

Ensilado compuesto: Una opción viable para su inclusión en la alimentación acuícola

Norma González-Artiga, Undarica Soza-Chí, Fanny Peralta-González, Francisco Rodríguez-Flores, Alejandro Alpuche-Palma, Fernando Vera-Quñones y Jorge Mendiola-Campuzano*

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Tenosique de Pino Suárez, Tab.; México

[gonzalezartiga0808, sozigulni70]@gmail.com; [fco_01]@hotmail.com; [fernando.vera, alejandro.alpuche, fanny.peralta]@ujat.mx

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

Abstract— Currently, aquaculture feed presents several problems, one of them being the lack of alternative ingredients to replace conventional ones. For this reason, a silage was prepared with armored fish *Pterygoplichthys* spp., carpfish *Cyprinus carpio*, tilapia *Oreochromis niloticus*, and earthworm *Eisenia foetida*. Its nutritional and microbiological content was determined, as well as the costs involved to determine its nutritional quality, safety and economic viability. The results indicated that the silage has an acceptable nutritional content, excellent safety and its cost is low, so it was concluded that the product is a viable alternative for its inclusion in aquaculture feeds.

Keyword— *Elaboration, Evaluation, Costs, Ingredient, Unconventional.*

Resumen— Actualmente, la alimentación acuícola enfrenta diversas adversidades, entre las que destaca la falta de ingredientes no convecionales que sustituyan la harina de pescado. En este trabajo, se elaboró un ensilado compuesto con pez armado *Pterygoplichthys* spp., chopín *Cyprinus carpio*, tilapia gris *Oreochromis niloticus* y lombriz de tierra *Eisenia foetida*, con el objetivo de mejorar su calidad nutrimental. Se evaluó su contenido nutrimental, inocuidad alimenticia, así como los gastos implicados para su elaboración, a fin de determinan su factibilidad económica. En base a los resultados, el producto obtuvo un contenido nutrimental muy aceptable, excelente inocuidad y su costo se justifica por el aporte de nutrientes. Se concluyó que el ensilado compuesto es una alternativa viable para su inclusión en dietas acuícolas.

Palabras claves— *Elaboración, Evaluación, Costos, Ingrediente, No convencional.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la acuicultura es una disciplina dentro de las ciencias agropecuarias que está orientada hacia la producción de especies acuáticos con importancia comercial, mismas que se producen para diversos fines (recreativos, educativos, de conservación, entre otros); sin embargo, esta actividad prioriza su producción para su consumo humano, por lo que es imperativo diversificar técnicas, tecnologías y métodos, los cuales deben estar enfocados para el crecimiento y sustentabilidad del sector productivo acuícola, lo cual conlleva a su viabilidad para incrementar su desarrollo [1, 2, 3].

No obstante, se ha señalado que para obtener un adecuado crecimiento y desarrollo de los organismos acuáticos en cultivo, es primordial la inclusión de alimentos balanceados que cuenten con la calidad nutrimental requerida por el organismo. En países en desarrollo, los costos de alimentación son muy elevados, por lo que se debe innovar para la creación de alimentos completos y económicos [4], mismo que se puede conseguir con la incorporación de una gran gama de materias primas de origen animal y vegetal e incluso, el aprovechamiento de aquellos que suelen ser considerados desechos (cáscaras o semillas de frutas, residuos de matanza, entre otros).

Por lo tanto, un área que debe ser considerada fundamental es la nutrición acuícola, ya que mediante las prácticas y estrategias de alimentación realizadas en las unidades de producción acuícola, se puede pernotar que es el costo más elevado en la producción acuícola, ya que suele oscilar entre el 40 al 60%, debido a la inclusión de la harina y aceite de pescado como principales ingredientes en los alimentos acuícolas comerciales, los cuales son utilizados por su aporte de aminoácidos, vitaminas, minerales y energía, además de caracterizarse por su alta atractabilidad, palatabilidad y digestibilidad; sin embargo, el desequilibrio que presenta en el mercado a través de la oferta y la demanda, repercute en su costo, lo que impacta directamente en los costos totales en la producción de alimentos, lo cual se debe principalmente a la sobre explotación pesquera [5, 6, 7, 8, 9, 10].

De acuerdo con datos estadísticos [11], en 2018, se tuvo una producción pesquera mundial de 179 millones de toneladas, destinándose 19 millones de toneladas para la elaboración de harina y aceite de pescado, principales insumos utilizados en la industria de alimentos para animales acuáticos y terrestres; sin embargo, no se tiene un equilibrio entre la oferta y la demanda, por lo que el uso de estos ingredientes se vuelve una limitante en términos de disponibilidad y por tanto, mayor costo su incorporación en los alimentos comerciales.

Por ello, se ha mencionado que es indispensable hacer un uso más racional de la harina de pescado, así como la importancia de la búsqueda de nuevas fuentes proteicas, mismas que deben ser valoradas en cuanto a su composición nutrimental e inocuidad microbiológica, sin dejar a un lado los costos implicados en su procesamiento que determinen su factibilidad económica; de esta forma, estas fuentes proteicas alternas deberán cumplir con las exigencias alimenticias de los organismos con potencial en la producción acuícola [12, 13, 14, 15].

En la actualidad, es evidente la búsqueda de materias primas no convencionales para su inclusión en la alimentación acuícola, su transformación como ingredientes, así como su evaluación nutrimental y microbiológica, para ser incluidas en la formulación y elaboración de alimentos acuícolas [16], ya que la acuicultura se ha constituido en una práctica que impacta directamente en la industria alimentaria; ante ello, se tiene la necesidad de obtener alimentos de bajo costo, con el aporte nutrimental que asegure el desarrollo de las especies cultivadas, así como el que sean inocuos [17, 18, 19].

En este sentido, se han evaluado diversos productos y subproductos no convencionales, con la finalidad de determinar su viabilidad económica, así como los aportes nutrimentales e inocuidad para incorporarlos en la elaboración de alimentos acuícolas y así, sustituir total o parcialmente la harina y aceite de pescado [20, 21, 22].

Entre estas fuentes que han sido evaluadas para su inclusión en dietas acuícolas, se pueden citar: cáscara de naranja *Citrus sinensis* [23], torta de soya *Glycine max* [24], soya integral *Glycine max* [25], flor de cempasúchil *Tagetes erecta* [26], yuca *Manihot esculenta* [27], harina de ulva *Ulva rigida* [28], harina de cáscara de cacahuete *Arachis hypogaea* [29], fríjol arvejilla *Vicia narbonensis* [30], pez armado *Pterygoplichthys* spp. [31, 32], calamar *Loligo* spp. [33], harina de sardina con *Moringa oleífera* [34], harina de fríjol de soya *Glycine max* [35], harina de semilla de caucho *Hevea brasiliensis* [36], solo por citar algunos ejemplos.

Con respecto a lo anterior, el empleo de ensilados es factible para su inclusión en dietas acuícolas, estos productos en principio, representan un método de conservación de forrajes, subproductos agroindustriales, especies sin importancia comercial e incluso de materias primas no convencionales, mismos que procesan mediante el molido o compactación de la materia prima a emplear, a la cual se le debe de expulsar el aire y posteriormente se somete a su fermentación en un medio anaeróbico, con la finalidad de desarrollar el crecimiento de bacterias acidificadoras; de este modo, el ensilado es el producto resultante de la fermentación con la formación de ácido láctico; así, los ensilados pueden

suplementarse durante todo el año, debido a su larga vida de anaquel, la cual puede llegar hasta los dos años [37, 38, 39].

En la práctica, se han evaluado diversos ensilados para sustituir total o parcialmente la harina de pescado, para ser incorporados en los alimentos acuícolas [40]. Como ejemplo, se pueden citar los ensilados elaborados con desechos de la industria camaronícola para la alimentación del bagre *Clarias gariepinus*, así como de tilapia *Oreochromis niloticus* [41, 42]; la evaluación de ensilado de sardina [43] y el procesado con residuos de pejerrey *Odontesthes bonariensis* [44]; los ensilados hechos de productos de desecho de la industria pesquera [45, 46, 47, 48, 49] evaluados en la alimentación de Pacú *Piaractus mesopotamicus*, tilapia roja *Oreochromis* sp. y carpa común *Cyprinus carpio vulgaris*; ensilados producidos con pescado y yuca *Manihot esculenta*, así como pescado con boniato *Ipomoea batatas* [50]; ensilado con pez machuelo *Opisthonema oglinum* [51] para alimentar al bagre *Clarias gariepinus*; ensilado de carpa común *Cyprinus carpio* y sus residuos [52, 53]; ensilado de residuos de atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y residuos del fileteado de tilapia *Oreochromis* sp. [54], ensilado de pez sierra *Scomberomorus sierra* para alimentar al camarón *Litopenaeus vannamei* [55], así como el ensilado obtenido con subproductos de cerdo para alimentar a diversas especies piscícolas [56].

Sin embargo, se ha observado que los contenidos nutrimentales en los ensilados suelen ser bajos, en comparación con los requerimientos que demandan los organismos acuáticos, sobre todo el contenido proteico, el cual puede ser un limitante para su crecimiento y desarrollo, además de ser el principal nutrimento que requieren para su funcionamiento, metabolismo y el mantenimiento de sus funciones vitales [57, 58]; así, la cantidad y calidad de nutrimentos ingeridos tienen un efecto directo sobre el crecimiento, ya que si el alimento tiene elevada cantidad energética y poca proteína, el organismo cubrirá sus necesidades energéticas, pero no tendrá la cantidad necesaria de sustrato para construir tejidos y estructuras; contrariamente, si existe gran cantidad proteica y poca energía, el organismo no tendrá la suficiente energía para efectuar sus funciones vitales, por lo que empleará aminoácidos, lo cual es menos redituable en términos costo-beneficio, ya que se requiere mayor cantidad de ATP para adquirir la energía a partir de estos compuestos [59, 60].

Cabe señalar que el crecimiento representa el aumento del tamaño y número de células, así como de las estructuras del organismo, mediante el crecimiento somático, que corresponde al progreso del dimensionamiento longitudinal del organismo, debido a la multiplicación celular y la convergencia de sustancias celulares; así mismo, los organismos presentan crecimiento en masa, el cual se da por el aumento en volumen, debido a la acumulación de reservas energéticas y la formación de órganos reproductores, por lo que se debe tomar en cuenta que tanto el crecimiento como la división celular, dependerán de la capacidad que tengan los organismos acuáticos para asimilar y utilizar los nutrimentos que se ofrecen para su consumo [61, 62]

En el presente trabajo, se elaboró un ensilado químico compuesto con cuatro productos de bajo costo y abundancia: pez armado *Pterygoplichthys* spp., chopín *Cyprinus carpio*, tilapia gris *Oreochromis niloticus* y lombriz de tierra *Eisenia foetida*. Este ensilado compuesto se procesó de esta forma, a fin de mejorar su calidad nutrimental y así poder utilizarlo como ingrediente en la elaboración de dietas acuícolas. Una vez obtenido el ensilado compuesto, se efectuaron los análisis proximales básicos para determinar su contenido nutrimental, mediante las técnicas descritas por la Association of Official Agricultural Chemists [63] para comprobar su contenido porcentual de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas totales, humedad total y materia seca.

Así mismo, se efectuaron los análisis microbiológicos de acuerdo con lo estipulado en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para comprobar el contenido de hongos y levaduras [64], coliformes totales en placa [65] y Salmonella [66], con la finalidad de observar si cumple con los límites permisibles de inocuidad [67]. También, se estimaron los costos implicados en su elaboración para conocer su factibilidad en términos económicos. Lo anterior se realizó para demostrar las bondades que ofrece el

ensilado químico compuesto y así, pueda ser considerado como una alternativa para su inclusión en la elaboración de alimentos acuícolas completos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo 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 carretera Tenosique-Estapilla Km 1, de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México.

En primer lugar, se procedió a la obtención de las materias primas para su procesamiento como ensilados; de esta forma, los organismos de *Pterygoplichthys* spp. (3000 g) y *Oreochromis niloticus* (3000 g), se obtuvieron de la Unidad Experimental de Nutrición de la DAMR-UJAT, los cuales fueron colocados por separado en una tina de 500 L de capacidad y se sometieron a un ayuno de 48 h, a fin de vaciar el tracto digestivo de cada organismo. Posteriormente, las tilapias se sacrificaron mediante la aplicación de shock térmico a 4°C por 15 min, mientras que los especímenes de pez armado fueron sacrificados mediante un doble shock térmico, el primero a una temperatura de 40°C por 20 min y el segundo a 4°C por espacio de 20 min [68]. Una vez sacrificados, de manera inmediata se introdujeron en bolsas de plástico con cierre hermético y fueron colocados en un refrigerador convencional Mabe®, a una temperatura de -20°C para su conservación por espacio de 48 h.

Los ejemplares de *Cyprinus carpio* (3000 g), se adquirieron en el mercado local de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco, mismos que fueron trasladados a las instalaciones de la DAMR-UJAT, donde se lavaron previamente con agua corriente, se escurrieron y se empaquetaron en bolsas de plástico con cierre hermético y se depositaron en un congelador convencional Mabe®, para conservación a -20°C por 48 h.

Para la obtención de *Eisenia foetida* (3000 g), éstas se recolectaron en un terreno aledaño al Área de Producción Acuícola de la DAMR-UJAT; para su extracción, se empleó una pala plana, un tamizador y un recipiente de plástico con capacidad de 19 L, el cual se condicionó con una cama de tierra de aproximadamente 10 cm de grosor, con la finalidad de transportar y conservar a los organismos en condiciones anti-estresantes durante su colecta. Luego, se colocaron en una tina de plástico con capacidad de 50 L, misma que fue llenada al 70% de su capacidad y se introdujeron las lombrices para iniciar el vaciado intestinal por espacio de 48 h, El agua se recambiaba cada 2 h, para eliminar las impurezas y se le colocó un aireador Boyu® de doble salida, para insuflar el medio. Finalmente, se sacrificaron, introduciendo a los organismos en una solución salina al 5% por espacio de 10 min y se colocaron en bolsas de plástico con cierre hermético y se conservaron en un congelador convencional Mabe®, a -20°C por 48 h [69].

Una vez obtenidas las materias primas (tilapias, chopínes, peces armado y lombrices), éstas fueron troceadas con un cuchillo tipo hachuela y una tabla de cocina de plástico convencional y se incorporaron los trozos en un molino cárnico eléctrico Torrey® modelo M-22-RW con capacidad de potencia de 1 HP, a fin de obtener un producto tipo pasta. El producto molido fue separado en porciones de 1000 g, en recipientes de plástico con tapa hermética con capacidad para 1 L, con la finalidad de obtener tres porciones; de esta forma se tuvo por triplicado las muestras y se homogenizaron manualmente con su mezclado mediante una pala plana de madera para cocina.

Seguidamente, se les adicionó una mezcla de ácido sulfúrico y ácido cítrico en grado alimenticio en una proporción de 4:2 de p/v, los cuales se añadieron lentamente y se fueron mezclando cada una de las muestras para nuevamente homogenizar cada una de las muestras. A continuación, se tomó la lectura de pH con un potenciómetro marca Hanna® modelo HI83141, el cual fue ajustado a 3. El pH de cada muestra se monitoreó durante los primeros cinco días cada 4 h, ya que en este periodo el pH suele ser inestable y cambiante, por lo cual se tiene que mantener el medio, de acuerdo al ajuste inicial; pasado

este tiempo, se continuó tomando la lectura del pH dos veces al día. Las muestras se mantuvieron en los recipientes plásticos con tapa hermética a temperatura ambiente por espacio de 30 días, con la finalidad de obtener el ensilado químico compuesto [70].

Una vez elaborado el ensilado químico compuesto, se le realizaron los análisis proximales básicos [71], cada uno por triplicado, con la finalidad de conocer su composición nutrimental del producto, por lo que se determinó:

- ◆ Contenido de proteína cruda. Se aplicó el método Kjeldahl, para lo cual se empleó un digestor de la marca Tecator® modelo 1007, para realizar la digestión ácida (ácido sulfúrico) de las muestras, por espacio de 2.5 h. Luego, la digestión alcalina se desarrolló mediante un destilador automático Tecator®, utilizando hidróxido de sodio al 40% de concentración. Posteriormente, la titulación de cada muestra se hizo con una bureta automática, a la cual se le añadió HCl a 0.1 N para el vire y así poder estimar el contenido proteico con un factor de conversión de 6.25, de acuerdo con la técnica antes citada.
- ◆ Contenido de extracto etéreo. Este análisis se aplicó para conocer el contenido porcentual de lípidos en el producto evaluado, empleando para ello el método Soxhlet, por lo que se utilizó un equipo de extracción etérea convencional al cual se le añadió éter de petróleo para el lavado de las muestras, el cual se desarrolló durante 4 h.
- ◆ Contenido de cenizas totales. Para conocer el contenido porcentual de minerales en el ensilado compuesto, se aplicó el método de incineración, mediante el uso de una mufla marca Novatech®, la cual cuenta con una capacidad térmica de 0° a 1000°C; así, las muestras fueron calcinadas a 550°C durante 3 h.
- ◆ Contenido de humedad total. Para determinar la cantidad de agua en cada una de las muestras analizadas, se aplicó el método de eliminación térmica del agua a través de la introducción de las alícuotas del ensilado compuesto en una estufa Binder®, a 110°C por espacio de 24 h, hasta obtener la eliminación completa del agua de cada muestra y obtener su peso constante.
- ◆ Materia seca. Para su estimación, se hizo la sumatoria de cada uno de los nutrimentos evaluados, con excepción del contenido de humedad total, siendo el resultado de esta suma la materia seca con la que se cuenta en el producto elaborado.

Los resultados obtenidos en los análisis proximales, fueron comparados con otros productos similares, propuestos por diversos investigadores, para observar las diferencias que se presentan en cuanto a su contenido nutrimental.

Luego de haber realizado los análisis proximales del ensilado químico compuesto, se procedió a determinar cada uno de los siguientes análisis microbiológicos:

- ◆ Hongos y levaduras, a través de la NOM-111 [74].
- ◆ Coliformes totales en placa, en base a lo descrito a la NOM-113 [75].
- ◆ Salmonella, mediante la NOM-114 [76]

Estos análisis microbiológicos se realizaron con la finalidad de determinar la inocuidad alimentaria con la que cuenta el ensilado compuesto. En todos los análisis microbiológicos, se consideró lo descrito en la NOM-110 [77] para la preparación y dilución de muestras en alimentos.

Para asegurar la calidad nutrimental y microbiológica del ensilado elaborado en la presente investigación, se realizó la duplicidad experimental, a fin de que el producto evaluado pueda ser incluido de manera segura en dietas destinadas a especies acuícolas cultivadas.

Posteriormente, se calcularon los costos implicados en la elaboración del ensilado compuesto; para ello, se consideraron todos los equipos, materiales y productos utilizados y su estimación se realizó de acuerdo con la Ley de Porcentajes de Depreciación Anual, descrita en la Ley de Impuestos sobre la Renta [78] en su sección II, Artículos 31, 32, 33, 34, 35 y 36, donde se considera que para tales efectos, las inversiones como activos fijos, gastos y cargos diferidos y las erogaciones utilizadas en periodos preoperativos, se considera para estos conceptos la aplicación del 8%, mismo que está corroborado en el Prontuario Fiscal Correlacionado[79], el cual se basa en la elaboración de productos alimenticios y de bebidas excepto granos, azúcar, aceites comestibles y derivados. Con la estimación de los costos implicados en su elaboración se pudo señalar su factibilidad en términos económicos para sustituir de manera parcial o total los ingredientes convencionales adicionados en los alimentos comerciales.

III. RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos, el contenido nutrimental presentó un 36.09%±0.21 de humedad total, 63.91%±0.19 en materia seca, 34.82%±0.13 de proteína cruda, 16.56%±0.11 en cenizas totales y 12.53%±0.15 de extracto etéreo. Estos resultados al ser comparados con otros elaborados en diversos trabajos, evidencian las contribuciones nutrimentales que el ensilado compuesto puede aportar en una dieta acuícola (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación del contenido nutrimental del ensilado compuesto con otros ensilados experimentales.

Ensilado	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Cenizas Totales	Humedad Total	Materia Seca	Referencia
Compuesto	34.82	12.53	16.56	36.09	63.91	
1. Pez armado	26.80	10.51	26.77	35.92	64.08	
2. Tilapia	27.48	13.84	22.59	36.09	63.91	[80]
3. Carpa común	25.70	15.53	24.93	33.79	66.21	
4. Lombriz de tierra	22.83	18.67	11.96	46.54	53.46	
5. Subproductos de tilapia	27.20	10.50	9.00	53.30	46.70	[81]
6. Vísceras y mantos de <i>Argopecten purpuratus</i>	29.25	13.28	10.13	12.33	87.67	[82]
7. Subproductos cárnicos de cerdo	22.37	10.43	5.94	61.26	38.74	[83]
8. Residuos de pescado	24.11	11.32	10.04	54.53	45.47	[84]
9. Desechos de atún <i>Thunnus albacares</i>	20.92	12.64	15.32	51.12	48.88	
10. Desechos de fileteado de tilapia <i>Oreochromis</i> sp.	15.98	10.36	6.89	66.77	33.23	[85]

En cuanto a las características físicas que se observaron en el ensilado compuesto, se pudo constatar que cuenta con una textura al tacto de consistencia pastosa semi-húmeda, presentando una coloración marrón oscura y un olor ácido-dulce muy característico en este tipo de productos.

Así mismo, la inocuidad microbiológica del producto elaborado fue adecuada (Tabla 2), ya que en base a la cuantificación de microorganismos presentes en el ensilado (Salmonella, coliformes totales y hongos y levaduras), se pudo constatar que es un producto seguro para su consumo por diversas especies acuícolas y se sujeta a las cargas permisibles descritas en la NOM-PESC-021 [86].

Tabla 2. Análisis microbiológicos realizados en el ensilado compuesto.

Mohos y Levadura	Coliformes Totales	Salmonella
3 UFC g ⁻¹	AUSENTE	AUSENTE

*UFC g⁻¹ Representa Unidades Formadoras de Colonias por g de muestra.

En lo concerniente a los costos implicados para la elaboración del producto (Tabla 3), se puede notar que los costos generados en su procesamiento varían entre sí y esto se debe principalmente al costo de la materia prima que se utilice en su elaboración; no obstante, los cuatro ensilados mostraron su viabilidad para su inclusión en la alimentación acuícola.

Tabla 3. Costos involucrados en la elaboración del ensilado químico compuesto.

Equipos, Materiales y Materia Prima	Cantidad	Costo	Depreciación
♦ Molino cárnico	1	\$3,959.90	\$0.87
♦ Balanza electrónica	1	\$1,890.00	\$0.41
♦ Cuchillo	1	\$90.00	\$0.40
♦ Tabla de plástico	1	\$60.00	\$0.26
♦ Hielo	½ barra	\$10.00	-----
♦ Ácido sulfúrico	40 mL	\$20.00	-----
♦ Ácido cítrico	20 g	\$2.50	-----
♦ Envase	1	\$10.00	-----
♦ Tilapia	250 g	\$10.00	-----
♦ Pez armado	250 g	\$5.00	-----
♦ Carpa común	250 g	\$10.00	-----
♦ Lombriz de tierra	250 g	\$2.00	-----
Total:		\$71.44	

*Los precios están estimados en MNX por kg del producto.

De esta forma, el costo total del ensilado compuesto se estimó en \$71.44 MN por kg; sin embargo, el costo se puede disminuir al momento de subir su escala de producción (piloto, comercial), ya que las materias primas y los materiales se pueden comprar al mayoreo y así, los costos que se generan para su elaboración pueden aminorarse, por lo que su inclusión en alimentos acuícolas es viable en términos económicos.

IV. DISCUSIÓN

La acuicultura en los últimos años ha demostrado ser una actividad de gran importancia para la humanidad, debido principalmente a la capacidad que tiene para producir productos con elevada calidad nutricional, por lo que representa una respuesta para el abastecimiento de alimentos de calidad para el ser humano, así como la capacidad de producirlos en ciclos productivos relativamente cortos, en comparación con otras actividades agropecuarias. Además, la acuicultura ha permitido la generación de empleos y divisas, a través de la diversificación de los sistemas productivos y la aplicación de métodos y tecnologías que mejoran su capacidad de producción [87, 88].

Sin embargo, actualmente se presenta una baja en el suministro de proteína animal y vegetal empleadas para la elaboración de alimentos comerciales, por lo que existe un incremento en el costo de los insumos, principalmente por la harina de pescado, debido a que a nivel mundial, la captura de

pescado reservado para la producción de harina, esté alcanzando el máximo rendimiento sostenible [89]; por ello, este trabajo tuvo la finalidad de elaborar y evaluar un ensilado compuesto, cuyo producto fue elaborado con pez armado *Pterygoplichthys* spp., tilapia gris *Oreochromis niloticus*, chopín *Cyprinius carpio* y lombriz de tierra *Eisenia foetida*, a fin de contribuir con una nueva alternativa para la alimentación acuícola, ya que las características nutrimentales y microbiológicas del ensilado compuesto, ha evidenciado sus bondades y viabilidad para ser utilizado como ingrediente en la elaboración de alimentos destinados para organismos acuáticos de importancia comercial.

Aunado a lo anterior, el ensilado compuesto obtenido puede ser adicionado en forma semi-líquida, en pasta o seca como ingrediente en dietas acuícolas, ya que sus características microbiológicas permiten su uso de forma segura y su composición nutrimental puede suplir parcial o totalmente la harina de pescado y así cubrir las necesidades de diversos organismos acuáticos; además, puede ser un ingrediente no convencional para las formulaciones de alimentos concentrados o como un aditivo artesanal en la alimentación animal, ya que en base a lo evaluado, es una fuente proteica alternativa, por lo que estas cualidades lo hacen una alternativa en la nutrición y alimentación practicada en la acuicultura [90].

Es importante mencionar que una de las labores prioritarias para la nutrición y alimentación acuícola, es la búsqueda de nuevas fuentes proteicas no convencionales que además contengan todos los requerimientos nutrimentales que las especies acuícolas cultivadas demandan para su crecimiento y desarrollo, siendo los ensilados una excelente alternativa [91, 92, 93, 94], razón por la cual es de suma importancia evaluar cada propuesta para determinar su composición nutrimental y su inocuidad microbiológica, a fin de asegurar su empleo de manera segura en la formulación de alimentos, lo cual se cumple en el ensilado compuesto elaborado en el presente trabajo.

El contenido nutrimental fue muy aceptable en el producto elaborado en la presente investigación, destacando el contenido de proteína cruda (34.82%), así como un aporte significativo en cuanto a cenizas totales (16.56%) y extracto etéreo (12.53%); además el contenido de humedad total es mínimo (36.09%), comparado con otros ensilados y la materia seca es muy representativa (63.91%). Comparativamente con los resultados mostrados en la Tabla 1, se puede señalar que el principal nutrimento que demandan los organismos acuáticos bajo cultivo es la proteína y el ensilado compuesto denota el contenido de este nutrimento, lo cual es atribuido a los productos empleados para su elaboración (tilapia, pez armado, chopín y lombriz de tierra).

Al comparar los resultados con los obtenidos por otros autores, se puede destacar de manera más oportuna las bondades del ensilado compuesto; por ejemplo, un ensilado procesado con pejerrey *Odontesthes bonariensis*, cuyo contenido proteico fue de 16.6% [95]; ensilado de pez machuelo *Sardinella maderensis*, con un estimado de 21.38% de proteína cruda [96]; sin embargo, los resultados obtenidos en el ensilado producido contrastan con lo reportado en otros trabajos, como en el caso de un ensilado hecho con carpa común *Cyprinius carpio*, mismo que obtuvo 65.04% de proteína cruda [97]; asimismo, en otra investigación, se estimaron valores del 48% en proteína cruda para un ensilado procesado con vísceras de carpa común [98] y 62.62% de proteína bruta en un ensilado con productos de desechos en la industria porcina [99]; no obstante, los resultados reportados en estos tres ensilados citados, se calcularon en base seca y no se consideró la cantidad de humedad total presente en cada ensilado, lo cual no permite conocer los contenidos exactos en estos productos, ya que los ensilados presentan una cantidad considerable de componentes líquidos, entre ellos el agua.

En cuanto a los análisis microbiológicos, el ensilado compuesto evaluado en el presente trabajo presentó excelente inocuidad, ya que estuvieron ausentes *Salmonella* y coliformes totales y la presencia de hongos y levaduras es mínima (3 UFC g⁻¹), lo cual se atribuye al constante medio ácido del producto, mismo que estuvo oscilando en un rango de 3 a 3.5 de pH, siendo esta característica comúnmente observada en diversos trabajos similares [100, 101, 102, 103, 104, 105]. Es importante mencionar que en México solo existe el proyecto de la NOM-PESC-021, en la cual se describen los

valores máximos permisibles de microorganismos en productos destinados para organismos acuícolas, el cual solo contempla los límites permisibles de bacterias mesofílicas aeróbicas, coliformes totales y Salmonella; no obstante, al comparar los resultados obtenidos con otros trabajos desarrollados anteriormente, son muy aceptables los valores, ya que están por debajo de 5×10^{-5} UFC g de coliformes y el análisis de Salmonella debe estar ausente en cualquier producto destinado para la alimentación animal [106, 107]. Así, los resultados obtenidos aseguran la inocuidad observada en el ensilado compuesto, por lo que es posible su inclusión como ingredientes en alimentos destinados para especies acuícolas de importancia comercial.

En lo que respecta a los costos que se generan para la elaboración del ensilado compuesto, su costo osciló en \$71.44 MN, pese a ello, su costo es menor en comparación con la harina de pescado, la cual se puede encontrar a un costo entre \$120.00 a \$450.00 MN, en el mercado mexicano, por lo que el aprovechamiento del ensilado compuesto es factible para su inclusión en dietas acuícolas, ya que es más económico en comparación con los ingredientes convencionales. Se ha estimado que, al incluir ensilados de pescado en dietas acuícolas, se obtiene un ahorro del 30% [108], el cual se puede incrementar hasta en un 32.61% [109], comparado con los alimentos comerciales; por tanto, el empleo de ensilados en dietas acuícolas para sustituir la harina de pescado, aminoran los costos de forma significativa [110, 111, 112, 113], lo cual se cumple en el producto propuesto en la presente investigación.

De este modo, el ensilado químico compuesto propuesto en el presente trabajo de investigación ha demostrado ser un ingrediente no convencional con características nutrimentales adecuadas para cubrir las necesidades de diversas especies acuícolas de importancia comercial, tiene excelente inocuidad y sumado a esto, su viabilidad económica hace posible que pueda ser considerado como ingrediente en la formulación y elaboración de dietas acuícolas completas.

V. CONCLUSIÓN

En base a lo expuesto con anterioridad, se concluyó que el ensilado químico compuesto con lombriz de tierra *Eisenia foetida*, pez armado *Pterygoplichthys* spp., chopín *Cyprinus carpio* y tilapia gris *Oreochromis niloticus*, representa una opción para su inclusión como ingrediente en la elaboración de alimentos acuícolas, ya que su contenido nutrimental puede cubrir las necesidades de diversas especies acuícolas; así mismo, el ensilado presentó una óptima inocuidad microbiológica, ya que las cargas microbianas no representan un riesgo para la salud de los organismos consumidores. Además, los costos implicados para su elaboración evidenciaron su factibilidad económica, el cual puede elaborarse de forma más económica al procesarlo a una escala productiva, ya que se pueden obtener materias primas y materiales a costos más bajos a los estimados en la presente investigación y así, sustituir a la harina de pescado, ya que este insumo es el principal causante de los altos costos que tienen los alimentos comerciales utilizados en las diversas unidades de producción acuícolas.

VI. REFERENCIAS

- [1] Beumer, H. & Van Der Poel, A.F.B. (1997). Effects on hygienic quality of feeds examined. *Feedstuffs*, 69(53), 13-15.
- [2] Castro, R.R., Hernández, G.J.P. y Aguilar, B.G. (2004). Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis* spp.) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca; México. *Revista AquaTIC*, 20, 38-43.
- [3] Martínez D.J. (2008). Desarrollo sustentable y acuicultura de pequeña escala en Chile: Evaluación ambiental y consideraciones para su administración. *Tesis de Magíster*. Universidad Católica de Chile.

- [4] Bocek, A. y Gray, S. (2001). Introducción al cultivo de tilapia. Manual de acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. Alabama, EUA: Red Internacional de Acuicultura de la Universidad de Auburn.
- [5] Akiyama, M.D. (1998). Utilización de la harina de soya en alimentos para peces. *Informe Técnico*. Singapur, Malasia: Asociación Americana de Soya (ASA).
- [6] Jover, C.M., Pérez, I.L., Zaragoza, L. y Fernández, C.J. (1998). Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. *Archivos de Zootecnia*, Universidad Politécnica de Valencia, 47, 11-20.
- [7] Granados, A.I., Garduño, M. y Muñoz, C. (2002). Comparación de crecimiento y evaluación económica entre el genotipo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y el híbrido rojo (*Oreochromis mossambicus* X *O. niloticus*). En: www.ecologia.edu.mx/sigolfo/pagina_n2. Fecha de consulta: 06/06/2021.
- [8] Tomás, A., Martínez, L.I.S., López, J., Moñino, A.V. y Jover, C.M. (2002). Determinación de la digestibilidad de piensos extrusionados según el nivel y fuente proteica en la tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Memorias del 1er. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. Zaragoza, España. P. 963-968.
- [9] Rivas, V.M.E., Miranda, B.A. y Sandoval, M.M.I. (2010). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Memorias del X Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; México. P. 467-484.
- [10] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Cámara, C.P.A. (2011a). Determinación del nivel proteico óptimo para la alimentación de crías de *Petenia splendida*. *Memorias del I Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y II Encuentro Nacional de Investigación Científica*. Tenosique, Tabasco; México. P. 116-120.
- [11] FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura: La sostenibilidad en acción. Roma, Italia: FAO.
- [12] 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.
- [13] Jones F.T. (2000). Quality control in feed manufacturing. *Feedstuffs*, 72(29), 85-89.
- [14] Graeff, A. e Amaral, J.H. (2004). Produção de juvenis de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em tanque-rede como opção econômica para regiões de clima desfavorável para engorda anual. *Memorias de III Congresso Ibero-americano Virtual de Aquicultura*. Zaragoza, Espanha. P. 233-249.
- [15] 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*. Tabasco, México. P. 201-211.
- [16] Álvarez, M.J., Hernández, J.G., Rovero, R., Tablante, A. y Rangel, L. (2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 29-33.
- [17] 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.
- [18] Oliva, T.A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83-108.
- [19] Ponton, F., Wilson, K., Holmes, A.J., Cotter, S.C., Raubenheimer, D. & Simpson S.J. (2013). Integrating nutrition and immunology: A new frontier. *Journal of Insect Physiology*, 59, 130-137.
- [20] Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M. (2001). Effects of aquaculture on world fish supplies. *Issues in Ecology*, 8, 1-12.
- [21] Tacon, A.G.J. (2013). Global trends in aquaculture and feed ingredient use in compound aquafeeds. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D.A., Gamboa-Delgado, J., Álvarez-González, C. (Eds). *Contribuciones recientes en alimentación y nutrición acuícola*. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- [22] 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.

- [23] Álvarez, M.J., Hernández, J.G., Rovero, R., Tablante, A. y Rangel, L. (2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 29-33.
- [24] Amaya, R.E.A., Pezzato, L.E. y Quintero, P.L.G. (2001). Sustitución de harina de pescado por torta de soya en dietas para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) durante la fase de reversión sexual. Jaboticabal, Brasil: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Estado de Sao Paulo (UNESP).
- [25] Espejo, G.C. (2004). Determinación del valor nutricional de la soya integral (*Glycine max*) en la alimentación de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 1(1), 1.19.
- [26] Ponce, P.J.T., Arredondo, F.J.L. y Vernon, C.E.J. (2004). Pigmentación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) con carotenoides de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en comparación con la astaxantina. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3, 219-225.
- [27] 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.
- [28] Azaza, M.S., Mensi, F., Ksouri, J., Dhraief, M.N., Brini, B., Abdelmouleh, A. & Kraiem, M.M. (2008). Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(2), 202-207.
- [29] Garduño, L.M. & Olvera, N.M.Á. (2008). Potential of the use of peanut (*Arachis hypogaea*) leaf meal as a partial replacement for fish meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 39(12), 1299-1306.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] 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*. 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria. Tenosique, Tabasco; México. P. 120-124.
- [33] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Cámara, C.P.A. (2011). Determinación del nivel proteico óptimo para la alimentación de crías de *Petenia splendida*. 2do. Encuentro Nacional de Investigación Científica y 1er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria. Tenosique, Tabasco; México. P. 125-130.
- [34] Rivas, V.M.E., López, P.J.L., Miranda, B.A. y Sandoval, M.M.I. (2012). Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Biotecnia*, 14(2), 3-10.
- [35] Deng, J., Mai, K., Chen, L., Mi, H., & Zhang, L. (2015). Effects of replacing soybean meal with rubber seed meal on growth, antioxidant capacity, non-specific immune response, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 44(2), 436-444.
- [36] 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.
- [37] Wong, C. (2001). El papel del ensilaje en la producción de rumiantes en los trópicos húmedos. En: Introducción a la conferencia sobre el uso del ensilaje en el Trópico. Roma, Italia: FAO.
- [38] Filippi, R. (2011). Conceptos básicos en la elaboración de ensilajes. Santiago de Chile, Chile: Universidad de la Frontera.
- [39] Wagner, B., Asencio, V. y Caridad, J. (2013). Como preparar un buen forraje. Serie: Conservación de forrajes. Santo Domingo, República Dominicana: Instituto Dominicano de Investigaciones.
- [40] 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.
- [41] Nwanna, L.C. (2003). Nutritional value and digestibility of fermented shrimp head waste meal by African catfish *Clarias gariepinus*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(6), 339-345.

- [42] Cavalheiro, J.M., Oliveira, de S.E. & Singh, P. (2007). Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapias (*Oreochromis niloticus*) feed. *Bioresource Technology*, (98), 602-606.
- [43] González, D. y Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias de LUZ*, 15(6), 560-567.
- [44] Copes, J., Pellicer, K., del Hoyo, G. y García, R.N. (2006). Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. *Analecta Veterinaria*, 26(1), 5-8.
- [45] Vidotti, R.M., Carneiro, D.J. & Macedo, V.E.M. (2002). Growth rate of Pacu *Piaractus mesopotamicus*, fingerlings fed diets containing co-dried fish silage as replacement of fish meal. *Journal of Applied Aquatic*, (12), 77-88.
- [46] Ramírez, R.J.C., Huerta, S., Arias, L. Prado, A. & Shirai, K. (2008). Utilization of fisheries by-catch and processing wastes for lactic acid fermented silage and evaluation of degree of protein hydrolysis and *in vitro* digestibility. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 7(3), 1-10.
- [47] Llanes, I.J.E., Toledo, P.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 *O. niloticus*). *AcuaCUBA*, 14(2), 30-50.
- [48] 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.
- [49] Llanes, I.J.E., Toledo, P.J. y Lazo de la Vega, J.M. (2007). Tecnología de producción de alimento semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 8(9), 1-6.
- [50] Marrero, M., López, J.L., Leiva, L., Blanco, M., Sorís, A.L. y Sánchez, H. (2009). Ensilado biológico de desechos pesqueros con el empleo de recursos locales. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 16(3), 182-186.
- [51] Toledo, P.J., Botello, L.A. y Llanes, I.J.E. (2009). Evaluación de tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 26(1), 14-18.
- [52] Crexi, V., Souza, S.L. & Pinto, L. (2009). Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage process: Characteristics and lipid profiles. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(8), 1642-1648.
- [53] Fernández, H.A.L., Tabera, A., Agüeria, D., Sanzano, P., Grosman, F. y Manca, E. (2011). Obtención, caracterización microbiológica y físico-química de ensilado biológico de carpa (*Cyprinus carpio*). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 12(8), 1-15.
- [54] Spanopoulos, H.M., Ponce, P.J.T., Barba, Q.G., Ruelas, I.J.R., Tiznado, C.M.R., Hernández, G.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.
- [55] Bernal, R.C.E., Spanopoulos, H.M., Hernández, G.C., Barba, Q.G. y Ruelas, I.J.R. (2013). Sustitución parcial de harina de pescado por ensilado biológico en dietas para juveniles de camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *El Bohío: Boletín Electrónico*, 3(8), 22-30.
- [56] Portales, G.A., Llanes, I.J.E. y Toledo, P. (2015). Caracterización del ensilado químico de subproductos cárnicos porcinos para peces. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 32(1), 36-39.
- [57] Martínez, P.M. (2005). Efecto de la proporción proteína/energía dietética en el desempeño biológico de *Litopenaeus vannamei* en baja temperatura. *Tesis de Maestría*. Sonora, México: Universidad de Sonora.
- [58] Ridha, M.T. (2006). A comparative study on the growth, feed conversion and production of fry of improved and non-improved strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Asian Fisheries Science*, 19, 319-329.
- [59] Clark, T.D. y R.S. Seymour. (2006). Cardiorespiratory physiology and swimming energetics of a high-energy-demand teleost, the yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Journal of Experimental Biology*, 209, 3940-3951.
- [60] Devaraj, H. y A. Natarajan. (2006). Molecular mechanisms regulating molting in a crustacean. *FEBS Journal*, 273, 839-846.
- [61] Barker, M.F. y R.E. Scheibling. (2008). Rates of fission, somatic growth and gonadal development of a fissiparous sea star, *Allostichaster insignis*, in New Zealand. *Marine Biology*, 153, 815-824.

- [62] Martínez, P.M., Martínez, C.L.R. y Ramos, E.R. (2009). Dinámica de crecimiento de peces y crustáceos. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 10(10), 1-16.
- [63] A.O.A.C. (2016). Official methods of analyses. Washington, DC, USA: The Association of Official Analytical Chemists, 20th Edition.
- [64] NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [65] NOM-113-SSA2-1994. Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [66] NOM-114-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [67] 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.
- [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] Vielma, R.R., Ovalles, D.J.F., León, L.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.
- [70] 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.
- [71] Association of Official Agricultural Chemists. (2016). Official methods of analyses. Washington, D.C., U.S.A.: The Association of Official Analytical Chemists, 20th Edition.
- [72] García, V.J.A., Castillo, M.A., Ramírez, G.M.E., Rendón, S.G. y Larqué, S.M.U. (2001). Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias. *Agrociencia*, 35(1), 79-86.
- [73] Wong, G.E. (2010). ¿Después de un análisis de variancia...qué? Ejemplos en ciencia de alimentos. *Agrociencia Mesoamericana*, 21(2), 349-356.
- [74] NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [75] NOM-113-SSA2-1994. Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [76] NOM-114-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [77] NOM-110-SSA1-1994. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación.
- [78] Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2015). Ley de Impuestos sobre la Renta. CDMX, México: Cámara de Diputados.
- [79] Prontuario Fiscal Correlacionado. (2019). Ley de impuesto sobre la renta. Ixtapaluca, Estado de México; México: Cosegraf.
- [80] Soza, Ch. U., Peralta, G.F., Rodríguez, F.F., Fernando 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.
- [81] Bringas, A.L., Zamorano, O.A., Rojo, R.J.B., González, F.M.L., Pérez, V.M., José Luis Cárdenas, L.J.L. y Navarro, G.G. (2018). Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapia y su utilización como ingrediente en dietas para bagre de canal. *Biocencia: Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XX (2), 85-94.

- [82] Terrones, E.S. & Reyes, A.W. (2018). Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en co-cultivo intensivo. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 167-176.
- [83] Llanes, I.J.E., Toledo, P.J., Anaysi Portales, G.A. y Sarduy, G.L. (2015). Evaluación de dieta seca con ensilado de subproductos cárnicos para cultivo intensivo de *Clarias gariepinus*. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 32(1), 29-35.
- [84] Perea, R.C., Garcés, C.Y.J. y Hoyos, C.J.L. (2011). Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* spp.). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 60-68.
- [85] Spanopoulos, H.M., Ponce, P.J.T., G. Barba, Q.G., Ruelas, I.J.R., Tiznado, C. M.R., Hernández, G.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.
- [86] 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.
- [87] Márquez, C.G., Álvarez, G.C.A., Contreras, S.W.M., Hernández, V.U., Hernández, F.A.A., Mendoza, A.R.E., Aguilera, G.C., García, G.T., Civera, C.R. y Goytortua, B.E. (2006). Avances en la alimentación y nutrición de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. *Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Mazatlán, Sinaloa; México. P. 446-523.
- [88] 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.
- [89] McCallum, I., Newell, W., Cruz, S.L., Ricque, M.D., Tapia, S.M., Davis, A., Thiessen, D., Campbell, L., Meyer, W.A., Phillips, C. y Hickling, D. (2000). Uso de abejón (feed, pea, chícharo) *Pisum sativum* en alimentos para camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, r. (Eds). Avances de Nutrición Acuícola V. *Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Mérida, Yucatán; México. P. 193-215.
- [90] González, D., Córdoba, J., Indorf, F. y Buitrago, E. (2007). Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado. *Revista Científica*, 17(2), 166-172.
- [91] Auro, A.A., Fragoso, M.C., Ocampo, C.L. y Sumano, L. (2003). Estudio comparativo del crecimiento de carpa espejo (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) alimentadas con cerdaza ensilada y empastillada, y con un alimento balanceado. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 5(2), 1-13.
- [92] Massaamitu, W.F., Carolina, L.R., Carmino, H., Claudio, F.A., Ribeiro, P.A. & Botaro, D. (2003). Substituição do milho pela silagem de sorgo com alto e baixo teor de tanino em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum, Animal Sciences Maringá*, 25, 243-247.
- [93] Shirai, K. (2006). Situación actual y perspectivas del uso de ensilados de subproductos pesqueros en la alimentación de organismos acuáticos cultivados. En: Avances en Nutrición Acuícola VIII. *Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Monterrey, Nuevo León; México. P. 1121-1144.
- [94] González, S.R., Romero, C.O., Valdivié, N.M. y Ponce, P.J.T. (2014). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia. *Revista Bio Ciencia*, 2(4), 240-251.
- [95] Copes, J., Pellicer, K., del Hoyo, G. y García, R.N. (2006). Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. *Analecta Veterinaria*, 26(1), 5-8.
- [96] Toledo, P.J., Botello, L.A. y Llanes, I.J.E. (2009). Evaluación de tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 26(1), 14-18.
- [97] Fernández, H.A.L., Tabera, A., Agüeria, D., Sanzano, P., Grosman, F. y Manca, E. (2011). Obtención, caracterización microbiológica y físico-química de ensilado biológico de carpa (*Cyprinus carpio*). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 12(8), 1-15.

- [98] Crexi, V., Souza, S.L. & Pinto, L. (2009). Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage process: Characteristics and lipid profiles. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(8), 1642-1648.
- [99] Portales, G.A., Llanes, I.J.E. y Toledo, P. (2015). Caracterización del ensilado químico de subproductos cárnicos porcinos para peces. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 32(1), 36-39.
- [100] González, D. y Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias de LUZ*, 15(6), 560-567.
- [101] Copes, J., Pellicer, K., del Hoyo, G. y García, R.N. (2006). Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. *Analecta Veterinaria*, 26(1), 5-8.
- [102] Llanes, I.J.E., Toledo, P.J. y Lazo de la Vega, J.M. (2007). Tecnología de producción de alimento semi húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 8(9), 1-6.
- [103] Spanopoulos, H.M., Ponce, P.J.T., Barba, Q.G., Ruelas, I.J.R., Tiznado, C.M.R., Hernández, G.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.
- [104] Toledo, P.J. y Llanes, I.J.E. (2006a). Ensilado de desechos pesqueros. Un alimento para peces de reciente introducción en Cuba. *Infopesca Internacional*, 27, 35-37.
- [105] Toledo, P.J. y Llanes Iglesias, I.J.E. (2006b). Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista AquaTIC*, 25, 28-33.
- [106] Bello, R. (1994). Experiencias con el ensilado de pescado en Venezuela. Tratamiento y utilización de los residuos de origen animal, pesquero y alimentario en la alimentación animal. *Memorias del Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO*. La Habana, Cuba. P. 1-13.
- [107] Huss, H. (1998). El pescado fresco: Su calidad y cambio en su calidad. Roma, Italia: Paper No. 348, FAO. Fisheries Technical.
- [108] Parín, M.A. y Zugarramurdi, A. (1997). Aspectos económicos del procesamiento y uso del ensilado de pescado. Tratamiento y utilización de los residuos de origen animal, pesquero y alimentario en la alimentación animal. *Memorias del Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO*. La Habana, Cuba. P. 40-52.
- [109] Toledo, P.J., Botello, L.A. y Llanes, I.J.E. (2009). Evaluación de tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 26(1), 14-18.
- [110] Mejía, A. (2009). Ensilado de calamar con bacterias probióticas para complementar la dieta de camarón (*Litopenaeus vannamei*). *Tesis de Maestría*. La Paz, Baja California Sur; México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- [111] Márquez, C.I. (2011). Evaluación *in vivo* de una dieta incluida con ensilado de calamar para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). *Tesis de Licenciatura*. La Paz, Baja California Sur; México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- [112] Ding, Z., Zhang, Y., Ye, J., Du, Z. & Kong, Y. (2015). An evaluation of replacing fish meal with fermented soybean meal in the diet of *Macrobrachium nipponense*: Growth, nonspecific immunity, and resistance to *Aeromonas hydrophila*. *Fish & Shellfish Immunology*, 44, 295-301.
- [113] Cota, C.Y.E. (2018). Alimentos con ensilados de calamar, soya y coco en la pre-engorda de juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un cultivo hiperintensivo con biofloc. *Tesis de Maestría*. La Paz, Baja California Sur; México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.