

Estimación del contenido nutrimental, inocuidad y costos en cuatro ensilados químicos

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

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México

[jorge.mendiola*, fernando.vera, alejandro.alpuche, fanny.peralta] @ujat.mx; sozigulni70@gmail.com;

fco_01@hotmail.com

Abstract— The cost for feeds in aquaculture production can reach up to 60%, so it is necessary to create alternatives that ensure nutritional quality, safety, as well as being economical. Four silages were processed with *Pterygoplichthys* spp., *Cyprinus carpio*, *Oreochromis* spp. and *Eisenia foetida*, evaluating its nutritional and microbiological quality and processing costs were calculated. The silage of *Oreochromis* spp. obtained higher nutritional content but was the most expensive, followed by *Pterygoplichthys* spp., *Cyprinus carpio* and *Eisenia foetida*, which was the most economical. All silages had optimal food safety. It was concluded that the elaborate silage can be an alternative for use in aquaculture feeding.

Keyword— *Quality, nutritional, microbiological, alternate unconventional ingredients.*

Resumen— La alimentación acuícola puede representar hasta el 60% de los costos productivos, de ahí la necesidad de crear alternativas que cubran los requerimientos nutrimentales de los organismos, aseguren su inocuidad y sean económicos. En este sentido, se elaboraron cuatro ensilados con *Pterygoplichthys* spp., *Cyprinus carpio*, *Oreochromis* spp. y *Eisenia foetida*, evaluando su calidad nutrimental, inocuidad microbiológica y se calcularon los costos implicados en su elaboración. En base a los resultados, el ensilado de tilapia presentó mayor contenido nutrimental pero fue el más costoso, seguido del pez armado, carpa común y lombriz de tierra, siendo éste último el más económico. Todos presentaron excelente inocuidad. Se concluyó que los ensilados elaborados representan una alternativa viable para su inclusión en la alimentación acuícola.

Palabras claves— *Calidad, nutrimental, microbiológica, ingredientes alternos.*

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad encaminada a la producción de organismos acuáticos, teniendo esta producción diferentes destinos, ya que suelen ser aprovechados en la alimentación humana, así como para fines recreativos y educativos; no obstante, actualmente es necesario incrementar su desarrollo productivo y tecnológico, ya que se requiere que el sector acuícola priorice la búsqueda de estrategias para su sustentabilidad y desarrollo [1].

Desde 1984, las actividades acuícolas vienen presentando un crecimiento anual promedio de 8.2%, incrementando su producción global total más de ocho veces durante el periodo de 1984 a 2013, siendo en 1984 de 10.2 millones toneladas a 83.7 millones de toneladas para el 2011; de esta forma, la producción mundial fue valorada en el 2013, en más de \$135.7 mil millones de dólares americanos [2, 3, 4].

Este gran desarrollo de la acuicultura se debe principalmente a la creación y utilización de diversos sistemas de cultivo, los que en su mayoría, una vez en operación en las unidades de producción, requieren del abastecimiento de grandes cantidades de alimentos, por lo que en la actualidad, la nutrición acuícola es un área que debe ser impulsada, siendo imprescindible la elaboración de alimentos

que cubran las necesidades nutrimentales de los organismos bajo cultivo, mismos que deben contar con una apropiada inocuidad alimentaria, así como su accesibilidad en términos económicos. Por esto, es de suma importancia crear nuevas alternativas para la obtención de dietas completamente balanceadas, las cuales cuenten con ingredientes estables, de buena calidad y que se obtengan a bajo costo [5, 6, 7].

Debido a que los costos por concepto de alimentación en la acuicultura suelen oscilar entre un 40% hasta el 60% de los costos totales de producción, esto se traduce en una fuerte inversión en la operatividad de las unidades productivas; esto último, debido al empleo de la harina de pescado, misma que es utilizada como principal fuente proteica en los alimentos comerciales destinados a diversas especies animales, tanto acuáticas como terrestres; en consecuencia, se presenta una gran demanda en el mercado por estos alimentos balanceados, dificultando su adquisición; por ello, las investigaciones encaminadas a la creación y uso de fuentes proteicas alternas, son esenciales para economizar los costos de alimentación [8, 9, 10, 11, 12].

Los altos costos de alimentación son el resultado del uso excesivo de la harina y aceite de pescado, los cuales, con el paso del tiempo, han ido escaseando, debido a la alta demanda de estos, una fuerte presión pesquera desarrollada a nivel mundial, lo cual ha hecho que una gran variedad de especies acuáticas se encuentra al stock máximo o se haya traspasado este, lo cual repercute directamente en la disminución de ambas materias primas convencionales [13, 14].

En este sentido, se ha señalado que la demanda de harina de pescado en la industria acuícola equivale al 15% de la producción mundial, misma que en su mayoría proviene de la actividad pesquera, lo cual ha ejercido una mayor presión sobre las pesquerías [15]; por ello, se ha mencionado que la acuicultura debe mejorar su desarrollo para permitir generar un desarrollo sustentable [16].

Se ha indicado [17] que para un adecuado crecimiento y desarrollo de los organismos acuáticos, es indispensable el empleo de un alimento balanceado nutrimentalmente; no obstante, en países en vía de desarrollo sus costos suelen ser elevados, por lo tanto, se deben de crear alimentos más económicos, lo cual se puede lograr con la inclusión de una gran variedad de productos de origen animal y vegetal e incluso, aquellos que se consideran como desechos (cáscaras o semillas de frutas, residuos de matanza, entre otros).

Así, hoy en día existe la necesidad de buscar y evaluar fuentes alternas para la elaboración de alimentos acuícolas [18], 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 [19, 20, 21].

De hecho, diversas fuentes no convencionales han sido evaluadas para su inclusión en alimentos acuícolas como la cáscara de naranja *Citrus* spp. [18], torta de soya *Glycine max* [22], flor de cempasúchil *Tagetes erecta* [23], calamar *Loligo* spp. [13, 24], plátano *Musa* spp. [25], pez armado *Pterygoplichthys* spp. [13, 19], acocil *Procambarus llamasii* [26], microalgas [14, 27, 28, 29], entre otros.

En este tenor, una opción muy viable es el empleo de ensilados, los cuales en principio representan un método de conservación de forrajes, subproductos agroindustriales, especies sin importancia comercial e incluso de materias primas no convencionales, los cuales se obtiene a partir de la compactación o molido del producto a elaborar, la expulsión de aire, así como su fermentación en un medio anaeróbico mediante el desarrollo de bacterias acidificadoras; así, el ensilado es el producto que resulta de esta fermentación con la formación de ácido láctico, el cual puede suplementarse durante todo el año, debido a su vida de anaquel [30, 31, 32].

En diversas prácticas acuícolas se han incluido en las dietas acuícolas diferentes tipos de ensilados [33], con desechos de la industria camaronícola [34, 35], de sardina [36], residuos de pejerrey *Odontesthes bonariensis* [37] y de la industria pesquera [38, 39, 40, 41], residuos de tilapia roja *Oreochromis* spp. [42], ensilados elaborados con pescado y yuca *Manihot esculenta*, así como pescado con boniato *Ipomoea batatas* [43], pez machuelo *Opisthonema oglinum* [44], carpa común *Cyprinus carpio* y sus residuos [45, 46], residuos de atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y residuos del fileteado de tilapia *Oreochromis* sp. [47], de pez sierra *Scomberomorus sierra* [48], subproductos de cerdo [49], solo por citar algunos trabajos.

Es así que, en el presente trabajo de investigación, se elaboraron tres ensilados químicos mediante el aprovechamiento de organismos acuáticos de bajo costo y abundancia, los cuales fueron: pez armado *Pterygoplichthys* spp., carpa común *Cyprinus carpio vulgaris*, tilapia *Oreochromis* spp. Así mismo, se elaboró un ensilado químico con el organismo terrestre *Eisenia foetida* (lombriz de tierra), el cual en muchas ocasiones es utilizado como alimento vivo dentro de los sistemas de producción acuícola; sin embargo, su procesamiento como ensilado representa mayores ventajas para su inclusión en dietas completas destinadas a organismos acuáticos. Todos los ensilados químicos procesados fueron evaluados nutrimentalmente, de acuerdo con la Association of Official Agricultural Chemists [50] para estimar el contenido porcentual de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas totales, humedad total y materia seca en cada uno de los productos elaborados. De igual forma, se realizaron los análisis microbiológicos en base a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para determinar el contenido de mohos y levaduras [51], coliformes totales en placa [52] y Salmonella [53], a fin de determinar su inocuidad en cada uno de los ensilados. Además, se realizaron los cálculos de los costos implicados en la elaboración de cada ensilado. Todo esto fue realizado para mostrar las bondades de los cuatro productos evaluados y de esta forma, puedan ser considerados como una alternativa para su inclusión en la elaboración de alimentos acuícolas.

I. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos (DAMR), de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), localizada en la carretera Tenosique-Estapilla Km 1 S/N en la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México.

Para su desarrollo, se procedió en primer lugar a la obtención de las materias primas para procesar cada una de ellas en ensilados, para lo cual:

- ◆ Los organismos de pez armado *Pterygoplichthys* spp. (1500 g) y tilapia *Oreochromis* spp. (1500 g), se obtuvieron de la Unidad Experimental de Nutrición de la DAMR-UJAT, mismos que se colocaron por separado en una tina de 500 L de capacidad y fueron sometidos a un ayuno de 48 h. Luego, fueron sacrificados aplicando un doble shock térmico, el primero a 40°C y el segundo a 4°C [26] e inmediatamente se introdujeron en un refrigerador convencional Mabe® para su conservación por congelamiento por espacio de 48 h.
- ◆ Las carpas comunes *Cyprinus carpio vulgaris* (1500 g), se adquirieron en el mercado local de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco. las cuales fueron lavadas previamente y se depositaron en un refrigerador convencional para conservación.
- ◆ Las lombrices de tierra *Eisenia foetida*, fueron recolectadas en un terreno colindante al Área de Producción Acuícola de la DAMR-UJAT, para lo cual se empleó una pala plana y un recipiente de plástico con capacidad de 20 L, al cual se le colocó una cama de tierra de aproximadamente 10 cm para conservar a los organismos durante su colecta.

Los organismos de tilapia, carpa herbívora y pez armado se procesaron por separado, troceados con un cuchillo tipo hachuela y una tabla de cocina cada uno de ellos, para después ser introducidos en un molino cárnico eléctrico Torrey® modelo M-22-RW de 1 HP, cada uno por separado hasta obtener un producto tipo pasta, de la cual se colocaron por separado 400 g de cada muestra en recipientes de plástico con tapa hermética, las muestras se triplicaron y se homogenizaron manualmente. A continuación, 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 adicionaron lentamente y a su vez, fueron mezclados cada uno de los recipientes con sus muestras para nuevamente homogenizarlas. A continuación, se tomó la lectura de pH con un potenciómetro marca Hanna® modelo HI83141 y se ajustó a 3. El pH de cada muestra fue monitoreado cada 4 h en los primeros cinco días posteriores a su elaboración, pasado este periodo, se continuó tomando la lectura del pH dos veces al día. Los productos se mantuvieron en los recipientes plásticos con tapa hermética a temperatura ambiente por espacio de 30 días, hasta obtener el ensilado de carpa común, de tilapia y de pez armado [54, 55].

De igual forma, para el ensilado de lombriz de tierra, los organismos fueron sacrificados, para lo cual, se lavaron 1500 g de *Eisenia foetida*, los cuales fueron colocados en un recipiente de plástico con capacidad de 5 L, al cual se le agregaron 3 L de agua y se aplicó insuflación de aire mediante una bomba de aireación Aquarama® modelo 799, durante 12 h con el fin de realizar el vaciado del sistema digestivo de los organismos. Cada dos horas se recambió el agua al 100% para eliminar los residuos. Después los organismos fueron sumergidos en una solución de cloruro de sodio (NaCl) al 5% durante 10 minutos [56]. Seguido de lo anterior, se les adicionó el mezclado de ácido cítrico y sulfúrico y se le ajustó el pH a 3, el cual también fue monitoreado de la misma forma que los otros productos. Para cada ensilado, se procesaron muestras de 400 g por separado, haciendo esto por triplicado para cada producto.

Al obtener los cuatro ensilados químicos, se efectuaron los análisis proximales básicos [50] por triplicado, para determinar en cada producto:

- ◆ Proteína cruda. Aplicando el método Kjeldahl con un factor de conversión de 6.25, utilizando un digestor y destilador Tecator® modelo 1007. La titulación se hizo con una bureta automática con HCl a 0.1 N.
- ◆ Extracto etéreo. Se determinó con el método Soxhlet, mediante un equipo de extracción etérea convencional, empleando éter de petróleo para el lavado de las muestras analizadas.
- ◆ Cenizas totales. Se administró el método de incineración a través una mufla Novatech® con capacidad térmica de 0° a 1000°C, las muestras fueron calcinadas a 550°C durante 3 h.
- ◆ Humedad total. Se aplicó el método de eliminación térmica del agua con una estufa Binder® a 110°C por espacio de 4 h, hasta obtener el peso constante de las muestras.
- ◆ Materia seca. Se realizó la sumatoria de todos los nutrimentos evaluados, exceptuando el contenido de humedad total.

Posteriormente, se efectuaron los análisis microbiológicos de mohos y levaduras [51], coliformes totales en placa [52] y Salmonella [53] para determinar la inocuidad alimentaria en cada uno de los productos. En todos los casos, se consideró para la preparación y dilución de muestras en alimentos, lo establecido en la NOM-110 [57] para su análisis microbiológico.

A los análisis nutrimentales se les aplicó una prueba de comparación de medias Tukey-Kramer [58, 59] considerando un valor de $P < 0.05$, para conocer si se presentaban diferencias significativas en el contenido nutrimental de cada uno de los ensilados. Tanto en los análisis proximales como los microbiológicos, se realizó una duplicidad experimental, con la finalidad de estandarizar los resultados y tener una mayor confiabilidad de los mismos.

También, fueron estimados los costos implicados en cada uno de los productos, para calcular los costos, fueron considerados los equipos, materiales y productos utilizados en cada uno de los ensilados elaborados y su estimación se hizo en base a la ley de porcentajes de depreciación anual, la cual difiere en cada uno de ellos. Así, en base a la Ley de Impuestos sobre la Renta [60, 61] en su sección II, Artículos 31, 32, 33, 34, 35 y 36 se considera para efectos, las inversiones como activos fijos, los gastos y cargos diferidos y las erogaciones utilizadas en periodos preoperativos, cuyo concepto considerado es del 8%, el cual está establecido en el Prontuario Fiscal Correlacionado para la elaboración de productos alimenticios y de bebidas excepto granos, azúcar, aceites comestibles y derivados [62]. De este modo, se estimaron los costos de cada uno de los productos para considerar su viabilidad económica.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación, evidenciaron las bondades de cada uno de los ensilados químicos. Con respecto al contenido nutrimental que tiene cada uno de los ensilados elaborados, se pudo constatar que los cuatro ensilados presentan óptimos contenidos nutrimentales (Tabla 1), mismo que puede cubrir las necesidades nutrimentales de diversas especies.

Tabla 1. Contenido nutrimental en base húmeda de los ensilados químicos elaborados (n=5).

Análisis	Pez Armado	Tilapia	Carpa Común	Lombriz de Tierra
Proteína cruda	26.80±0.21 ^b	27.48±0.41 ^a	25.75±0.87 ^c	22.83±0.92 ^d
Extracto etéreo	10.51±0.33 ^d	13.84±0.25 ^c	15.53±0.41 ^b	18.67±0.26 ^a
Cenizas totales	26.77±0.37 ^a	22.59±0.36 ^c	24.93±0.29 ^b	11.96±0.38 ^d
Humedad total	35.92±1.25 ^c	36.09±1.17 ^b	33.79±1.31 ^d	46.54±1.22 ^a
Materia seca	64.08±1.03 ^c	63.91±1.09 ^b	66.21±1.01 ^a	53.46±1.06 ^d

Las letras indican diferencias estadísticas, en base con la comparación de medias Tukey-Kramer ($P < 0.05$).

En base a la metodología aplicada, se obtuvo en cada ensilado una pasta uniforme, la cual permitió la homogeneidad con los ácidos utilizados (ácido sulfúrico y ácido cítrico en grado alimenticio). Además, se logró que los productos oscilaran entre 3 y 3.2 en cuanto a su pH, el cual se mantuvo constante durante 30 días de su procesamiento. En el día de su elaboración, los ensilados se caracterizaron por presentar una textura pastosa-untable con un color gris claro, con excepción del ensilado de *Eisenia foetida*, el cual presentó una coloración rosada tenue. Pasados los primeros cinco días de su elaboración, los ensilados adquirieron una conformación más pastosa-adhesiva y la tonalidad de color fue marrón claro. A los 30 días, se obtuvieron los cuatro ensilados con un color marrón oscuro y consistencia pastosa-líquida, sin adherencia y poco untable.

Con la finalidad de establecer la inocuidad alimentaria de cada uno de los productos elaborados, se realizaron los análisis microbiológicos, mismos que presentaron una excelente inocuidad (Tabla 2), por lo que los ensilados pueden ser incorporados en dietas acuícolas constatando su seguridad alimenticia.

Tabla 2. Resultados obtenidos en los análisis microbiológicos de los cuatro ensilados químicos evaluados.

Ensilado	Coliformes totales	Salmonella	Mohos y levadura
<i>Pterygoplichthys</i> spp.	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
<i>Cyprinus carpio vulgaris</i>	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
<i>Oreochromis</i> sp.	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
<i>Eisenia foetida</i>	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE

Por otra parte, los costos de elaboración de cada producto elaborado se pueden observar en la Tabla 3. Como se puede notar, los costos generados 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. Cálculo de costos en la elaboración de los cuatro ensilados químicos. Los precios están contemplados en moneda nacional y el costo por kg de producto.

Producto	Equipos, materiales y productos	Cantidad	Costo	Depreciación	
Ensilados	* Molino cárnico	1	\$3,959.90	0.87	
	* Balanza	1	\$1,890.00	\$0.41	
	* Hielo	1/4 barra	\$5.00	-----	
	* Cuchillo	1	\$120.00	\$0.40	
	* Tabla	1	\$80.00	\$0.26	
	* Ácido sulfúrico	40 mL	\$26.00	-----	
	* Ácido cítrico	20 g	\$1.30	-----	
	* Envase	1	\$10.00	-----	
		Tilapia	1000 g	\$60.00	Total: \$104.24
		Pez armado	1000 g	\$10.00	\$54.24
	Carpa común	1000 g	\$40.00	\$84.24	
	Lombriz de tierra	1000 g	\$8.00	\$41.37	

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

La acuicultura es una actividad de suma importancia en la actualidad, debido a su capacidad para producir alimentos básicos de alta calidad, así como la generación de empleos y divisas, a través del cultivo de organismos acuáticos con la aplicación de métodos y tecnologías [63, 64]; por ello, el presente trabajo tuvo la finalidad de elaborar y evaluar cuatro ensilados hechos a base de pez armado *Pterygoplichthys* spp., tilapia *Oreochromis* spp., carpa común *Cyprinius carpio vulgaris* y lombriz de tierra *Eisenia foetida* para proponer nuevas alternativas en la alimentación animal, ya que las características nutrimentales y microbiológicas en los diversos productos evidenciaron su factibilidad para ser empleadas en la elaboración de alimentos.

A su vez, una labor primordial en la acuicultura es la búsqueda de nuevas fuentes que cubran los requerimientos nutrimentales para su inclusión en la alimentación acuícola, así como su evaluación nutrimental, microbiológica y estimar su factibilidad económica; por lo tanto, el presente proyecto mostró las bondades de cada uno de los ensilados evaluados y todos ellos representan una alternativa en la alimentación acuícola.

Los contenidos nutrimentales fueron muy aceptables en todos los ensilados, destacando el contenido proteico del ensilado de tilapia (27.48%), seguido del pez armado (26.80%), carpa común (25.75%) y lombriz de tierra (22.83%), teniendo estos cuatro productos mayor contenido proteico que otros ensilados elaborados en otras experiencias, como con ensilado de pejerrey, el cual obtuvo un contenido de 16.6% [37]; ensilado de pez machuelo con un promedio de 21.38% de proteína cruda [44]; 14.92% de proteína cruda en un ensilado de tilapia y 8.92% en ensilado de atún aleta amarilla [47]. No obstante, los resultados observados contrastan con lo reportado en otros trabajos, ya que en un ensilado de carpa común se obtuvo 65.04% de proteína [46]; en otra investigación, los autores calcularon valores de 48% de proteína cruda en un ensilado con vísceras de carpa común [45] y 62.62% de proteína bruta en un

ensilado porcino [49]; sin embargo, cabe mencionar que estos tres últimos ensilados, sus resultados fueron calculados en base seca.

En cuanto a los análisis microbiológicos, los ensilados evaluados en el presente trabajo presentaron una excelente inocuidad, ya que no se presentaron microorganismos, lo cual se puede explicar en la constante del medio ácido que presentaron con valores de 3 a 3.5 de pH, siendo algo comúnmente observable en trabajos similares [36, 37, 42, 47, 65, 66]. En este sentido, es importante mencionar que en México no existen NOM que determinen los valores máximos permisibles de microorganismos en productos como los ensilados, por lo que se consideró lo referente a la NOM-027 [67]; en otros trabajos, se consideran aceptables valores 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 [68, 69], por lo que los resultados obtenidos aseguran la inocuidad en los cuatro ensilados y es posible su inclusión como ingredientes en alimentos destinados para la acuicultura.

En lo que respecta a los costos implicados en su elaboración, el ensilado de lombriz de tierra *Eisenia foetida* fue el más económico, con un costo de \$42.24 MN, seguido del producto con pez armado *Pterygoplichthys* spp. que costó \$54.24, mientras que el ensilado compuesto con carpa común *Cyprinus carpio vulgaris* generó un costo de \$84.24 y el ensilado de tilapia *Oreochromis* spp. fue el más elevado, ya que su costo se calculó en \$104.24 MN. Sin embargo, en todos los casos, los costos son menores en comparación con la harina de pescado, la cual dependiendo de la marca, oscila entre \$120.00 a \$450.00 MN, en los mercados mexicanos. Por ello, con el empleo de los ensilados químicos, es posible elaborar alimentos más económicos a los convencionales. En este sentido, se ha señalado que con la inclusión de ensilados de pescado en dietas acuícolas, se puede obtener un ahorro de entre el 30% [70], y se puede incrementar este ahorro hasta 32.61% [44], en comparación con los alimentos comerciales; por ello, el empleo de ensilados de pescado en dietas acuícolas para sustituir la harina de pescado aminoran los costos de manera significativa.

IV. CONCLUSIÓN

En base a todo lo anteriormente expuesto, se concluyó que los ensilados de lombriz de tierra *Eisenia foetida*, pez armado *Pterygoplichthys* spp., carpa común *Cyprinus carpio vulgaris* y de tilapia *Oreochromis* spp., representan una opción viable para su inclusión en la elaboración de alimentos destinados a especies acuícolas, ya que su contenido nutrimental cubre las necesidades nutrimentales básicas de diversas especies acuáticas de importancia comercial. De igual forma, la inocuidad microbiológica en los cuatro productos elaborados fue óptima, lo que se traduce en ingredientes seguros para su empleo. Así mismo, los costos implicados en la elaboración de cada ensilado, evidencian la factibilidad económica para emplearlos como ingredientes alternos en dietas acuícolas, ya que pueden ser incluidos para sustituir parcial o totalmente la harina de pescado, ya que este último insumo es el causante de los elevados costos de los alimentos comerciales destinados para especies acuícolas cultivadas.

REFERENCIAS

- [1] Martínez, D.J. (2008). Desarrollo sustentable y acuicultura de pequeña escala en Chile: Evaluación ambiental y consideraciones para su administración. *Tesis de Magíster*. Santiago de Chile, Chile: Universidad Católica de Chile.
- [2] FAO (2012). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [3] FAO (2013). Aquaculture production: Quantities 1950-2011. A tool for fishery statistics analysis, Release 2.0.0. Universal software for fishery statistical time series: Aquaculture production: Values 1984-2011.

- Rome, Italy: FAO Fisheries & Aquaculture Department, Policy and Economics Division, Statistics and Information Service, FishstatJ.
- [4] Tacon, A.G.J. (2013). Global trends in aquaculture and feed ingredient use in compound aquaculture feeds. 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.
- [5] Ackman, R.G. (1998). Factores de calidad en harina de pescado y en los lípidos de alimentos para peces. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, Baja California Sur; México. P. 455-480.
- [6] Álvarez, T.P., Soto, F., Avilés, Q.S., Díaz, L.E. y Treviño, C.L.M. (1998). Panorama de la investigación y su repercusión sobre la producción acuícola en México. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, Baja California Sur; México. P. 3-20.
- [7] Buentello, J.A., Reyes, B.M., Romero, G.M.J. & Ascencio, V.F.J. (2007). Effects of dietary arginine on hematological parameters and innate immune function of channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health*, 19, 195-203.
- [8] Bell, J.G., McEvoy, L.A., Estévez, A., Shields, R.J. & Sargent, J.R. (2003). Optimizing lipid nutrition in first-feeding flatfish larvae. *Aquaculture*, 227, 211-220.
- [9] El-Sayed, A.F.M. (2004). Protein nutrition of farmed tilapia: Searching for unconventional sources. *6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Manila, Philippines. P. 364-378.
- [10] Gisbert, E., Fernández, I. y Estévez, A. (2008). Nutrición y morfogénesis: Efecto de la dieta sobre la calidad larvaria en peces. *Memorias del IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. Monterrey, Nuevo León; México. P. 46-78.
- [11] Tacon, A.G.J. (2008). Compound aqua feeds in a more competitive market: Alternative protein sources for a more sustainable future. *IX International Symposium of Aquaculture Nutrition*. Monterrey, Nuevo León; México. P. 1-5.
- [12] Welker, T.L., Lim, C., Yildirim, A.M. & Klesius, P.H. (2011). Effects of dietary supplementation of a purified nucleotide mixture on immune function and disease and stress resistance in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture Research*, 42, 1878-1889.
- [13] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Díaz, J.L.E. (2011a). *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*. P. 120-124.
- [14] Reyes, B.M., Guardiola, F., Rojas, M., Ascencio, V.F. & Esteban, M.Á. (2013). Dietary administration of microalgae *Navicula* sp. affects immune status and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish and Shellfish Immunology*, 35, 883-889.
- [15] 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. *Issues in Ecology*, 8, 1-12.
- [16] Forster, J. & Hardy, R. (2001). Measuring efficiency in intensive aquaculture. *World Aquaculture*, 32(2), 41-45.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.

- [20] Oliva, T.A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83-108.
- [21] 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.
- [22] 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).
- [23] 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.
- [24] Pelegrín, E., Álvarez, J.S., Galindo, J. y Regueira, E. (2006). Evaluación de la harina de calamar en dietas para juveniles de Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*). *Memorias del IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2006*. P. 189-197.
- [25] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A., Durán, M.T. y de la Cruz, M.L.C. (2010). Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de harinas no convencionales. *Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico 2010*. Villahermosa, Tabasco. P. 1231-1235.
- [26] Mendiola, C.J.V.H., Alpuche, P.A. y Cámara, C.P.A. (2011b). 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*. P. 125-130.
- [27] Domínguez, A., Rosas, J., Velásquez, A., Cabrera, T. y Mata, E. (2007). Desarrollo, supervivencia y crecimiento del erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) alimentado con microalgas a dos salinidades y temperaturas diferentes. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(1), 49-57.
- [28] Sánchez, T.H., Juscamaita, M.J., Vargas, C.J. y Oliveros, R.R. (2008). Producción de la microalga *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd en medios enriquecidos con ensilado biológico de pescado. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 149-158.
- [29] Pererira, G.M.F., Jáuregui, R.G.A., Devia, B.A. y Rojas, R.J. (2017). Cultivo de microalgas *Isochrysis galbana* y *Nannochloropsis* sp. para alimentación de larvas de peces marinos. *Mutis*, 7(2), 81-85.
- [30] 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.
- [31] Filippi, R. (2011). Conceptos básicos en la elaboración de ensilajes. Santiago de Chile, Chile: Universidad de la Frontera.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] 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.

- [39] 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.
- [40] 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.
- [41] 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.
- [42] 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*, 8(9), 1-6.
- [43] 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.
- [44] 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.
- [45] 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.
- [46] 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.
- [47] 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.
- [48] 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.
- [49] 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.
- [50] A.O.A.C. (2016). Official methods of analyses. Washington, DC, USA: The Association of Official Analytical Chemists, 20th Edition.
- [51] NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial.
- [52] 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.
- [53] NOM-114-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. CDMX, México: Diario Oficial.
- [54] 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.
- [55] 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.
- [56] 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.
- [57] NOM-110-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. CDMX, México: Diario Oficial.
- [58] 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.
- [59] Wong, G.E. (2010). ¿Después de un análisis de variancia...qué? Ejemplos en ciencia de alimentos. *Agrociencia Mesoamericana*, 21(2), 349-356.
- [60] Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2015). Ley de impuestos sobre la renta. CDMX, México: Cámara de Diputados.
- [61] Prontuario Fiscal Correlacionado. (2019). Ley de impuesto sobre la renta. Ixtapaluca, Estado de México; México: Cosegraf.
- [62] CENGAGE (2015). Prontuario Fiscal Correlacionado. CDMX, México: CENGAGE LEARNING.
- [63] 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.
- [64] 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.
- [65] 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.
- [66] 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.
- [67] NOM-027-SSA1-1994. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. CDMX, México: Diario Oficial.
- [68] 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.
- [69] Huss, H. (1998). El pescado fresco: Su calidad y cambio en su calidad. Roma, Italia: Paper No. 348, FAO. Fisheries Technical.
- [70] 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.