

ESTUDIO DEL USO DE HARINAS DE MICROALGA Y LARVA DE MOSCA SOLDADO COMO NUEVOS INSUMOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE TILAPIA

Study of the use of microalgae and black soldier fly flours as new supplies for tilapia feed

Mónica Vanessa Oviedo Olvera, Juan Fernando García Trejo, María Isabel Nieto Ramírez, Montserrat Tovar Ramírez, Benito Parra Pacheco, Claudia Gutiérrez Antonio

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México
mvanessaoviedo@gmail.com, fernando.garcía@uaq.mx, isabelnieto33@gmail.com,
montsemtr@gmail.com, benitoparrap@hotmail.com, claugtez@gmail.com

PALABRAS CLAVE

Acuicultura
Nutrición acuícola
Oreochromis niloticus
Bionegocios

RESUMEN

En la acuicultura se ha detectado que la alimentación es de los factores más importantes, sin embargo, ésta abarca el mayor porcentaje de los costos productivos. Es por esto que la industria alimentaria ha optado por buscar nuevas alternativas para la alimentación de peces. A su vez, esta búsqueda ha permitido la creación de nuevos bionegocios involucrados en el desarrollo de alimentos. En este trabajo se describe la problemática respecto a los alimentos en la acuicultura y los insumos alternativos emergentes, además se hace la propuesta de una planta piloto de alimento para tilapia junto con un breve análisis financiero para llevarla a cabo.

KEY WORDS

Aquaculture
Fish nutrition
Oreochromis niloticus
Biobusiness

ABSTRACT

In aquaculture, fish feed has been identified as one of the most important factors, however, it covers the highest percentage of production costs. Because of this, the food industry has chosen to look for new alternatives for fish feed. In turn, this search has enabled the creation of new biobusinesses involved in food development. This work describes the problems related to food in aquaculture and the emerging alternative supplies, also it presents a proposal for a pilot tilapia food plant along with a brief financial analysis to carry it out.

INTRODUCCIÓN

La biotecnología, que es definida como la aplicación de organismos o microorganismos vivos para el mejoramiento de un proceso o creación de nuevos productos (RAE, 2020), se ha visto implicada en la generación de tecnologías sustentables y de bajo impacto ambiental capaces de abastecer las necesidades de la sociedad. Gracias al uso de la biotecnología en diversos sectores productivos, el desarrollo de bionegocios ha ido en aumento en los últimos años, convirtiéndose en industrias cada vez más competentes. El término bionegocio es aplicado a las empresas generadoras de procesos y productos innovadores a partir de sistemas biológicos; optimiza recursos y cadenas de valor (Perú Ministerio del Ambiente, 2020).

Dentro de los sectores con mayor presencia de bionegocios en desarrollo se encuentra el agropecuario, debido al interés que existe por mejorar procesos productivos que aumenten rendimientos, mejoren la calidad de los productos, pero principalmente, disminuyan los costos de producción para permitir la rentabilidad económica del negocio.

La producción de peces que mantiene condiciones ambientales controladas para su desarrollo es conocida como acuicultura (M., 2013). Esta actividad derivada del sector agropecuario ha tenido un acelerado crecimiento en las últimas décadas; convirtiéndose así en una de las principales fuentes de alimentación a nivel mundial. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), hasta el 2016 la producción mundial de la acuicultura ascendió a 110.2 millones de toneladas y su aportación al sector pesquero alimentario en el mundo fue del 46.8% en el mismo año (FAO, 2018). Por otra parte, la producción global de tilapia, la cuarta especie más cultivada en el mundo, ha pretendido de igual manera satisfacer año con año las necesidades de proteína animal de la población. Para continuar con el crecimiento de esta actividad, productores e investigadores se han dado a la tarea de mejorar las diferentes áreas que implican la producción acuícola. Factores como áreas de cultivo, condiciones ambientales, tecnologías aplicadas y tipo de especie a cultivar se encuentran dentro de los objetivos a mejorar, sin embargo, se ha detectado que la alimentación es de las más importantes.

Se estima que la alimentación de peces representa hasta el 60% de los costos productivos, ya que de ésta depende el buen desarrollo y calidad del organismo (Surintorn Boonuntanasarn, 2018). El motivo por el que el alimento corresponde al mayor porcentaje de los costos es por sus ingredientes, siendo el de mayor precio la harina de pescado. Debido a esto, la industria alimentaria acuícola ha optado por la búsqueda de productos que logren cubrir las necesidades nutricionales de los peces y que a su vez permitan reducir la inclusión de ingredientes marinos (Rui Magalhães, 2017); convirtiéndose en una área potencial para el desarrollo de nuevos bionegocios que generen productos alternos a los alimentos ya existentes. De las alternativas que ya se han probado para su aplicación en alimentación de peces se encuentran plantas, residuos agrícolas, sub-productos animales, insectos y microorganismos.

El objetivo de este trabajo es el estudio de dos harinas alternativas, de gran relevancia actualmente, como posibles insumos para la formulación de alimentos para peces, específicamente de tilapia; así como la propuesta de desarrollo de una planta piloto productora de alimento balanceado y su viabilidad económica como futuro bionegocio en el sector acuícola.

Alimentación en la acuicultura

Como ya se ha mencionado anteriormente, debido a que la acuicultura consta de un sistema bajo monitoreo de condiciones ambientales, ésta dependerá de varios factores para su buen funcionamiento. El tipo de especie, su etapa de desarrollo, áreas de cultivo, condiciones ambientales y manejo del sistema figuran dentro de los elementos esenciales en un cultivo acuícola. Así mismo, la alimentación del pez durante el cultivo se convierte en un factor importante en la producción ya que esta aunado al crecimiento y desarrollo del organismo (Nadarajah S., 2017).

Breve historia de la alimentación acuícola

A finales del siglo 19, el cultivo de peces se realizaba de forma extensiva, es decir, en cuerpos de agua de gran extensión y al aire libre; lo que le hacía depender de alimentos producidos de forma natural y ocasionalmente de la aplicación de fertilizantes al agua de cultivo. Por medio de diversos estudios practicados con la trucha y utilizando combinaciones de productos de origen animal, peces de otras especies, camarón y vegetales, se comprobó que este método reducía el crecimiento y la salud del organismo. Posteriormente, entre 1920 y 1930, se inició la mezcla de diversos ingredientes que fueran de fácil acceso para las granjas y criaderos de peces y que fueran producidos localmente, sin embargo, al utilizar ingredientes con alto contenido de humedad, es decir, frescos, como carnes de animales, huevos, semillas, hígados y quesos, se veía afectada la calidad de agua del cultivo lo que disminuía los rendimientos.

En 1940 se presentó un aumento en la demanda de ingredientes para la alimentación de peces, y para extender la variedad de ingredientes se comenzaron a utilizar las mezclas de desechos de animales con ingredientes secos, permitiendo la disminución de costos de alimentación por unidad de producción; conocidos también como alimentos húmedos, proporcionaron un excelente desarrollo para los peces. Para principios de los años 50's, la Universidad del Estado de Oregon junto con la Comisión de Peces de Oregon desarrollaron las formulaciones semihúmedas con la intención de evitar la transmisión de enfermedades entre las especies, ya que los alimentos húmedos eran susceptibles a ser focos de infección. Por ésta misma razón, aparecieron por primera vez los alimentos pelletizados para facilitar el manejo de la alimentación. Es hasta 1956, gracias al laboratorio Cortland, que se reportan los pellets secos para la alimentación de peces con la premisa de haber incrementado la producción 60% y haber disminuido los costos hasta un 40%; finalmente Phillips (1964) y Fowler y Burrows (1971) proporcionaron la base para el desarrollo de alimentos secos pelletizados en todo el mundo (Hardy, 2002).

Alimentación comercial

Hoy en día, existen en el mercado una gran variedad de alimentos destinados a especies acuáticas; éstos presentan una diversidad de balances nutricionales aparentemente ideales para los organismos a cultivar, sin embargo, entre mayor sea la calidad de estos alimentos, su costo se ira elevando igualmente.

Dentro de los nutrientes básicos para la alimentación se encuentran las fuentes energéticas como proteínas, lípidos y carbohidratos que son de vital importancia para el correcto crecimiento de las especies, desafortunadamente estos nutrientes son los de mayor costo al formular los alimentos; particularmente el alto contenido de proteína en un alimento es asociado a un alimento costoso (Dizhi Xie, 2017).

Uno de los ingredientes base en los alimentos comerciales acuícolas es la harina y el aceite de pescado, estos cuentan con características nutricionales idóneas para los organismos acuáticos, incluyendo su contenido de ácidos grasos y perfil de aminoácidos, permitiendo el aumento del crecimiento del pez gracias a su palatabilidad, digestibilidad y favorable absorción de nutrientes (Ronald W. Hardy, 2011; Vaun C. Cummins Jr, 2017). Estos atributos han convertido a la harina de pescado en el componente con mayor costo en el desarrollo de alimentos, asimismo, debido a su alta demanda y su inestabilidad de producción, ha incrementado su costo por tonelada hasta \$1600 USD en 2018 (Hongjin Qiao, 2019). Por otro lado, los insumos marinos son obtenidos de la pesca excesiva en zonas pelágicas marinas, lo que ha cuestionado la sustentabilidad del proceso (Martin Perez-Velazquez, 2018; Samuel Le Féon, 2019).

Es por esto que la industria alimentaria para la acuicultura ha optado por balancear alimentos que disminuyan el contenido de insumos marinos a pesar de la calidad nutricional del producto.

Insumos alternativos

Un alimento balanceado es aquel que logra cubrir las necesidades nutrimentales de un organismo, es decir, que cuente con características nutricionales vitales, por ejemplo, un balanceado perfil de aminoácidos, nutrientes esenciales, así como características físicas como alta digestibilidad, palatabilidad y bajo contenido de fibra (Oluyemi K. Gbadamosi, 2018). No obstante, la búsqueda de nuevos insumos para el desarrollo de alimentos para peces ha presentado grandes desafíos en el cumplimiento de todas estas particularidades. De acuerdo con (André Dumas, 2018), el uso de ingredientes alternativos con alto potencial nutricional y sustentable ha dado relevancia a cultivos agrícolas y sus residuos, sub productos de origen animal, microorganismo e insectos.

En los últimos años se han enfocado las investigaciones en la inclusión de microorganismos e insectos en la alimentación acuícola, debido a la calidad de nutrientes que éstos contienen y que pueden ser proporcionados a los peces. Los resultados que han sido favorables son los que utilizaron microalgas y, como otra opción, a la mosca soldado negra.

Microalgas en la acuicultura

Por más de 40 años, las microalgas han estado bajo el interés de los científicos ya que resultan ser una de las formas de vida más antiguas en el mundo. Éstas son microorganismos unicelulares que contienen clorofila y pigmentos fotosintéticos (Taelman S.E., 2013; V., 2015) y en los últimos años han tomado mayor popularidad en la sociedad debido a que se les han encontrado múltiples aplicaciones tanto por su fisiología como por sus componentes moleculares.

Dentro de la gran variedad de compuestos bioactivos y biomoléculas que se han descrito en las microalgas se encuentran grandes cantidades de carbohidratos, proteínas, lípidos y antioxidantes (Taelman S.E., 2013). Entre los más importantes están los ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el omega-3 y omega-6 presentes como ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido araquidónico (AA); vitaminas y carotenoides como el Beta-caroteno y la astaxantina. Además, cuentan generalmente con todos los aminoácidos esenciales (Sathasivam R, 2017; Taelman S.E., 2013; V., 2015).

Hoy en día se ha probado que las microalgas han resultado ser una fuente de proteína con la capacidad de reemplazar a las harinas de pescado en la alimentación acuícola (Hongjin Qiao, 2019). Existe una gran variedad de trabajos publicados respecto a la suplementación de microalgas en la alimentación de peces. Como ejemplo, adicionando 21% de la especie *Nannochloropsis oculata* a la dieta de peces lisa, El-Dahhar y colaboradores reportaron (El-Dahhar AA, 2014) mayor contenido de proteína en el pez alimentado con suplemento de la microalga que con un alimento control y no observaron cambios significativos en el crecimiento del organismo, concluyendo la viabilidad del uso de microalgas en la alimentación de peces.

Larva de mosca soldado para alimentación de peces

Actualmente se ha incrementado el interés en insectos como fuente alternativa de proteína, lípidos, vitaminas y minerales y una de las especies más prometedoras es la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) (Birgit A. Rumpold, 2013; C. Dietz, 2018). Es en su etapa de desarrollo larval en la que cuenta con un alto contenido de proteína, aunado a un buen balance de aminoácidos y lípidos, además de ácidos grasos saturados como el ácido laurico (Ikram Belghit, 2019). De la misma forma, su importancia también se ha debido a su capacidad de crecimiento en diferentes sustratos o tipos de alimento y por su facilidad de bioconversión de desechos, como los residuos agrícolas y orgánicos, transformándolos en proteínas y lípidos de alta calidad (Augusta Caligiani, 2018).

Dentro de las aplicaciones de la larva de mosca, Dietz y Liebert (2018) lograron sustituir hasta un 50% del concentrado de soya de un alimento para peces por larva de mosca soldado, obteniendo como resultados una mejora en la calidad de proteína del alimento y ninguna afectación en el crecimiento de tilapias de 35 g.

Una variedad de experimentos se han realizado para la inclusión parcial o total de los aceites y harinas de larva de mosca en las dietas de peces, sin embargo, aún es necesario realizar mayor investigación respecto a su uso y procesamiento; así como análisis económicos para conocer su viabilidad en la industria alimentaria (Harinder P.S. Makkar, 2014).

Propuesta de bionegocio: planta piloto de alimento balanceado

La información previamente recabada permitió el diseño de una propuesta para el desarrollo de un nuevo alimento formulado para el cultivo de tilapia a partir del uso de dos nuevos insumos, harinas de microalga y larva de mosca soldado, esto a su vez con la finalidad de estudiar y analizar su viabilidad financiera como futuro bionegocio. Con ayuda del Laboratorio de Bioingeniería de la Facultad de Ingeniería, Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro y las plantas piloto de producción de microalga y de producción de mosca soldado negra se ha realizado la propuesta de desarrollo de una planta piloto para la formulación de alimento para tilapia.

Se le llama planta piloto al escalamiento reducido de un proceso de laboratorio. Diseñar este tipo de plantas permite obtener información más clara y específica sobre un proceso en particular, además de detectar con mayor facilidad los fallos que podrían existir al llevarlo a mayor escala. Por otra parte, una planta piloto proporciona datos que pueden ser utilizados para analizar la viabilidad económica del proceso.

Para esta propuesta entonces se consideran activos fijos como la inversión en maquinaria para el procesamiento de los insumos; dentro de los costos variables la obtención de las nuevas harinas en conjunto de otras harinas a base de cereales para la preparación del alimento, así como utensilios y materiales útiles para su empaquetado. Por otro lado, los costos fijos respectivos como servicios en general de agua, energía eléctrica, gas, etc. y renta de un espacio para realizar las actividades en la tabla 1 se muestra el estudio financiero realizado para la propuesta de planta piloto con una proyección a 5 años (Ver Tabla 1).

Con estos datos se logró calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) con valor del 24%, significando esto que el proyecto aparenta ser una propuesta viable, así como el retorno de la inversión, también conocido como payback, en un tiempo estimado de 3 años y cuatro meses.

Si bien es difícil posicionar un producto a escala piloto en el mercado con alta competitividad, es necesario continuar con los respectivos estudios financieros para conocer, con mayor exactitud, la viabilidad que tendrá desarrollar esta propuesta y sobre todo el impacto que tendrá en sus consumidores, los acuicultores. Finalmente, el desarrollo de éste alimento con insumos alternativos se puede considerar como un bionegocio debido al uso de nuevas tecnologías con participación biológica que permitirán la reducción de inclusión de especies marinas, aportando una alimentación de calidad bajo procesos sustentables y de menor impacto al ambiente, sustentadas en investigaciones científicas previas.

Tabla 1. Estudio financiero con proyección a 5 años para planta piloto de producción de alimento para tilapia.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos fijos	\$ 351,000.00	\$ 402,477.00	\$ 462,848.55	\$ 532,275.83	\$ 612,117.21
Costos variables	\$ 8,535,600.00	\$ 9,815,457.00	\$ 11,287,775.55	\$ 12,980,941.88	\$ 14,928,083.16
Activo fijo	\$ 315,000.00	\$ 280,050.00	\$ 245,100.00	\$ 210,150.00	\$ 175,200.00
Ingresos	\$ 1,400,000.00	\$ 13,110,000.00	\$ 15,076,500.00	\$ 17,337,975.00	\$ 19,938,671.25
Gastos financieros	\$ 497,972.56	\$ 376,148.53	\$ 240,227.18	\$ 88,577.16	
Pago de préstamos	\$ 1,052,758.80	\$ 1,174,582.82	\$ 1,310,504.18	\$ 1,460,980.73	
Flujo neto de efectivo	\$ 1,817,379.70	\$ 1,597,959.50	\$ 1,956,890.20	\$ 2,366,724.98	\$ 2,783,968.15

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS

- André Dumas, T. R., Justin Barkhouse, Elizabeth Lewis, Erika Weltzien. (2018). *The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (Hermetia illucens) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. Aquaculture, 492, 24-34.
- Augusta Caligiani, A. M., Giulia Leni, Stefania Baldassarre, Lara Maistrello, Arnaldo Dosse-
na, Stefano Sforza. (2018). *Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin*. Food Research International, 105, 812-820.
- Birgit A. Rumpold, O. K. S. (2013). *Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production*. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 17, 1-11.
- C. Dietz, F. L. (2018). *Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (Oreochromis niloticus)* Aquaculture Reports, 12, 43-48.
- Dizhi Xie, L. Y., Ruomeng Yu, Fang Chen, Ronghua Lu, Chaobin Qin, Guoxing Nie. (2017). *Effects of dietary carbohydrate and lipid levels on growth and hepatic lipid deposition of juvenile tilapia, Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 479, 696-703.
- El-Dahhar AA, S. M., Moustafa YT, Elmorshedy EM. (2014). *Effect of using Algae (Nannochlo-
ropsis Oculata) in Grey Mullet (Liza Ramada) Larval Diets on Growth Performance and Feed Utilization*. Journal of the Arabian Aquaculture Society, 9, 131-144.
- Hardy, J. E. H. a. R. W. (2002). *Fish Nutrition* (3rd ed.): Academic Press.

- Harinder P.S. Makkar, G. T., Valérie Heuzé, Philippe Ankers. (2014). *State-of-the-art on use of insects as animal feed*. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- Hongjin Qiao, D. H., Ji Ma, Xiaoyan Wang, Hongyan Wu, Jiying Wang. (2019). *Feeding effects of the microalga Nannochloropsis sp. on juvenile turbot (Scophthalmus maximus L.)*. *Algal Research*, 41.
- Ikram Belghit, N. S. L., Petter Gjesdal, Irene Biancarosa, Elisa Menchetti, Yanxian Li, Rune Waagbø, Åshild Krogdahl, Erik-Jan Lock. (2019). *Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (Salmo salar)*. *Aquaculture*, 503, 609-619.
- Martin Perez-Velazquez, D. M. G., Mayra L. González-Félix, Armando García-Ortega. (2018). *Partial replacement of fishmeal and fish oil by algal meals in diets of red drum Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 487, 41-50.
- Nadarajah S., F. O. (2017). *Global aquaculture growth and institutional quality*. *Marine Policy*, 84, 142-151.
- Oluyemi K. Gbadamosi, I. L. (2018). *Effects of dietary Nannochloropsis salina on the nutritional performance and fatty acid profile of Nile tilapia, Oreochromis niloticus*. *Algal Research*, 33, 48-54.
- Ronald W. Hardy, D. M. G. I., Dominique P. Bureau, Louis R. D'Abramo, D. Allen Davis, John E. Halver, Ashild Krogdahl, Francoise Médale, Shi-Yen Shiau, Douglas R. Tocher, Austin J. Lewis, Ruthie S. Arieti and Erin P. Mulcahy. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Retrieved from
- Samuel Le Féon, A. T., Frédéric Maillard, Catherine Macombe, Louise Forteau, Joël Aubin. (2019). *Life Cycle Assessment of fish fed with insect meal: Case study of mealworm inclusion in trout feed, in France*. *Aquaculture*, 500, 82-91.
- Sathasivam R, R. R., Hashem A, Abd Allah E. (2017). *Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine*. *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- Taelman S.E., D. m. S., Roef L., Michiels M., Dewulf J. (2013). *The environmental sustainability of microalgae as feed for aquaculture: A life cycle perspective*. *Bioresource Technology*, 150, 513-522.
- V., G.-J. (2015). *Estudio de elementos esenciales y tóxicos en microalgas: uso de Chlorella sorokiniana en la preparación de alimentos funcionales*. (Doctorado), Universidad de Huelva, Huelva, España.
- Vaun C. Cummins Jr, S. D. R., Kenneth R. Thompson, Alejandro Velasquez, Yuka Kobayashi, Janelle Hager, Carl D. Webster. (2017). *Evaluation of black soldier fly (Hermetia illucens) larvaemeal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei)*. *Aquaculture*, 473, 337-344.