la creación de alternativas, que no solo representen un área de oportunidad, sino que exista la oportunidad de su desarrollo como una estrategia prioritaria para combatir el hambre y la desnutrición de la población más vulnerable, así como el de generar un mayor bienestar socioeconómico mediante la acuicultura [131, 132, 133, 134, 135, 136].

Además, no se debe olvidar que el incremento de los costos de la harina y el aceite de pescado por la sobrepesca; sin embargo, éstos ingredientes convencionales son los más utilizados en la industria de alimentos para diversas especies animales, por lo que el precio de los alimentos comerciales acuícolas en los mercados, elevan los costos de producción, lo cual hace que estos productos sean inaccesibles en las unidades de producción acuícola a pequeña escala o para el autoconsumo; por tanto, surge la necesidad de buscar alternativas que permitan la sostenibilidad de la actividad en términos económicos, productivos y ecológicos [137, 138, 139]. Es por ello que, a nivel mundial, se vienen proyectando programas de apoyo para el desarrollo de la acuicultura; sobre todo en lo referente a la elaboración de dietas no convencionales que minimicen sus costos de elaboración, a fin de ser empleados en la alimentación de los cultivos piscícolas. Estos alimentos deben caracterizarse por su facilidad en el procesamiento, conservación, así como el aprovechamiento de materias primas disponibles localmente, con el propósito de mejorar la rentabilidad de la actividad acuícola [140, 141, 142]. En este sentido, el alimento experimental propuesto cuenta con estas cualidades, por lo que puede ser considerado en la alimentación de crías de tilapia gris *Oreochromis niloticus*.

IV. CONCLUSIONES

Por todo lo anteriormente expuesto, se concluyó que el alimento elaborado y evaluado en la presente investigación, representa una alternativa viable para su empleo en la alimentación de crías de tilapia gris *Oreochromis niloticus*, ya que presentó un contenido nutrimental óptimo que permite cubrir las necesidades metabólicas y fisiológicas de la especie, mismas que pueden incidir en el crecimiento y desarrollo de los organismos. A su vez, la inocuidad microbiológica fue adecuada, mismo que se traduce en un alimento seguro para la salud de los organismos consumidores. Así mismo, las materias primas disponibles en la Región, hacen posible su inclusión en el procesamiento de alimentos piscícolas; no obstante, se deben de disminuir los costos, aunque cabe mencionar que éstos pueden disminuir al producir el alimento en una escala de producción mayor, por lo que se sugiere su evaluación a escala piloto para ver si se reducen. Por último, el alimento propuesto (TE) es una alternativa que puede ser incluido en las

prácticas piscícolas; en particular, para el cultivo de tilapia gris *Oreochromis niloticus*, en su estadio de cría, ya que es seguro su consumo y cubre sus necesidades nutrimentales, lo cual promueve en los organismos su crecimiento y desarrollo, bajo condiciones de cultivo.

REFERENCIAS

- [1] Naylor, R.L., Goldberg, 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. *Journal Issues in Ecology*, 8, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1038/35016500>
- [2] Ponce Palafox, J.T., Romero Cruz, O., Castillo Vargasmachuca, S., Arteaga Nochebuena, P., Ulloa García, M., González Sala, R., Febrero Toussaint, I. y Esparza Lea, H. (2006). El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. *Revista Electrónica de Veterinaria*, VII (7), 1-16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612753004.pdf>
- [3] Magallón Barajas, F.J., Villarreal Colmenares, H., Arcos Ortega, F., Avilés Quevedo, S., Civera Cerecedo, R., Cruz Hernández, P., González Becerril, A., Gracia López, V., Hernández Llamas, A., Hernández López, J., Ibarra Humphries, A.M., Lechuga Deveze, C., Mazón Suástegui, J.M., Muhlia Melo, A.F., Naranjo Páramo, J., Pérez Enríquez, R., Porchas Cornejo, M., Portillo Clark, G. y Pérez Urbiola, J.C. (2007). Orientaciones estratégicas para el desarrollo sustentable de la acuicultura en México. Publicaciones Especiales del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Cámara de Diputados, LX Legislatura. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2987>
- [4] Martínez Neira, D.J. (2008). Desarrollo sustentable y acuicultura de pequeña escala en Chile: Evaluación ambiental y consideraciones para su administración. [Tesis de Magíster, Universidad Católica de Chile; Santiago de Chile, Chile]. Repositorio UCCh. https://www.researchgate.net/publication/324804211_Desarrollo_sustentable_y_acuicultura_de_pequena_escala_en_Chile_evaluacion_ambiental_y_consideraciones_para_su_administracion
- [5] Usgame Zubieta, D., Usgame Zubieta, G., Valverde Barbosa, C. y Espinosa, A. (2007). Agenda productiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la tilapia. Proyecto transición de la agricultura. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15568/43678_55367.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [6] Comité Sistema Producto Tilapia de México, A.C. (2012). Criterios técnicos y económicos para la producción sustentable de tilapia en México. SAGARPA, CONAPESCA, INCA RURAL. <https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgof/publicaciones/CriteriosTecnicosEconomicosTilapiaEnMexico.pdf>
- [7] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Hacia la transformación azul. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/05dd1625-23c4-4030-a733-247b5a48b496/content>
- [8] Heller, M.C. & Keoleian, G.A. (2015). Greenhouse gas emission estimates of U.S. dietary choices and food loss. *Journal of Industrial Ecology*, 19(3), 391-401. <https://doi.org/10.1111/jiec.12174>
- [9] Mbahinzireki, G.B., Dabrwski, K., Kyeong, J.L. & El-Saidy, D. (2001). Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating. *Journal Aquaculture Nutrition*, 7, 189-200. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2095.2001.00172.x>
- [10] New, M.B. & Wijkström, U.N. (2002). Use of fishmeal and fishoil in aquafeed: Further thoughts on the fishmeal trap. FAO, Fisheries Circular. <https://www.fao.org/4/y3781e/y3781e00.htm>

- [11] Guevara Burgos, C.E. (2009). Estudio de factibilidad y puesta en marcha de una empresa productora y comercializadora de mojarra roja. [Tesis de Posgrado, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga; Bucaramanga, Colombia]. Repositorio UPB. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/609/digital_18284.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [12] Oliva, T.A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83-108. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01333.x>
- [13] 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 Grado, Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano; Tegucigalpa, Honduras]. Repositorio Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/909>
- [14] 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. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14143037001.pdf>
- [15] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Hacia la transformación azul. Departamento de Pesca y Acuicultura, FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/05dd1625-23c4-4030-a733-247b5a48b496/content>
- [16] Rivas Vega, M.E., Miranda Baeza, A. y Sandoval Muy, M.I. (2010, 8-10 de noviembre). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. [Ponencia]. X Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; México. P. 467-484. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/115>
- [17] 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). Ministerio del Poder Popular para la Educación e Instituto Universitario de Tecnología Universitaria Dr. Delfín Mendoza. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14390155/produccion-de-alimento-balanceado-alternativo-para-peces-a-base->
- [18] Llanes Iglesias, J.E. y Parisi, G. (2020). Indicadores productivos y económicos de *Clarias gariepinus*, alimentadas con subproductos pesqueros ensilados con los ácidos sulfúrico y fórmico. *Revista Pastos y Forrajes*, 43(3), 184-189. <https://www.redalyc.org/journal/2691/269165823002/269165823002.pdf>
- [19] León, S.R. (2015). Panorama sobre los alimentos balanceados para acuicultura en México, en comparación con otros países. *Ergomix*. <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/panorama-sobre-alimentos-balanceados-t31919.htm>
- [20] Moreno Álvarez, M.J., Hernández, J.G., Rovero, R., Tablante, A. y Rangel, L. (2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 29-33. <https://www.redalyc.org/pdf/724/72430204.pdf>
- [21] Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., Xu, W. & Luifu, Z. (2006) Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal Aquaculture*, 258, 503-513. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.004>
- [22] Salze, G., McLean, E., Battle, P.R., Schwarz, M.H. & Craig S.R. (2010) Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Journal Aquaculture*, 298 (3-4), 294-299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.003>

- [23] Zhou, Q.C., Mai, K.S., Tan, B.P. & Liu, Y.J. (2005) Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Journal Aquaculture Nutrition*, 11, 175-185. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00335.x>
- [24] Toledo Pérez, J., Botello León, A. y Llanes Iglesias, J. (2009). Evaluación de tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Revista Cubana de Investigación Pesquera*, 26(1),14-18. https://www.researchgate.net/publication/277179317_Evaluacion_de_tres_ensilados_quimicos_de_pescado_en_la_alimentacion_de_Clarias_gariepinus_Burchell_1822
- [25] Spanopoulos Hernández, M., Ponce Palafox, J.T., Barba Quintero, G., Ruelas Inzunza, J.R., Tiznado Contreras, M.R., Hernández González, C. y Shirai, K. (2010). Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis* sp.), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(2), 167-178. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v9n2/v9n2a5.pdf>
- [26] Vásquez Torres, W., Yossa Perdomo, M.I., Hernández Arévalo, G. y Gutiérrez Espinosa, M.C. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(2), 207-216. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023450010.pdf>
- [27] Llanes Iglesias, J.E., Toledo Pérez, J., Savón, L. y Gutiérrez, O. (2012). Caracterización y evaluación del ensilaje de residuos pesqueros como sustituto de la harina de pescado en dietas semihúmedas para tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). *Revista AcuaCUBA*, 14(2), 30-50. <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/4652/llanes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [28] Ramasubburayan, R., Palanisamy, I., Kanaharaja, J.S., Manohar, N.C., Arunachalam, P. & Grasian, I. (2013). Characterization and nutritional quality of formic acid silage developed from marine fishery waste and their potential utilization as feed stuff for common carp *Cyprinus carpio* fingerlings. *Turkish Journal of Fishery and Aquatic Science*, 13, 281-289. https://www.trjfas.org/uploads/pdf_339.pdf
- [29] Bringas Alvarado, L., Zamorano Ochoa, A., Rojo Rodríguez, J.B., González Félix, M.L., Pérez Velázquez, M., Cárdenas López, J.L. y Navarro García, G. (2018). Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapia y su utilización como ingrediente en dietas para bagre de canal. *Revista Biotecnía*, XX(2), 85-94. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971086012.pdf>
- [30] Terrones España, S. y Reyes Ávalos, W. (2018). Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en cultivo intensivo. *Revista Scientia Agropecuaria*, 9(2), 167-176. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n2/a01v9n2.pdf>
- [31] Chotikachinda, R., Tantikitti, C., Benjakul, S., Rustad, T. & Kumarnsit, E. (2013). Production of protein hydrolysates from skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) viscera as feeding attractants for Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Journal Aquaculture Nutrition*, 19(5), 773-784. <https://doi.org/10.1111/anu.12024>
- [32] Bui, H.T.D., Khosravi, S., Fournier, V., Herault, M. & Lee, K.J. (2014). Growth performance, feed utilization, innate immunity, digestibility and disease resistance of juvenile red seabream (*Pagrus major*) fed diets supplemented with protein hydrolysates. *Journal Aquaculture*, 418-419, 11-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.046>
- [33] Ovissipour, R., Kenari, A.A., Nazari, R., Motamedzadegan, A. & Rasco, B. (2014). Tuna viscera protein hydrolysate: Nutritive and disease resistance properties for Persian sturgeon (*Acipenser persicus* L.) larvae. *Journal Aquaculture Research*, 45(4), 591-601. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03257.x>
- [34] da Silva Carvalho, T., Mauricio Rocha, J.A., Moreira, P., Signor, A. & Boscolo, W.R. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(7), 485-492. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2017000700002>

- [35] Rathore, S.S., Al Mamun, A. & Nasren, S. (2019). Optimization of fish hydrolysate preparation and its effect on growth and feed utilization of Magur (*Clarias batrachus*). *Bulletin Environmental Pharmacology Life Science*, 7(11), 78-83.
https://www.researchgate.net/publication/330502058_Optimization_of_Fish_Hydrolysate_Preparation_and_its_Effect_on_Growth_and_Feed_Utilization_of_Magur_Clarias_batrachus
- [36] Salah Azaza, M., Mensi, F., Ksouri, J., Naceur Dhraief, M., Brini, B., Abdel Mouleh, A. & Kraïem, 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. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.01017.x>
- [37] Pérez, Y., González, R., Méndez, Y. y Ramírez, J.L. (2014). Inclusión de la harina de *Lemna perpusilla* para alimentar alevines *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(5), 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63633881010.pdf>
- [38] Pérez Velázquez, M., Gatlin IIIb, D.M, González Félix, M.L. & García Ortega, A. (2018). Partial replacement of fishmeal and fish oil by algal meals in diets of red drum *Sciaenops ocellatus*. *Journal Aquaculture*, 487, 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.001>
- [39] Cerezuela, R., Guardiola, F.A., Meseguer, J. & Esteban, M.A. (2012). Enrichment of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diet with microalgae: Effects on the immune system. *Journal Fish Physiology and Biochemistry*, 38, 1729-1739. <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9670-9>
- [40] Kiron, V., Wutiporn, P., Huntley, M., Archibald, I. & de Scheemakerm, G. (2012). Marine microalgae from biorefinery as a potential feed protein source for Atlantic salmon, common carp and whiteleg shrimp. *Journal Aquaculture Nutrition*, 18, 521-531. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00923.x>
- [41] Bin Dohaish, E., Al Dhahri, M. & Omar, H. (2018). Potential application of the blue-green alga (*Spirulina platensis*) as a supplement in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Applied Ecology and Environmental Research*, 16, 7883-7902. https://www.aloki.hu/pdf/1606_78837902.pdf
- [42] He, Y., Lin, G., Rao, X., Chen, L., Jian, H., Wang, M., Guo, Z. & Chen, B. (2018). Microalgae *Isochrysis galbana* in feed for *Trachinotus ovatus*: Effect on growth performance and fatty acid composition of fish fillet and liver. *Journal Aquaculture International*, 26, 1261-1280.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-018-0282-y>
- [43] Barraza Guardado, R.H., Pérez Villalba, A.M., González Félix, M.L., Ortega Urbina, J.A.T., Muñoz Hernández, R., Zúñiga Panduro, M. y Pérez Velázquez, M. (2020). Uso de microalgas como constituyentes parciales del alimento balanceado para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Biotecnica*, 22(1), 135-141. <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnica/v22n1/1665-1456-biotecnica-22-01-135.pdf>
- [44] Rincón, D., Velásquez, H., Dávila, M., Semprun, A., Morales, E. y Hernández, J. (2012). Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (=Spirulina) maxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia (*Oreochromis* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 430-437. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295024923011.pdf>
- [45] 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. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00008.x>
- [46] Gil, J. (2006). Uso de la yuca en alimentación animal. *Corporación CLAYUCA*, 3, 4-16. <https://hdl.handle.net/10568/69675>
- [47] Aguinaga Chalacán, G.A. (2019). Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga* spp.) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, Parroquia Lita. [Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte; Ibarra, Ecuador]. Repositorio UTN.

- <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9430/4/03%20AGP%20245%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- [48] Castillo Quispe, S., Castillo Quispe, H., Giraldo Rios, E., Díaz Viteri, J.E. Chañi Paucar, L.O. y Muñoz Berrocal, M.H. (2018). Efecto de dietas balanceadas con harina de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el crecimiento de Paco (*Piaractus brachypomus*, Cuvier). *Journal Livestock Research for Rural Development*, 30(1), 1-13.
https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/486/1/Quispe_articulo_2018.pdf
- [49] Yépez Daquilema, J.D. (2021). Inclusión de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L) en la dieta: Sobre los parámetros productivos y la calidad de la carne (*Oreochromis* spp). [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Provincia Los Ríos, Ecuador]. Repositorio UTEQ.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6150/1/T-UTEQ-116.pdf>
- [50] Garduño Lugo, M. & Olvera Novoa, M.A. (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.). *Journal Aquaculture Research*, 39(12), 1299-1306. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01995.x>
- [51] 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 *Oreochromis aureus*). *Journal Fish Physiology and Biochemistry*, 43(4), 941-954.
- [52] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-016-0313-4>
- [53] Poot López, G.R. & Gasca Leyva, E. (2009). Substitution of balanced feed with chaya *Cnidoscolus chayamansa*, leaf in tilapia culture: A bioeconomic evaluation. *Journal World Aquaculture Society*, 40, 351-362. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00255.x>
- [54] Poot López, G.R., Gasca Leyva, E. y Olvera Novoa, M.A. (2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Latin American Journal Aquatic Research*, 40(4), 835-846.
<https://www.scielo.cl/pdf/lajar/v40n4/art02.pdf>
- [55] Richter, N., Siddhuraju, P. & Becker, K. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Journal Aquaculture*, 217, 599-611. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00497-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00497-0)
- [56] 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.
<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09712119.2010.9707135?needAccess=true>
- [57] Morillo, M., Visbal, T., Rial, L., Ovalles, F., Aguirre, P. y Medina, A.L. (2013). Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soja. *Revista Interciencia*, 38 (2), 121-127. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33926950010.pdf>
- [58] Alvarado Claudett, K.L., Joutex Orben, J.J., Tacuri Cevallos, G.C., Torres Noboa, A.R. y Parra Riofrío, G.B. (2022). Eficiencia de una dieta con base en harina de lenteja (*Lens culinaris*), en el crecimiento de alevines de tilapia. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 4(1), 40-52.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8421380>
- [59] Loqui Sanchez, A.J., Casignia Coox, D.A., Soria Castro, C.N., Valens Arevalo, J.W., Soria Yaguana, F.F. y Zambrano Alacon, M.E. (2020). Cultivo de tilapia plateada *Oreochromis niloticus* con harina hidropónica de soya como alimentación complementaria. *Revista Recimundo*, 4(2), 152-163.
<https://recimundo.com/index.php/es/article/view/834/1343>

- [60] Medina Villacis, M., Italo, E.G., García Gimeno, R.M. & Posada Izquierdo, G. (2022). Inclusion of banana (*Musa paradisiaca*) meal in the diet on the productive parameters of (*Oreochromis* spp.). *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 1062-1071. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S09.127>
- [61] Barnes, M.E., Durben, D.J., Reeves, S.G. & Sanders, R. (2006). Dietary yeast culture supplementation improves initial rearing of McConaughy strain rainbow trout. *Journal Aquaculture Nutrition*. 12(5):388–394. doi:10.1111/j.1365-2095.2006.00439.x.
- [62] He, S., Zhou, Z., Liu, Y., Shi, P., Yao, B., Ringo, E. & Yoon, I. (2009). Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ x *O. aureus* ♂) cultured in cages. *Journal Aquaculture*, 294, 99–107. <https://www.researchgate.net/publication/222513408>.
- [63] Abu Elala, N., Marzouk, M. & Moustafa, M. (2013). Use of different *Saccharomyces cerevisiae* biotic forms as immune-modulator and growth promoter for *Oreochromis niloticus* challenged with some fish pathogens. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 1(1), 21-29. doi:10.1016/j.ijvsm.2013.05.001.
- [64] Vieira de Azevedo, R., Fosse Filho, J.C., Louzada Pereira, S., Demier Cardoso, L., de Andrade, D.R. y Vázquez Vidal, M. (2016). Manano oligosacárido dietético y *Bacillus subtilis* en dietas para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, 38, 347-353. <https://www.redalyc.org/journal/3031/303148200001/html/>
- [65] Gaviria, Y.S., Camaño, J.A. y Zapata, J.E. (2020). Propiedades físicas de alimento para tilapia roja (*Oreochromis* spp.) elaborado con ensilado químico y secado en microondas. *Revista Información Tecnológica*, 31(6), 105-116. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600105>
- [66] Gopalakrishnan, Y., Al Gheethi, A., Radin, M.R.M.S., Shanmugan, V., Hasraf, N., Abu Bakar, J. & Mohd Salleh, S.N.A. (2020). Physical properties of fish feed containing household waste as an alternative substitute in newly developed soft-dry fish feed for red tilapia. *Journal Materials Today: Proceedings*, 31(1), 65-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.191>
- [67] Bolaños, M. (2015). Evaluación del uso de alimentos alternativos en el pre-engorde y engorde de tilapia (*Oreochromis* sp.) en la comunidad de Playa Rica-Noroccidente de Pichincha. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional; Quito, Ecuador]. Repositorio EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12612>
- [68] Celin Apolo, C.M. (2015). Incidencia de tres dietas alimenticias para el crecimiento y engorde de tilapia (*Oreochromis* sp.) en el sector de Yahuarcocha. [Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte; Ibarra, Ecuador]. Repositorio UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4319>
- [69] Carranza Espinal, E.O. (2016). El uso de la harina de morro como ingrediente proteico para la alimentación de tilapia. *Revista Ciencia y Tecnología*, 19(1), 25-39. <https://doi.org/10.5377/rct.v0i19.4273>
- [70] Rivas Vega, M.E., Miranda Baeza, A. y Sandoval Muy, M.I. (2010, 8-11 de noviembre). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. [Ponencia]. X Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; México. P. 467-484. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/115/114>
- [71] Mendiola Campuzano, J.V.H., de la Cruz Leyva, M.C., May Gutiérrez. M.E. y Alpuche Palma, A. (2013, 21-23 de agosto). Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Pterygoplichthys* spp. para la acuicultura. [Ponencia]. 3er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 4to. Encuentro Nacional de Investigación Científica. Villahermosa, Tabasco, México. P. 201-211.
- [72] Fabián Canseco, L.E., Casas Lemini, J.L., Fernández Suárez, A.D., Rodríguez Flores, R., Ramírez López, H., Chávez Galaviz, A., Vázquez Lozada, O. y Duran Alonso, S. (2015). Desarrollo de alimentos

- formulados para especies acuícolas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 40-48.
<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/issue/download/29/27>
- [73] Mendiola Campuzano, J.V.H., Vera Quiñones, F.C., Alpuche Palma, A. y Ramos Ferrer, J.R. (2018). Análisis nutricional, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(6), 12-24. <http://reibci.org/publicados/2018/dic/3200103.pdf>
- [74] Soza Chi, U.G., Peralta González, F., Rodríguez Flores, F., Vera Quiñones, F.C., Alpuche Palma, A. y Mendiola Campuzano, J.V.H. (2020). Estimación del contenido nutricional, inocuidad y costos en cuatro ensilados químicos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7(1), 39-49.
<http://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3900103.pdf>
- [75] Oliveira, M. (2016). Piscicultura. El turno de la tilapia. *Revista Pesquisa, FAPESP*, 249(1), 230-252.
<https://revistapesquisa.fapesp.br/es/el-turno-de-la-tilapia/>
- [76] Zambrano Benavides, D.A. (2013). Evaluación de tres métodos de alimentación mediante la utilización de *Azolla anabaena* y alimento balanceado en el rendimiento del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la fase de iniciación - levante como alternativa de producción en la granja integral demostrativa de la Secretaria de Agricultura de Linares. [Tesis de Grado, Universidad de Nariño; Pasto, Colombia]. Repositorio UDENAR. <https://sired.udenar.edu.co/1444/1/90045.pdf>
- [77] Ornelas Luna, R., Aguilar Palomino, B., Hernández Díaz, A., Hinojosa Larios, J. y Godínez Siordia, D.E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27(5), 19-25.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/au/v27n5/2007-9621-au-27-05-19.pdf>
- [78] Calderón Orellana, M.Y. (2018). Análisis del proceso productivo de tilapia (*Oreochromis* sp.) en la estación experimental Monterrico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA) Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). [Tesis de Grado, Universidad de San Carlos; Guatemala, Guatemala]. Repositorio USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9957/1/T-03497.pdf>
- [79] Paz, P.E., Martínez Turcios, A.D. y Chávez Chávez, J.I. (2019). Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. *Revista CEIBA de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*, 0843, 1-6.
<https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/download/1249/1187/3363>
- [80] Cassemiro, F.A., Bailly, D., Júnio da Graça, W.J. & Agostinho, A.A. (2018). The invasive potential of tilapias (*Osteichthyes*, *Cichlidae*) in the Americas. *Revista Hydrobiologia*, 817, 133-154.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-017-3471-1>
- [81] Costa, J. & Carvalho, E. (2012). Reproduction, food dynamics and exploitation level of *Oreochromis niloticus* (*Perciformes*: *Cichlidae*) from artisanal fisheries in Barra Bonita Reservoir, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 721-734. <https://acortar.link/B9VSQX>
- [82] Perdomo Castillo, D.A., Corredor Zambrano, Z.A., Reyna Camacho, Y.M., González Estopiñan, M., Moratinos López, P.A. y Perea Ganchoun, F.P. (2020). Influencia del tamaño, la variedad y la proporción de sexos en la producción de huevos de tilapia (*Oreochromis* spp.) en un sistema tropical intensivo al aire libre. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), e19037.
<https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19037>
- [83] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). Programa de información de especies acuáticas *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletalapia.htm
- [84] Urías Sotomayor, R., Maeda Martínez, A.N., Garza Torres, R., García Morales, R. y Navarro Murillo, R. (2022). Análisis de la producción de crías de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en

- instalaciones acuícolas en México de 2014-2021. *Revista AquaTechnica*, 4(1), 1-6.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6360811>
- [85] Reyes Trigueros, L., Monroy Dosta, M., Torres Ochoa, E., Cortés Sánchez, A. y Espinosa Chaurand, L. (2023). Parámetros reproductivos en la producción de crías tilapia *Oreochromis niloticus*: Revisión. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 38(2), 124-137. <http://doi.org/10.17163/lgr.n38.2023.09>.
- [86] Zlaugotne, B., Pubule, J. & Blumberga, D. (2022). Advantages and disadvantages of using more sustainable ingredients in fish feed. *Journal Heliyon*, 8(9), e10527.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9475308/>
- [87] Sorensen, M. (2012). A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. *Journal Aquaculture Nutrition*, 18(2), 233-248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00924.x>
- [88] Montoya Camacho, N., Hernández Oloño, J.T., Márquez Ríos, E., Rodríguez Félix, F., Torres Arreola, W., Castillo Yañez, F.J., Canizales Rodríguez, D.F. y Ocaño Higuera, V.M. (2018). Efecto de la sustitución de proteína animal por vegetal en el alimento sobre la fisiología de la tilapia del Nilo. *Revista Biotecnia*, 20(2), 37-42. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i2.598>
- [89] Romero Verdín, M.R. (2019). Elaboración y evaluación de una dieta formulada con *Lupinus albus* y harina de huevos infértiles de incubadora en la cría de tilapia (*Oreochromis niloticus*). [Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara; Zapopan, Jalisco; México]. Repositorio Dspace.
<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6070>
- [90] Barraza Guardado, R.H., Pérez Villalba, A.M., González Félix, M.L., Ortega Urbina, J.A.T., Muñoz Hernández, R., Zúñiga Panduro, M. y Pérez Velázquez, M. (2020). Uso de microalgas como constituyentes parciales del alimento balanceado para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Biotecnia*, 22(1), 135-141. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V22I1.1161>
- [91] Association of Official Agricultural Chemists. (2015). Official methods of analyses. AOAC, 18th Edition. https://archive.org/details/methodsofanalysi0000unse_s9q4/page/n111/mode/2up
- [92] NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0
- [93] NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0
- [94] NOM-113-SSA2-1994. Determinación de bacterias coliformes. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Diario Oficial de la Federación.
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>
- [95] NOM-114-SSA1-1994. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. Diario Oficial de la Federación. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69538.pdf>
- [96] Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2021). Ley de impuestos sobre la renta. Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR.pdf>
- [97] Prontuario Fiscal Tributario Correlacionado. (2023). Ley de impuesto sobre la renta. Cosegraf, 1ra. Edición.
- [98] Vielma Rondón, R., Ovalles Durán, J.F., León Leal, A. y Medina, A. (2003). Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA). *Archives Pharmaceutical*, 44(1), 43-58. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/article/view/5124/4936>
- [99] Zalapa Ríos, A. (2010). Realidades del cuadrado de Pearson simple, compuesto y el agregado. *Ergomix*, Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/30-Cuadrado_Pearson.pdf

- [100] Mendiola Campuzano, J.V.H., Vera Quiñones, F.C., Alpuche Palma, A., Ramos Ferrer, J.R. y Barceló Gutiérrez, V.M. (2018). Análisis nutrimental, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(6), 12-24. <http://reibci.org/publicados/2018/dic/3200103.pdf>
- [101] Núñez González, A., Barcenás Mompeller, Y., Mejías Caba, A. & Marrero García, 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. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542020000400010&lng=es&tlng=es
- [102] Aranibar, A.M.J. (2021). Manual de capacitación: Alimentos balanceados para truchas. Jupiter Impresores. https://www.researchgate.net/publication/356732229_Alimentos_Balanceados_para_Truchas
- [103] Pineda Santis, H.R., Giraldo Soto, M.C., Pabón Estrada, W., López de Mesa Torres, O.A. y Calderón Bedoya, V.M. (2023). Evaluación zootécnica de alevinos de tilapia roja *Oreochromis sp.* suplementados con botón de oro *Tithonia diversifolia*. *Revista Politécnica*, 19(37), 151-159. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a11>
- [104] Quintero Pinto, L.G. (2008). Exigencias dietarias e disponibilidade do fontes do fósforo para tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu; São Paulo, Brasil]. Repositorio UNESP. <https://www.fmvz.unesp.br/Home/ensino/pos-graduacao/768/zootecnia/dissertacoes/teses/luis-gabriel-quintero-pinto.pdf>
- [105] 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 tanquesrede. *Boletim del Instituto do Pesca*, São Paulo, 35(2), 285-294. ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/35_2_285-294.pdf
- [106] Torres Novoa, D.M. y Hurtado Nery, V.L. (2012). Requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Orinoquia*, 16(1), 63-68. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092012000100007&lng=en&tlng=es.
- [107] 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. ©ECORFAN. https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Quimica%20y%20Agronomia%20T-I/HCQA_TI_9.pdf
- [108] Gutiérrez Espinosa, M.C., Murillo Pacheco, R., Merino, M.C. y Flores Nava, A. (2016). Catálogo de dietas piscícolas artesanales de bajo costo convalidadas con productores de recursos limitados. Proyecto Tcpr/la/3504 Alimentos Alternativos Arel. FAO-Unillanos-AUNAP. <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/CATALOGO-DIETAS-1.pdf>
- [109] Restrepo Castro, A.C. (2019). Manual práctico de manufacturación artesanal de dietas acuícolas alternativas para cachama blanca *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818, dirigido a acuicultores de recursos limitados de los municipios de Lejanias y El Dorado, Meta. [Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad de los Llanos; Villavicencio, Meta, Colombia]. Repositorio Digital Universidad de los Llanos. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1512>
- [110] Gutiérrez Espinosa, M.C. y Merino, M.C. (2021). Manual práctico para la preparación de alimentos balanceados artesanales para piscicultura. FAO- AUNAP. <https://www.aunap.gov.co/documentos/Fomento/manuales/Manual-preparacion-de-alimentos-artesanales.pdf>
- [111] Association of Official Agricultural Chemists. (2015). Official methods of analyses. AOAC, 18th Edition. https://archive.org/details/methodsofanalysisi0000unse_s9q4/page/n111/mode/2up

- [112] NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0
- [113] NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0
- [114] NOM-113-SSA2-1994. Determinación de bacterias coliformes. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Diario Oficial de la Federación. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>
- [115] NOM-114-SSA1-1994. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. Diario Oficial de la Federación. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69538.pdf>
- [116] Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2021). Ley de impuestos sobre la renta. Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR.pdf>
- [117] Pronuario Fiscal Tributario Correlacionado. (2023). Ley de impuesto sobre la renta. Cosegraf, 1ra. Edición.
- [118] El-Sayed, A.F.M. (2004, 12-16 de septiembre). Protein nutrition of farmed tilapia: Searching for unconventional sources. 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. [Conference]. Manila, Philippines. P. 364-378. https://www.researchgate.net/publication/237324012_Protein_nutrition_of_farmed_Tilapia_searching_for_unconventional_sources
- [119] Gisbert, E., Fernández, I. y Estévez, A. (2008, 24-27 de noviembre). Nutrición y morfogénesis: Efecto de la dieta sobre la calidad larvaria en peces. [Ponencia]. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Ensenada, Baja California; México. P. 46-78. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/135/133>
- [120] Tacon, A.G.J. (2008, 24-27 on November). Compound aqua feeds in a more competitive market: Alternative protein sources for a more sustainable future. [Conference]. IX International Symposium of Aquaculture Nutrition. Ensenada, Baja California; México. P. 1-5. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/129/127>
- [121] Toledo Pérez, S.J. y García Capote, M.C. (2019). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. Avances en Nutrición Acuicola. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/292>
- [122] 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.
- [123] Jones F.T. (2000). Quality control in feed manufacturing. Published in Avitech's Technical Bulletin. https://www.yumpu.com/en/document/read/29997374/quality-control-in-feed-manufacturing#google_vignette
- [124] Villarreal Cavazos, M.D.A., Guajardo Barbosa, Q.C., Ezquerro Brauer, D.J.M., Scholz, M.U., Cruz Suárez, D.L.E. y Ricque Marie, D.D. (2004, 16-18 de noviembre). Efecto de las micotoxinas en la nutrición de camarones peneidos. [Ponencia]. VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Hermosillo, Sonora; México, P. 463-479. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/211>
- [125] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] e International Feed Industry Federation [IFIF]. (2014). Buenas prácticas para la industria de piensos. Implementación del Código de Prácticas sobre Buena Alimentación Animal. Manual de la FAO sobre Producción y Sanidad Animal. No 9. FAO e IFIF. https://images.engormix.com/externalFiles/6_FAO-BPM-alimentos.pdf
- [126] Bastardo, H., Medina, A. y Bianchi, G. (2007). Utilización de proteína no convencional en dietas para iniciador de trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*. AAPA-ALPA. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/89-Bastardo_Trucha.pdf

- [127] De la Cruz Méndez, L.C. (2010). Análisis proximal y microbiológico de harinas de fuentes no convencionales. [Tesis de Grado, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Tenosique de Pino Suárez, Tabasco, México]. Repositorio de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- [128] León Sánchez, R., Villanueva Cuevas, G.J., González Ledesma, I., García López, P.M., Ruiz López, M.A. y García Chávez, A.A. (2010). Evaluación de subproductos agropecuarios en nutrición de tilapias *Oreochromis sp.* Revista AquaTic, 32, 1-6. http://revistaaquatic.com/aquatic/pdf/32_01.pdf
- [129] Botello León, A., Viana, M.T., Téllez Girón, E., Pullés Ariza, E., Cisneros López, M., Solano Silveira, G., Valdivié, M., Miranda Miranda, O., Rodríguez Valera, Y., Cutiño Espinoza, M., Savón, L. y Botello Rodríguez, A. (2011). Sustitución de la harina de pescado por harina de caña proteínica para la engorda de tilapia roja. Revista Agrociencia, 45 (1), 23-31. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v45n1/v45n1a3.pdf>
- [130] Morillo, S.M., Visbal, B.T., Altuve, D., Ovalles, D.F. y Medina, G.A.L. (2013). Valoración de dietas para alevines de *Colossoma macropomum* utilizando como fuentes proteicas harinas de lombriz (*Eisenia foetida*), soya (*Glycine max*) y caraotas (*Phaseolus vulgaris*). Revista Chilena de Nutrición, 40(2), 147-154. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v40n2/art09.pdf>
- [131] Mendiola Campuzano, J.V.H., Vera Quiñones, F.C., Alpuche Palma, A., Ramos Ferrer, J.R. y Barceló Gutiérrez, V.M. (2018). Análisis nutrimental, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. Revista Iberoamericana de Ciencias, 5(6), 12-24. <http://reibci.org/publicados/2018/dic/3200103.pdf>
- [132] Brugére, C. y Ridler, N. (2005). Perspectivas de la acuicultura mundial en los próximos decenios: Análisis de los pronósticos para 2030 de la producción acuícola de los principales países. Circular de Pesca No. 1001 FIPP/C1001 (Es). FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f0e024c6-ba11-4c48-b9e7-537b735d11da/content>
- [133] Ponce Palafox, J.T., Romero Cruz, O., Castillo Vargasmachuca, S., Arteaga Nochebuena, P., Ulloa García, M., González Sala, R., Febrero Toussaint, I. y Esparza Lea, H. (2006). El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. Revista Electrónica de Veterinaria, VII(7), 1-16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612753004.pdf>
- [134] Vega Villasante, F., Cupul Magaña, A.L., Cupul Magaña, F.G., Jaime Ceballos, B. y Galindo López, J. (2009). Acuicultura de tilapia a pequeña escala para autoconsumo de familias rurales y periurbanas de la costa del Pacífico. Centro de Investigaciones Pesqueras de la Universidad de Guadalajara. <http://www.cuc.udg.mx/sites/default/files/publicaciones/2008%20-%20Acuicultura%20de%20tilapia%20a%20peque%C3%B1a%20escala%20para%20autoconsumo%20de%20familias%20rurales%20y%20periurbanas%20de%20la%20costa%20del%20Pac%C3%ADfico.pdf>
- [135] Lango Reynoso, F., Castañeda Chávez, M., Zamora Castro, J.E., Hernández Zárate, G., Ramírez Barragán, M.A. & Solís Morán, E. (2012). Ornamental marine fishkeeping: A trade of challenges and opportunities. Latin American Journal of Aquatic Research, 40(1), 12-21. <https://doi.org/10.3856/vol40-issue1-fulltext-2>
- [136] Chibras Guillermo, D.E. (2015). Sustentabilidad de la acuicultura en México: Perspectivas desde un caso de estudio en la Costa Chica de Oaxaca. Revista Interdisciplina, 3(7), 161-191. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/inter/article/view/52390>
- [137] Das, S.K. (2019). Small-scale rural aquaculture in Assam, India. A case study. Journal World Fish Center Quarterly, 29(1), 42-47. https://www.researchgate.net/publication/336890706_Small-Scale_Rural_Aquaculture_in_Assam_India_-_A_Case_Study
- [138] Delgado Vidal, F.K., Gallardo Collí, A., Cuevas Pérez, L. y García Ulloa, M. (2009). Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. Avances en Investigación Agropecuaria, 13(2), 55-70. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2009/mayo/5.pdf>

- [139] Nguyen T., Allen, D.D. & Saoud, I.P. (2009). Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis* spp. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1), 113-122. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00230.x>
- [140] Instituto Nicaraguense de la Pesca y Acuicultura [INAPESCA]. (2020). Dietas alternativas de bajo costo para la producción de peces como la tilapia. *Boletín sobre la Acuicultura de Pequeña Escala y Recursos Limitados*, 1-4. http://inpesca.gob.ni/images/Cartilla%20Nutricion%20Acuicola/Nutricion_20200427.pdf
- [141] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). Diagnóstico de la acuicultura de recursos limitados (AREL) y de la acuicultura de la micro y pequeña empresa (AMYPE) en América Latina. FAO. <https://www.fao.org/4/as235s/as235s.pdf>
- [142] Murillo Pacheco, R. y Gutiérrez Espinosa, M.C. (2016). Catálogo de materias primas alternativas como insumos potenciales para la elaboración de alimentos para acuicultura. Proyecto Tcp/Rla/3504, Alimentos alternativos (AREL). FAO, Instituto de Acuicultura de los Llanos (IALL), Universidad de los Llanos, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/CATALOGO-MATERIAS-PRIMAS-3.pdf>
- [143] Gutiérrez Espinosa, M.C., Murillo Pacheco, R., Merino, M.C. y Flores Nava, A. (2016). Catálogo dietas piscícolas artesanales de bajo costo convalidadas con productores de recursos limitados. Proyecto Tcp/Rla/3504, Alimentos Alternativos (AREL). FAO, Instituto de Acuicultura de los Llanos (IALL), Universidad de los Llanos, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13297.94560>