

ALTERNATIVA DE UN ALIMENTO NO CONVENCIONAL DESTINADO PARA CRÍAS DE TILAPIA *OREOCHROMIS SPP.*

AN ALTERNATIVE NON-CONVENTIONAL FEED FOR TILAPIA FRY *OREOCHROMIS SPP.*

Jorge Víctor Hugo Mendiola Campuzano ^{1*}

¹ Profesor-Investigador. División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8043-0315>. Correo: jorge.mendiola@ujat.mx

Alejandro Alpuche Palma ²

² Profesor-Investigador. División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2447-0966>. Correo: alejandro.alpuche@ujat.mx

Edy de Jesús Pérez Vera ³

³ Profesor-Investigador. División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5733-6224>. Correo: edy.perez@ujat.mx

María Jesús Damián Alejo ⁴

⁴ Profesora-Investigadora. División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5908-2991>. Correo: maria.damiana@ujat.mx

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

Resumen

Actualmente, la búsqueda de ingredientes alternos para la elaboración de dietas acuícolas constituye una prioridad, debido al elevado costo de la alimentación. En este estudio, se elaboró un alimento para crías de tilapia *Oreochromis spp.* con ingredientes no convencionales y se comparó con un alimento comercial, evaluando su composición nutrimental, inocuidad y costo para determinar su viabilidad. Se calcularon la media y desviación estándar de cada nutrimento; la normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Posteriormente, se aplicó una prueba t de Student para determinar diferencias entre los alimentos y se estimó el tamaño del efecto mediante la prueba Cohen. Ambos alimentos presentaron distribución normal y varianzas homogéneas. La prueba t de Student

evidenció diferencias significativas en cenizas, fibra y materia seca, con mayores valores en el alimento experimental, mientras que el extracto libre de nitrógeno y humedad fueron superiores en el alimento comercial. El análisis microbiológico indicó una adecuada inocuidad en ambos alimentos. Sin embargo, el costo del alimento experimental fue de MXN 65.01. Se concluyó que el alimento propuesto es una alternativa viable, pero es necesario implementar estrategias para reducir los costos de elaboración.

Palabras clave: formulación; evaluación; alimento; cría; tilapia

Abstract

*The search for alternative ingredients for aquaculture diets is currently a priority due to the high cost of feed. In this study, a feed for tilapia fry, *Oreochromis spp.*, was formulated using unconventional ingredients and compared with a commercial feed to evaluate nutritional composition, safety, and cost and determine its viability. The mean and standard deviation were calculated for each nutrient; normality was assessed using the Shapiro-Wilk test, and homogeneity of variances was evaluated using Levene's test. Subsequently, Student's t-test was performed to identify differences between feeds, and effect size was estimated using Cohen's test. Both feeds exhibited normal distributions and homogeneous variances. Student's t-test revealed significant differences in ash, fiber, and dry matter, with higher values in the experimental feed, whereas nitrogen-free extract and moisture were higher in the commercial feed. Microbiological analysis indicated adequate safety in both feeds. However, the experimental feed cost MXN 65.01. The proposed feed was concluded to be a viable alternative; however, strategies to reduce production costs are necessary.*

Keywords: formulation; evaluation; feed; fry; tilapia

Fecha de recibido: 04/06/2026

Fecha de aceptado: 13/08/2026

Fecha de publicado: 17/08/2026

Introducción

Cuando se habla de acuicultura se hace referencia al conjunto de actividades, técnicas, metodologías y conocimientos relacionados con el cultivo de organismos acuáticos de origen vegetal y animal, los cuales pueden ser desarrollados en ambientes naturales dulceacuícolas, salobres o marinos o mediante el acondicionamiento de instalaciones especializadas para este propósito (Norzagaray *et al.*, 2012; Platas y Vilaboa, 2014).

En la actualidad, la acuicultura tiene gran relevancia en el sector primario, pues la producción derivada de esta actividad contribuye a la solución de problemas relacionados con la seguridad alimentaria, ya que sus productos representan una fuente proteica sostenible y de alta calidad nutrimental, lo cual permite la generación de un sistema alimentario estable y diversificado; así mismo, contribuye a la preservación de especies acuáticas mediante la reducción de la presión pesquera y genera el desarrollo económico, sobre todo

en las comunidades rurales marginadas al realizar cultivos de traspatio que permite el consumo familiar y así, diversificar su producción alimentaria, logrando su autonomía y mejorando su bienestar social (García, 2022; Garlock, 2022; Vázquez *et al.*, 2022).

Así, la acuicultura contribuye a la propagación, cultivo y mercadeo de organismos acuáticos para obtener proteínas de alta calidad nutrimental destinadas para la alimentación y nutrición humana, así como para la elaboración de piensos comerciales para la alimentación animal; con ello, se pueden abastecer los mercados nacionales e internacionales, puesto que la acuicultura está registrando un crecimiento rápido, lo que se traduce en aportaciones económicas por su alta demanda, así como los precios que alcanzan sus productos (Espínos, 2019; Garlock *et al.*, 2020; Ferrer *et al.*, 2023).

De acuerdo con las cifras oficiales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2024), en el año 2022 se tuvo un récord histórico en la producción total de la pesca y la acuicultura con 223.2 millones de toneladas en peso vivo, de los cuales, 185.4 millones de toneladas correspondieron a animales acuáticos y 37.8 millones de toneladas fueron de algas, presentándose un incremento del 4.4% en relación con lo reportado en 2020; particularmente, la producción acuícola en 2022 fue de 130.9 millones de toneladas, mismas que se estimaron en un valor de \$313,000 millones de dólares, destacando el 62.6% de la producción acuícola continental de animales acuáticos cultivados, siendo el 89% de la producción total destinada para el consumo humano, mientras que, de la producción restante, aproximadamente 15 millones de toneladas se utilizaron en la elaboración de harina y aceite de pescado.

Por tanto, existe una gran demanda de harina y aceite de pescado por parte de las unidades de producción acuícola, siendo un tema preponderante en lo concerniente a la economía pesquera y la sostenibilidad alimentaria, ya que la acuicultura es la principal demandante de ingredientes marinos, debido a que tanto la harina y el aceite de pescado son insumos clave en la industria de alimentos por su aporte proteico altamente digerible, aminoácidos esenciales, ácidos grasos omega-3 como el EPA y DHA, excelente palatabilidad, así como un mejor crecimiento y conversión alimenticia por parte de los organismos que consumen estos insumos; no obstante, su demanda puede ser relativamente inelástica a corto plazo, aunque al ser sustituidos de forma total o parcial con materias primas no convencionales, esto permite mayor elasticidad a largo plazo para las industrias productoras de harina y aceite de pescado (Ng *et al.*, 2013; Lundebye *et al.*, 2017; Filer y Tidwell, 2018).

Autores como Sarker *et al.* (2016), Bandara (2018), Turchini *et al.* (2019), Martínez *et al.* (2018) y Tacon y Lemos (2022), han señalado que debido al crecimiento de la acuicultura, se han desarrollado diversos sistemas de cultivo en donde se requiere del suministro de grandes cantidades de alimentos, por lo que la nutrición acuícola se convierte en un área clave para ser impulsada a través de la elaboración alimentos apropiados que cubran las necesidades nutrimentales de las especies cultivadas, contar con una aceptable inocuidad y que sean accesibles económicamente; para ello, es primordial producir alimentos a partir de ingredientes estables, con una óptima calidad nutrimental y microbiológica, obtenidos a bajo costo.

Se debe considerar que la nutrición es uno de los componentes primordiales en los sistemas de cultivo acuícolas, pues mediante una dieta adecuada se optimiza el crecimiento y desarrollo de los organismos, por lo que la aportación de los nutrimentos requeridos, principalmente los proteicos, es preponderante en la alimentación de los organismos acuáticos, debido al papel que tienen las proteínas en las diversas funciones

metabólicas en que participan (Andersen *et al.*, 2016; Amer *et al.*, 2019; Glencross *et al.*, 2020; Gasco *et al.*, 2021; Aragão *et al.*, 2022). Sin embargo, los costos por concepto de alimentación en las unidades acuícolas suele representar entre el 40% hasta el 60% de los costos totales de producción, lo que se traduce en una fuerte inversión, debido a que los alimentos comerciales son elaborados con harina de pescado, la cual tiene una enorme demanda dificultando su adquisición por la sobreexplotación pesquera; por ello, los trabajos orientados hacia la búsqueda de fuentes nutrimentales no convencionales son fundamentales, considerando que estos ingredientes alternos cuenten con una óptima calidad nutrimental, sean inocuos y que permitan economizar los costos de alimentación e incidan positivamente en el crecimiento y desarrollo de las especies acuáticas cultivadas (Gisbert *et al.*, 2008; Tacon, 2008).

En este sentido, varias fuentes no convencionales han sido evaluadas en alimentos destinados a las diversas especies de tilapia *Oreochromis spp.*; por ejemplo, la harina de girasol *Helianthus annuus* (Furuya *et al.*, 2000), cáscara de naranja *Citrus spp.* (Moreno *et al.*, 2000), harina de canola *Brassica napus* (Martins *et al.*, 2001), flor de cempasúchil *Tagetes erecta* (Ponce *et al.*, 2004), harina de hidrolizado de plumas (Peters *et al.*, 2004), ensilado de pescado (Llanes *et al.*, 2007) y harina de caña para la alimentación de tilapia roja (Botello *et al.*, 2011), inclusión de harina de pez armado *Pterygoplichthys spp.* (Arroyo, 2008; Filigrana, 2016), harina de *Lemna obscura* (Peters *et al.*, 2009), , harinas vegetales (Barragán *et al.*, 2017), harina de tarwi *Lupinus mutabilis* (Mestanza y Nuñez, 2018), harina hidropónica de maíz (Loqui *et al.*, 2020), harina de *Hermetia illucens* con harina de *Nannochloropsis limnetica* (Oviedo *et al.*, 2024), solo por citar algunos.

Por otra parte, Tsang y Quintanilla (2008), Ríos (2012) y Luna (2022) comentan que las tilapias representan un grupo de peces endémicos africanos, iniciándose investigaciones para su cultivo a partir de 1950, debido a sus características biológicas y la facilidad de adaptación al cautiverio, siendo consideradas las especies más idóneas por presentar un crecimiento y desarrollo rápido, se reproducen con facilidad en condiciones controladas, aceptan alimentos artificiales, tienen una notable resistencia a las enfermedades, se pueden mantener bajo cultivo en altas densidades poblacionales y toleran condiciones adversas de la calidad de agua, se facilita su manejo y tienen una notable demanda en los mercados nacionales e internacionales.

Sin embargo, para optimizar su cultivo se debe considerar como factores clave su nutrición y alimentación para que puedan crecer y desarrollarse adecuadamente. Cabe señalar que las diversas especies de tilapia, por lo general, en ambientes naturales se alimentan en los niveles más bajos de la cadena trófica, razón por la cual en cautiverio aceptan en su dieta diversos componentes vegetales y animales, maximizando su crecimiento bajo cultivo, sobre todo en países donde el alimento comercial es escaso o no se tiene acceso a ellos por sus altos costos, siendo conveniente alimentar a las tilapias con diversas materias no convencionales (Aguilar *et al.*, 2010; Arce, 2014; Noriega *et al.*, 2020).

Por todo lo anterior, en este trabajo se formuló y elaboró un alimento con ingredientes no convencionales a base de pez armado *Pterygoplichthys spp.*, carpa común *Cyprinus carpio*, hígado de res *Bos spp.*, plátano cuadrado *Musa balbisiana* y fríjol pelón *Vigna unguiculata*, destinado para la alimentación de crías de tilapia *Oreochromis spp.* Se evaluó su calidad nutrimental para estimar el contenido de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas totales, fibra cruda, humedad total, extracto libre de nitrógeno (ELN) mediante los métodos oficiales establecidos por la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 2019). También se realizaron los análisis microbiológicos de bacterias mesófilas aeróbicas, mohos y levaduras, coliformes totales y Salmonella con la finalidad de conocer su inocuidad, basado cada uno de ellos en las Normas

Oficiales Mexicanas (NOM). Por último, se realizó un análisis de los costos implicados en la elaboración del alimento propuesto con el propósito de determinar su viabilidad económica.

Materiales y métodos

Esta investigación tuvo lugar en las instalaciones de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos (DAMR) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México.

Para la elaboración del alimento, se emplearon harina de pez armado *Pterygoplichthys spp.*, harina de carpa común *Cyprinus carpio*, harina de hígado de res *Boss spp.*, harina de plátano cuadrado *Musa balbisiana* y harina de frijol pelón *Vigna unguiculata*. Las materias primas de plátano cuadrado, frijol pelón e hígado de res se adquirieron en el mercado local de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, mientras que los especímenes de carpa común y pez armado se obtuvieron con los pescadores de la comunidad El Recreo, localizada en la periferia de la ciudad a las orillas del río Usumacinta.

Los peces armados fueron conseguidos vivos y se trasladaron en un tanque Rotoplas® de 400 l al Área Experimental de Nutrición Acuícola, la cual se encuentra en la DAMR-UJAT. A estos organismos se les mantuvo en cuarentena con la finalidad de ir depurando el contenido del tracto digestivo y disminuir su carga microbiana. Posteriormente, los peces fueron sacrificados mediante un doble shock térmico, para lo cual se preparó un tanque de plástico de 300 l, al que se le adicionó agua caliente hasta alcanzar 40°C e inmediatamente se introdujeron los organismos, permaneciendo por espacio de 20 min. En otro contenedor de 300 l de capacidad se le añadió hielo hasta que el agua alcanzó los 4°C y así, en este medio fueron trasladados los especímenes, donde después de 20 min se logró el sacrificio de los organismos y fueron colocados en recipientes de plástico con tapa con capacidad de 10 l, mismos que se conservaron en un congelador horizontal Aspix®, con el propósito de mantener en buen estado la materia prima, así como de minimizar la carga microbiana presente.

Para la elaboración de las harinas de carpa común, pez armado e hígado de res, se inició con el lavado por separado de cada uno de los productos en fresco y se colocaron en un congelador horizontal Aspix® por 24 h a una temperatura de -20°C, para facilitar el troceado de cada producto, así como para bajar las cargas microbianas. Pasado el tiempo, se trocearon en pequeñas rodajas mediante un cuchillo tipo hachuela y tabla convencional y se esperó a que se descongelaran para eliminar el remanente de agua; luego, se introdujeron en un deshidratador Excalibur® a 60°C por 8 h. Una vez obtenidos los productos deshidratados, se introdujeron en un molino eléctrico Vevor® hasta obtener cada uno de los productos en grado harina, los cuales se conservaron en recipientes de plástico con tapa con capacidad de 10 l, para evitar alteraciones en su composición.

La harina de frijol pelón *Vigna unguiculata* fue procesada a partir de su lavado con agua corriente y se sometió a cocción en una olla exprés eléctrica Oster® por 15 min y enseguida se escurrieron con un colador convencional para eliminar el exceso de agua y se colocaron en un deshidratador Excalibur® a 60°C por 4 h. Una vez obtenido el producto seco se pasaron por un molino eléctrico Vevor®, con el fin de obtener el producto en grado harinoso, el cual se guardó en un recipiente de plástico con tapa con capacidad de 10 l.

Para la obtención de la harina de plátano cuadrado *Musa balbisiana*, estos fueron adquiridos en grado sazón (verde-amarillo) y se lavaron con abundante agua, se les desprendió la cáscara y se cortaron en rodajas delgadas con un cuchillo y una tabla de cocina convencional. Al obtener las rodajas, éstas se sumergieron en una solución de ácido cítrico en grado alimenticio al 5% por l, por espacio de 2 h, para que actuará como antioxidante y conservador para enseguida eliminar el excedente de la solución e introducirlos en un deshidratador marca Excalibur® a 60°C por 4 h. Una vez deshidratados, se pasaron por un molino eléctrico Vevor® hasta obtener el grado harina del producto, mismo que fue conservado en un recipiente de plástico con tapa con capacidad de 10 l.

Posteriormente, se realizaron los cálculos necesarios para la formulación del alimento experimental a través del método del cuadrado compuesto de Pearson (Santana *et al.*, 2015; Nuñez *et al.*, 2020; Van Emon, 2023), considerando un contenido proteico de 45%, requerimiento necesario en las etapas de crías de diversas especies de tilapia (Torres y Hurtado, 2012; Ng y Romano, 2013; Musita *et al.*, 2015; Alanes, 2020), siendo seleccionada esta etapa de desarrollo por la demanda de nutrimentos que requieren para obtener un crecimiento óptimo.

Para la elaboración del alimento, se inició con un premezclado de los ingredientes en una batidora Blazer®, por 10 min; luego, se incorporó agua y se adicionaron por separado una mezcla multivitamínica Strepen® (1 g kg⁻¹), lecitina de soya deshidratada Mi Granero® (2 g kg⁻¹), misma que aporta fosfolípidos y ácidos grasos (omega 3, omega 6 y omega 9). Además, se utilizó ácido cítrico en grado alimenticio (0.5 g kg⁻¹) como conservador y antioxidante. El mezclado de los ingredientes y aditivos se realizó hasta obtener una masa moldeable y homogénea, misma que se introdujo en un molino eléctrico cárnico Torrey® de 1 HP, con el propósito de obtener el producto en tiras, las cuales se colocaron en un deshidratador Excalibur® a 60°C por espacio de 4 h. Una vez obtenido el producto deshidratado, fue troceado en partículas pequeñas y se conservaron en un recipiente de plástico con tapa con una capacidad de 10 l, misma que fue etiquetada con la información oportuna (ingredientes y fecha de elaboración).

Una vez obtenido el alimento experimental (T_E) se adquirió en los mercados locales de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, el alimento comercial Nutripec-Purina®, el cual representó el tratamiento control (T_C). Al contar con ambos alimentos (T_C y T_E), se efectuaron los análisis bromatológicos básicos, cada uno con cinco repeticiones, en base a los métodos establecidos por la AOAC (2019) de:

1. *Proteína cruda*. Se estimó mediante el método Kjeldahl, utilizando un digestor y destilador Tecnal®, para la digestión ácida y alcalina, respectivamente. La titulación se hizo con una bureta automática con HCl al 0.01 N y se consideró para los cálculos un factor de conversión de 6.25.
2. *Extracto etéreo*. Se desarrolló mediante el método Soxhlet, con el apoyo de un equipo de extracción etérea convencional, utilizando éter de petróleo para el arrastre de lípidos presentes en el alimento.
3. *Cenizas totales*. Se realizó a través del método de incineración, empleando una mufla Felisa®. Las muestras se calcinaron a 550°C durante 3 h.
4. *Humedad total*. Se realizó mediante el método de eliminación térmica del agua empleando una estufa Binder®, graduada a 110°C, por espacio de 4 h, hasta obtener el peso constante de las muestras.
5. *Fibra cruda*. Se valoró aplicando el método de pérdida de fibra por ignición del residuo seco después de una digestión ácido-básica. La digestión se hizo con ácido sulfúrico (H₂SO₄) e hidróxido de sodio (NaOH), ambos preparados al 1.25%. Se utilizó una multiunidad de calentamiento Lab-Line® y una

bomba de vacío Jaelsa® de 1 HP para el lavado y filtrado de cada muestra. Las muestras digeridas se introdujeron en una estufa Binder® a 110°C para su secado; enseguida, se tararon y se introdujeron en una mufla Felisa® durante 2.5 h.

6. *ELN*. Se calculó restándole al 100% del contenido nutrimental total cada uno de los resultados obtenidos de los análisis anteriormente citados.
7. Materia seca. Se hizo la sumatoria de todos los nutrimentos evaluados, exceptuando el contenido de humedad total.

Con los datos obtenidos, se estimó la media y desviación estándar del contenido porcentual de cada nutrimento. La normalidad de las variables fue calculada mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene; posteriormente, las medias de los tratamientos se compararon utilizando una prueba *t* de Student para muestras independientes ($p \leq 0.05$). Adicionalmente, se calculó el tamaño del efecto con el estadístico de Cohen (*d*). Todos los estadísticos fueron desarrollados a través del software estadístico Minitab® versión 22.

En cuanto a la determinación de la inocuidad microbiológica en ambos tratamientos (T_C y T_E), estas fueron cuantificadas aplicando los métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) mediante la comprobación de bacterias mesofílicas aeróbicas (NOM-092-SSA-1994), mohos y levaduras (NOM-111-SSA-1994), coliformes totales en placa (NOM-113-SSA-1994) y *Salmonella* (NOM-114-SSA-1994), utilizando un autoclave Felisa® para la esterilización de materiales y medios de cultivo, una cámara de flujo laminar Esco® y una cabina de seguridad biológica clase II Labconco® para realizar los cultivos, una incubadora Felisa® para el crecimiento de mohos y levaduras, así como tres incubadoras Riossa® para incubar por separado las muestras de bacterias mesofílicas aeróbicas, coliformes totales en placa y *Salmonella*, así como un contador de colonias Solbat®. Tanto en los análisis bromatológicos y microbiológicos se realizó una duplicidad experimental, con el propósito de ratificar los resultados, comprobar su validez y asegurar la fiabilidad científica.

Para el análisis de costos, se consideraron como gastos de inversión: cuchillo, tabla, molino eléctrico Torrey®, batidora eléctrica Blazer®, deshidratador Excalibur®, balanza electrónica Ohaus® y molino eléctrico Vevor®, considerando para ello su tiempo de vida útil, debido a que son bienes adquiridos para usarlos en procesos de producción, por lo que se estiman a partir de la ley de porcentajes de depreciación anual, difiriendo en cada uno de ellos. En base a lo expresado en la Ley de Impuestos Sobre la Renta en su Artículo 32, donde se establece que se consideran inversiones los activos fijos, gastos, cargos diferidos y las erogaciones realizadas en periodos preoperativos, mientras que en su Artículo 33, Fracción II, establece el porcentaje máximo autorizado para las erogaciones realizadas en periodos preoperativos, siendo del 10%; no obstante, el Artículo 35, Fracción I, determina un 8% anual para la amortización de gastos diferidos utilizados en la elaboración de productos alimenticios y bebidas (Cámara de Diputados, 2026). Los gastos de recipientes, tabla de plástico y cuchillo fueron considerados con lo señalado en el Artículo 34, Fracción VIII, pues representan bienes herramientales, por lo que se aplica una depreciación anual del 35% (Congreso de la Unión, 2025); de esta forma, fueron estimados los costos en la elaboración del alimento experimental.

Resultados y discusión

En base a los datos obtenidos, en lo concerniente al contenido nutrimental de ambos tratamientos (T_C y T_E), los resultados presentaron una distribución normal y varianzas homogéneas ($p > 0.05$) en base a la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene, respectivamente, mientras que la prueba t de Student ($p < 0.05$) evidenció diferencias significativas en cada uno de los nutrimentos analizados, con excepción del contenido porcentual de proteína cruda y extracto etéreo; por otra parte, el estadístico de Cohen (d) comprobó que tan grandes son las diferencias entre ambos alimentos evaluados (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido porcentual de los nutrimentos en los alimentos evaluados. Los valores porcentuales están calculados en base húmeda (BH). Los valores son los promedios estándar ($n=10$).

Variable	T_C (% promedio más DE)	T_E (% promedio más DE)	Levene (p)	t	gl	p	Cohen's d
Proteína cruda	44.97±0.21 ^a	44.93±0.44 ^a	0.134	0.278	18	0.784	-0.125
Extracto etéreo	8.43±0.36 ^a	8.31±0.41 ^a	0.925	0.708	18	0.488	-0.317
Cenizas totales	12.53±0.43 ^b	19.77±0.61 ^a	0.675	-30.633	18	<0.001	13.700
Fibra cruda	8.29±0.25 ^b	9.05±0.43 ^a	0.315	-4.833	18	<0.001	2.161
Humedad total	9.16±0.37 ^a	8.35±0.28 ^b	0.306	5.539	18	<0.001	-2.477
ELN	16.68±0.63 ^a	9.60±0.73 ^b	0.726	23.211	18	<0.001	-10.380
Materia seca	90.84±0.37 ^b	91.69±0.29 ^a	0.446	-5.665	18	<0.001	2.533

Nota: DE=desviación estándar. La prueba de Levene evalúa la homogeneidad de varianzas y la prueba t de Student compara ambos tratamientos. Valores con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). El tamaño del efecto se estimó con el estadístico de Cohen (d) que responde qué tan grande es esa diferencia. La columna p representa el valor de probabilidad obtenido en la prueba t de Student.

De esta forma, la comparación de medias mediante la prueba t de Student mostró que la proteína cruda ($t(18)=0.278$, $p=0.784$) y extracto etéreo ($t(18)=0.708$, $p=0.488$) no difirieron; en contraste, se observaron diferencias significativas en cenizas totales ($t(18)=-30.633$, $p < 0.001$), fibra cruda ($t(18)=-4.833$, $p < 0.001$), humedad total ($t(18)=5.539$, $p < 0.001$), ELN ($t(18)=23.211$, $p < 0.001$) y materia seca ($t(18)=-5.665$, $p < 0.001$), representando t el valor del estadístico de la prueba t de Student, (18) los grados de libertad, seguido del valor calculado de la prueba t y el nivel de significancia (p).

Por otra parte, los tamaños del efecto fueron insignificantes en el contenido porcentual de proteína cruda ($d=-0.125$) y mínima en el contenido de extracto etéreo ($d=-0.317$), mientras que las demás variables (cenizas totales, fibra cruda, ELN, humedad total y materia seca) presentaron tamaños muy significativos ($d > 2.0$), con diferencias sustanciales en la composición proximal de los alimentos.

Con estos datos, se puede deducir que la composición proximal del alimento experimental presentó incrementos de 57.74% en cenizas totales, 9.22% en fibra cruda y 0.93% en materia seca, mientras que la humedad total y el ELN disminuyeron 8.88% y 42.42%, respectivamente, en comparación con el alimento comercial.

En cuanto a la estimación de la calidad microbiológica de los alimentos, el T_C obtuvo un contenido de 7×10^3 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por g^{-1} de bacterias mesofílicas aerobias, 16 UFC g^{-1} de mohos y

levaduras y la ausencia total de coliformes totales y Salmonella, mientras que el T_E presentó un total de 4×10^3 UFC g⁻¹ en bacterias mesofílicas aerobias, 10 UFC g⁻¹ en mohos y levaduras y la ausencia de coliformes totales y Salmonella, por lo que se pudo constatar que ambos alimentos presentan una óptima inocuidad, aunque con menores cargas microbianas en el alimento experimental.

Al realizar la estimación de los costos generados en el alimento experimental, se obtuvo lo que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Estimación de los costos implicados en la elaboración del alimento experimental propuesto.

Equipos	Cantidad	Costo (M.N.)	Depreciación
Mezcladora Blazer®	1	\$17,326.00	\$3.79
Molino cárnico Torrey®	1	\$16,414.00	\$3.59
Deshidratador Excalibur®	1	\$10,738.00	\$2.35
Molino eléctrico Vevor®	1	\$ 5,073.61	\$1.11
Congelador horizontal Aspix®	1	\$ 4,499.00	\$0.98
Balanza Ohaus®	1	\$ 3,767.30	\$0.82
Olla exprés Oster®	1	\$ 1,566.04	\$0.34
Materias Primas	Cantidad	Costo (M.N.)	Depreciación
Harina de pez armado	350.4 g	\$14.52	
Harina de carpa común	344.6 g	\$12.02	
Harina de hígado de res	152.8 g	\$10.27	No aplica
Harina de frijol pelón	92.4 g	\$7.22	
Harina de plátano cuadrado	59.8 g	\$4.54	
Utensilios	Cantidad	Costo (M.N.)	Depreciación
Tabla convencional	1	\$649.00	\$0.14
Cuchillo	1	\$569.08	\$0.12
Recipientes de plástico con tapa*	6	\$ 60.00	\$0.01
Aditivos	Cantidad	Costo (M.N.)	Depreciación
Multivitamínico Strepn®	1.0 g	\$0.90	
Lecitina en polvo Mi Granero®	2.0 g	\$1.90	No aplica
Ácido cítrico	0.5 g	\$0.39	
COSTO TOTAL: MXN 65.01			

Los cálculos de depreciación se realizaron con el porcentaje establecido por la Ley de Impuestos Sobre la Renta, tomando en cuenta el tiempo utilizado para cada uno de los equipos y utensilio; para ello, el monto de depreciación se considera el monto de la depreciación anual (8%) y se divide entre el número de días del año, permitiendo así conocer el monto de depreciación diaria. Cabe mencionar que el costo por su elaboración es más elevado comparado con el alimento comercial Nutripec-Purina®, el cual tiene un costo actual en el mercado local de MXN 52.00; es decir, existe una diferencia de MXN 13.01. En base a los resultados presentados, se puede discutir que:

La proteína constituye el nutrimento de mayor relevancia en la alimentación de tilapia *Oreochromis spp.*, debido a que participan en el crecimiento, mantenimiento tisular y metabolismo general. En el presente estudio, no se observaron diferencias significativas en cuanto al contenido de proteína entre el alimento

comercial y el alimento experimental, lo que indica que la inclusión de harina de pez armado *Pterygoplichthys* spp., harina de carpa común *Cyprinus carpio*, harina de hígado de res *Bos* spp., harina de frijol pelón *Vigna unguiculata* y harina de plátano cuadrado *Musa balbisiana* permitió alcanzar los niveles proteicos comparables a los observados en la dieta comercial. Este resultado es relevante debido a que en la literatura se ha señalado que la sustitución parcial o total de ingredientes convencionales por fuentes proteicas alternativas mantienen los niveles adecuados proteicos y no afectan la calidad nutrimental del alimento (Tacon y Metian, 2008; Rivas *et al.*, 2010).

De manera similar, el contenido de extracto etéreo no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos. Los lípidos representan una fuente importante de energía para los peces y contribuyen al ahorro proteico, permitiendo que una mayor proporción de aminoácidos sea destinada al crecimiento (Moreno *et al.*, 2013; Triana *et al.*, 2013; El-Kassas *et al.*, 2020). La similitud observada sugiere que la formulación experimental logró mantener un balance energético comparable al del alimento comercial.

Por otra parte, el tratamiento experimental presentó un contenido significativamente mayor de cenizas totales. Este resultado probablemente está asociado a la inclusión de harinas de origen animal, particularmente de pez armado y carpa común, cuyos tejidos óseos aportan cantidades considerables de minerales como calcio y fósforo. Estos minerales desempeñan funciones fundamentales en la formación del tejido óseo, la osmorregulación y diversos procesos metabólicos en peces (Torres y Hurtado, 2012; Centro Tecnológico de la Acuicultura [CETAQUA], 2023), por lo que un incremento moderado en el contenido mineral puede considerarse favorable siempre que no exceda los requerimientos fisiológicos de la especie, aunque es importante mencionar que en la etapa de cría se requiere de minerales para la conformación del sistema óseo, escamas, dentinas y opérculos.

Asimismo, se observó un aumento significativo de fibra cruda en el alimento experimental, lo cual se puede atribuir a la inclusión de la harina de plátano cuadrado *Musa balbisiana* y la harina de frijol pelón *Vigna unguiculata*, ingredientes que contienen fracciones estructurales de origen vegetal. Aunque los peces presentan una capacidad limitada para digerir fibra, niveles moderados contribuyen al tránsito intestinal y al mantenimiento de la salud digestiva; sin embargo, los incrementos en exceso afectan la digestibilidad de otros nutrimentos (Aguilar *et al.*, 2010; Vásquez *et al.*, 2010; Poot *et al.*, 2012; Mendiola *et al.*, 2018), por lo que es importante evaluar parámetros zootécnicos como crecimiento, conversión alimenticia, digestibilidad aparente y mortandad.

Los resultados también mostraron una disminución significativa del contenido de humedad total y un incremento de la materia seca en el alimento experimental. Desde el punto de vista tecnológico, estas características son deseables, ya que a menor humedad existe una mayor estabilidad del alimento durante su almacenamiento, disminuye el riesgo de la proliferación microbiana y prolonga la vida de anaquel del alimento (Gaviria *et al.*, 2020; Martínez, 2025); aunado a ello, una mayor proporción de materia seca se traduce en una mayor concentración de nutrimentos por unidad de peso.

En contraste, el alimento comercial presentó valores significativamente superiores de ELN, siendo esta variable la que representa la fracción de hidratos de carbono solubles y disponibles. La reducción observada en el tratamiento experimental probablemente refleja la sustitución parcial de ingredientes altos en hidratos de carbono por materias primas proteicas de origen animal. Aunque la tilapia posee una capacidad

relativamente alta para utilizar hidratos de carbono en comparación con otras especies ícticas (Boonanuntanasarn *et al.*, 2018), el mantenimiento de niveles adecuados de proteína y energía continúa siendo el principal propósito para potenciar el crecimiento.

Así, los resultados obtenidos demuestran que la formulación con las harinas de pez armado, carpa común, hígado de res, plátano cuadrado y frijol pelón, producen un alimento con características bromatológicas comparables al alimento comercial en términos de proteína y lípidos, además de presentar mayores contenidos de minerales, fibra y materia seca. Estos hallazgos sugieren que dichas materias primas poseen potencial para ser utilizadas como ingredientes alternos en dietas para tilapia, contribuyendo al aprovechamiento de recursos locales, especies de bajo valor comercial o consideradas invasoras.

En lo referente a la calidad microbiológica, se constató que ambos alimentos presentaron una óptima inocuidad, por lo que su consumo es seguro para los organismos bajo cultivo, siendo estos resultados de suma importancia, ya que en otros estudios se ha mencionado que los alimentos alternos destinados para especies ícticas muchas veces presentan poca inocuidad al incluir materias primas no seguras, lo que incide en altas cargas microbianas y una alteración considerable en su composición nutricional; además, cuando al sobrepasar los límites permisibles microbianos se observan problemas en el crecimiento del organismo y su estado de salud, presentando trastornos en el metabolismo digestivo, lo que disminuye la productividad en el cultivo e incrementa la tasa de mortandad (Petreska *et al.*, 2013; Machado *et al.*, 2015; Gaviria *et al.*, 2020; Orrego *et al.*, 2024), por lo que es indispensable evaluar la inocuidad microbiológica de los alimentos, siendo uno de los propósitos planteados y alcanzado en el presente estudio.

En cuanto a los costos implicados en el alimento, estos fueron superiores en comparación con el precio del alimento comercial Nutripec-Purina®. Es importante mencionar que cuando se produce un producto, se requiere de un proceso que le permita dimensionar y caracterizar al producto, considerando el efectivo que demanda dicho proceso, comúnmente conocido como costo, el cual representa la sumatoria de erogaciones que se deben realizar para adquirir un producto que genere ingresos (Moscoso e Indio, 2007; Valdez, 2009). Estudios similares sugieren minimizar los costos a partir de la producción a escala piloto y además, realizar pruebas sensoriales para conocer las propiedades organolépticas de los organismos cultivados al incluir en sus dietas insumos no convencionales, así como la determinación de su vida de anaquel y con ello, justificar su costo (2008; Rana *et al.*, 2009; Barragan *et al.*, 2017; Caltzontzin, 2019).

Como se señaló con anterioridad, en la actualidad uno de los principales obstáculos en el desarrollo de la acuicultura es el costo del alimento, por lo que la búsqueda de ingredientes alternos que proporcionen nutrimentos esenciales digeribles para los organismos acuáticos es una estrategia que puede mitigar esta problemática. Cabe recordar que en base a la capacidad que tienen las tilapias para aprovechar los nutrimentos de diversas fuentes alimentarias, así como por su creciente demanda en los mercados internacionales y nacionales, es necesario innovar en lo referente a la nutrición y alimentación de estos organismos con la finalidad de optimizar su cultivo, haciendo hincapié en los costos implicados (Pantoja *et al.*, 2011; González *et al.*, 2014; Acosta *et al.*, 2022; Salazar *et al.*, 2023). También es de suma importancia mejorar el procesamiento de los alimentos, la calidad nutricional e inocuidad alimentaria para eficientizar la producción comercial de las diversas especies de tilapia.

Conclusiones

Se concluyó que el alimento formulado y elaborado con los ingredientes no convencionales representa una opción viable para su empleo en la alimentación de crías de tilapias. Los resultados obtenidos en los análisis bromatológicos indican que dicho alimento mantuvo niveles de proteína cruda y extracto etéreo similares a los del alimento comercial; asimismo, presentó mayor contenido en cenizas totales, fibra cruda y materia seca, así como menores niveles de humedad total y ELN, por lo que es evidente que la combinación de harina de pez armado, carpa común, hígado de res, plátano cuadrado y frijol pelón, constituye una alternativa viable para la alimentación de tilapias, siendo necesario complementar esta evaluación mediante pruebas de crecimiento, eficiencia alimenticia, digestibilidad y respuesta fisiológica de los organismos.

Por otra parte, ambos alimentos presentaron una óptima inocuidad microbiológica, lo cual asegura el bienestar del organismo consumidor. Por otra parte, para que el alimento propuesto sea viable económicamente, es indispensable proponer estrategias que disminuyan los costos de elaboración para hacer redituable su empleo. También es de suma importancia encaminar estudios para conocer su efecto en el crecimiento y sobrevivencia en los organismos bajo cultivo, así como de evaluar las cualidades organolépticas y sensoriales que obtienen los peces alimentados con el alimento propuesto, con la finalidad de aportar productos con calidad nutrimental y saludables, así como con las características que demanda el consumidor (color, olor, textura, tamaño, peso).

Referencias

- Acosta Feria, C.M., Pérez Pérez, J.L., Bedoya Corrales, L.I. y Suárez Hernández, A.H. (2022). Elaboración de concentrado para tilapia roja "*Oreochromis sp.*" a base de desechos obtenidos de las centrales de abasto de Medellín. *Revista Ingente Americana*, 2(2), 29-35. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/731/7313661003/7313661003.pdf>
- Aguilar, F., Afanador Téllez, G. y Muñoz Ramírez, A. (2010). Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) en un ciclo comercial de producción. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 57(II), 104-118. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639223003>
- Alanes Oña, L.E. (2020). Alimentación y nutrición en peces de agua dulce. *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 4(2), 604-608. <https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/43>
- Amer, S.A., Osman, A., Al-Gabri, N.A., El-Sayed, S.A.M., Abd El-Rahman, G.I., Elabbasy, M.T., Ahmed, S.A.A. & Ibrahim, R.E. (2019). The effect of dietary replacement of fish meal with whey protein concentrate on the growth performance, fish health, and immune status of Nile tilapia fingerlings, *Oreochromis niloticus*. *Animals Journal*, 9(12), e1003. <https://doi.org/10.3390/ani9121003>
- Andersen, S.M., Waagbø, R. & Espe, M. (2016). Functional amino acids in fish nutrition, health and welfare. *Frontiers in Bioscience Journal*, 8, 143-169. https://www.researchgate.net/profile/Marit-Espe/publication/288684316_Functional_amino_acids_in_fish_health_and_welfare/links/5dd3dc21299bf1b74b4e697e/Functional-amino-acids-in-fish-health-and-welfare.pdf

- Aragão, C., Gonçalves, A.T., Costas, B., Azeredo, R., Xavier, M.J. & Engrola, S. (2022). Alternative proteins for fish diets: Implications beyond growth. *Animals Journal*, 12, e1211. <https://doi.org/10.3390/ani12091211>
- Arce Vega, J.J. (2014). *Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus, Linnaeus, 1759) en condiciones comerciales corregida por el Coeficiente Térmico de Crecimiento*. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica]. Repositorio institucional de la UCR. <https://zootecnia.ucr.ac.cr/images/tesis/pdfs/arce-vega-jose-javier.pdf>
- 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, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan, Michoacán; México].
- Association of Official Agricultural Chemists [A.O.A.C.]. (2019). *Official methods of analysis*. [Twenty First Edition]. The Association of Official Analytical Chemists.
- Bandara, T. (2018). Alternative feed ingredients in aquaculture: Opportunities and challenges. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 3087-3094. <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartAJ/6-1-130-287.pdf>
- Barragan Fonseca, K.B., Dicke, M. & van Loon, J.J.A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—A review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
- Barragán, A., Zanazzi, N., Gorosito, A., Cecchi, F., Prario, M., Imeroni, J. y Mallo, J. (2017). Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)*, 18(9), 1-15. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653009025>
- Boonanuntanasarn, S., Jangprai, A., Kumkhong, S., Plagnes Juan, E., Veron, V., Burel, Ch., Marandel, L. & Panserat, S. (2018). Adaptation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates: New insights from a long-term nutritional study. *Aquaculture Journal*, 496, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.011>
- Botello León, A., Viana, M.T., Téllez Girón, E., Pullés Ariza, E., Cisneros López, M., Solano Silveira, G., Valdivié, M., Miranda Miranda, O., Rodríguez Valera, Y., Cutiño Espinoza, M., Savón, L. y Botello Rodríguez, A. (2011). Sustitución de la harina de pescado por harina de caña proteínica para la engorda de tilapia roja. *Revista Agrociencia*, 45(1), 23-31. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30219760003>
- Caltzontzin Rabell, V. (2019). *Desarrollo de un alimento balanceado para tilapia (Oreochromis niloticus) a base de microalga y larva de mosca soldado (Hermetia illucens)*. [Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/9149/1/IGMAC-223112.pdf>

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2026). *Ley del Impuesto sobre la Renta*. [última reforma publicada DOF 01-04-2024]. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR.pdf>
- Centro Tecnológico de la Acuicultura [CETAQUA]. (2023). Minerales. En *Alimentación optimizada para tilapia nilótica (Oreochromis niloticus) de Senegal*. [1ra. Edición, pp. 14-16]. Embajada de España en Senegal, Cooperación Española y Ayuntamiento de Segovia, AIDA y MJPI. <https://ong-aida.org/wp-content/uploads/2023/04/Informe-Alimentacion-Tilapia-v2.pdf>
- Congreso de la Unión. (2025). *Ley del Impuesto sobre la Renta*. [última reforma publicada en el DOF el 01-04-2024]. Diario Oficial de la Federación, México. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR.pdf>
- El-Kassas, S., Abdo, S.E., Abosheashaa, W., Mohamed, R., Moustafa, E.M., Helal, M.A. & El-Naggar, K. (2020). Growth performance, serum lipid profile, intestinal morphometry, and growth and lipid indicator gene expression analysis of mono-sex Nile tilapia fed *Moringa oleifera* leaf powder. *Aquaculture Reports*, 18, e100422. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100422>
- Espinós, F.J. (2019). La acuicultura como activo económico y social. *Revista Mediterráneo Económico*, 33, 289-307. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7663547.pdf>
- Ferrer Miranda, L., Trejo Albuérne, A.L. y Guerra Martínez, F.J. (2023). Un futuro de océanos desiertos: Pesca, acuicultura y cambio climático. *Revista Digital Universitaria*, 24(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.2.8>
- Filer, K. & Tidwell, J.H. (2018). Replacement of fish oil with Schizochytrium meal and its impacts on the growth and lipid metabolism of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition Journal*, 24, 1769-1781. <https://doi.org/10.1111/anu.12816>
- Filigrana Celorio, G. (2016). *Uso de la harina de pez diablo (Pterygoplichthys spp.) en la alimentación de tilapia nilótica (Oreochromis niloticus)*. [Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa, Tabasco; México]. Repositorio Institucional de ECOSUR. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1424/1/100000057617_documento.pdf
- Furuya, V.R.B., Wilson, M.F., Carmino, H. y Claudemi, M.S. (2000). Niveles de inclusión de harina de girasol en la alimentación de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en etapa juvenil. *Revista Zootecnia Tropical*, 18(1), 91-106. https://www.researchgate.net/publication/288653599_Niveles_de_inclusion_de_harina_de_girasol_en_la_alimentacion_de_la_tilapia_del_Nilo_Oreochromis_niloticus_en_etapa_juvenil
- García Medel, D. (2022). Seguridad alimentaria: Retos y desafíos de la acuicultura en México. *Journal of Behavior and Feeding*, 2(2), 10-19. <http://dx.doi.org/10.32870/jbf.v2i2.31>
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Bjørndal, T., Kumar, G., Lorenzen, K., Ropicki, A., Smith, M.D. & Tveterås, R. (2020). A global blue revolution: Aquaculture growth across regions, species, and

- countries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 107-116. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1678111>
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Ceballos Concha, A., Love, D.C., Osmundsen, T.C. & Pincinato, R.B. M. (2022). Aquaculture: The missing contributor in the food security agenda. *Global Food Security Journal*, 32, e100620. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100620>
- Gasco, L., Józefiak, A. & Henry, M. (2021). Beyond the protein concept: Health aspects of using edible insects on animals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 715–741. https://brill.com/view/journals/jiff/7/5/article-p715_16.xml
- Gaviria, Y.S., Camaño, J.A. y Zapata, J.E. (2020). Propiedades físicas de alimento para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) elaborado con ensilado químico y secado en microondas. *Revista Información Tecnológica*, 31(6), 105-116. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600105>
- Gaviria, Y.S., Camaño, J.A. y Zapata, J.E. (2020). Propiedades físicas de alimento para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) elaborado con ensilado químico y secado en microondas. *Revista Información Tecnológica*, 31(6), 105-116. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600105>
- Gisbert E., Fernández I. y Estévez A. (2008). Nutrición y morfogénesis: Efecto de la dieta sobre la calidad larvaria en peces. L.E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. Tapia Salazar, M.G. Nieto López, D.A. Villarreal Cavazos, J.P. Lazo y M.T. Viana (Eds.). En *Avances en Nutrición Acuicola IX*. [1ra. Edición, pp. 46-78]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/135/133>
- Glencross, B.D., Baily, J., Berntssen, M.H.G., Hardy, R.W., MacKenzie, S. & Tocher, D.R. (2020). Risk assessment of the use of alternative animal and plant raw material resources in aquaculture feeds. *Reviews in Aquaculture Journal*, 12 (2), 703-758. <https://doi.org/10.1111/raq.12347>
- González Salas, R., Romero Cruz, O., Valdivié Navarro, M. y Ponce Palafox, J.T. (2014). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia. *Revista Bio Ciencias*, 2(4), 240-251. <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/72/116>
- Llanes Iglesias, J.E., Toledo Pérez, J. y Lazo de la Vega, J.M. (2006). Producción de alimento húmedo a partir de ensilados de pescado para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Revista AquaTIC*, (25), 16-21. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49402503>
- Loqui Sánchez, A.J., Casignia Coox, D.A., Soria Castro, C.N., Valens Arévalo, J.W., Soria Yaguana, F.F. y Zambrano Alarcon, M.E. (2020). Cultivo de tilapia plateada “*Oreochromis niloticus*” con harina hidropónica de maíz como alimentación complementaria. *Revista Científica de Investigación y Actualización del Mundo de las Ciencias (RECIAMUC)*, 4(2), 179-190. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/4>
- Luna Medrano, C.A. (2022). Cultivo de tilapia. En *Acuicultura de Especies de Tilapia*. [Informe Final de Servicio Social, pp. 4-6]. Universidad Autónoma Metropolitana. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/f19f6319-8d35-47ae-98f0-644aceafeb8d/250588.pdf>

- Lundebye, A.K., Lock, E.J., Rasinger, J.D., Nøstbakken, O.J., Hannisdal, R., Karlsbakk, E., Wennevik, V., Madhun, A.S., Madsen, L., Graff, I.E. & Ørnsrud, R. (2017). Lower levels of persistent organic pollutants, metals and the marine omega 3-fatty acid DHA in farmed compared to wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Environment Research Journal*, 155, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.026>
- Machado Pinto-e-Silva, M.E., Batista Campos, M.C. y Mascaretti Dias, G. (2015). Calidad microbiológica de un hidrolizado de pescado de producción casera. *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, 3(1), 43-47. <https://www.redalyc.org/pdf/5705/570561421007.pdf>
- Martínez Córdova, L.R., Martínez Porchas, M., Robles Porchas, G.R. y Garibay Valdez, E. (2022). Alternativas de acuicultura sostenible: Aspectos nutricionales. L.E. Cruz Suárez, M. Tapia Salazar, M.G. Nieto López, D.A. Villarreal Cavazos, J. Gamboa Delgado y C.A. Martínez Palacios (Eds.). En *Investigación e Innovación en Nutrición Acuicola*. [1ra. Edición, pp. 7-24]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/369/363>
- Martínez Garduño, I. (2025). Estandarización de una dieta para tilapia de Nilo *Oreochromis niloticus* enriquecida con el hongo marino arenícola de *Corollospora gracilis* (Nakagiri & Tokura) como aditivo. [Informe de Conclusión de Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, CDMX, México]. Repositorio Institucional de la UAM. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/d94d844b-4af6-420c-a420-c38538b90868/253626.pdf>
- Martins Soares, C., Hayashi, C., Esper Amaro de Faria, A.Ch. & Furuya, W.M. (2001). Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(4), 1172-1177. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000500006>
- Mendiola Campuzano, J., Vera Quiñones, F., Alpuche Palma, A., Ramos Ferrer, J. y Barceló Gutiérrez, V. (2018). Análisis nutrimental, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(6), 12-24. <https://www.reibci.org/publicados/2018/dic/3200103.pdf>
- Mestanza Pérez, J.J. y Núñez Campos, L.R. (2018). Evaluación del reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en dietas alimenticias para tilapia nilótica "*Oreochromis niloticus*" (Linnaeus, 1758) y su influencia sobre los índices productivos. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callao, Distrito Bellavista, Perú]. Repositorio Institucional Virtual. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/2482>
- Moreno Álvarez, M.J., Hernández, J.G., Rovero, R., Tablante, A. y Rangel, L. (2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 29-33. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72430204>
- Moreno, J.M., Muñoz, A.P. y Wills, G.A. (2013). Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica –*Oreochromis niloticus*– cultivada en jaulas flotantes. *Revista Médica de Veterinaria y Zootecnia*, 60(II), 100-111. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10160170.pdf>

- Moscoso Román, E.R. e Indio Rosado, A.V. (2007). *Análisis económico del cultivo de tilapia (Oreochromis spp.) bajo el método de jaulas flotantes en la represa Daule-Peripa durante los meses de octubre a diciembre del 2005*. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador]. Repositorio Institucional UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2360/1/T-UTEQ-0027.pdf>
- Musita, A., Owiti, D., Balirwa, J. & Otieno, A. (2015). Peanut-based diets and growth performance of pond cultured Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus* L.) at Busoga University farm, Eastern Uganda. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(6), 306-312. <https://www.fisheriesjournal.com/vol2issue6/Pdf/2-6-66.1.pdf>
- Ng, W.K. & Romano, N. (2013). A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Review in Aquaculture Journal*, 5, 220-254. <https://doi.org/10.1111/raq.12014>
- Ng, W.K., Chong, C.Y., Wang, Y. & Romano, N. (2013). Effects of dietary fish and vegetable oils on the growth, tissue fatty acid composition, oxidative stability and vitamin E content of red hybrid tilapia and efficacy of using fish oil finishing diets. *Aquaculture Journal*, 372-375, 97-110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.10.030>
- NOM-092-SSA-1994. *Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa*. Diario Oficial de la Federación. https://platiica.economia.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/PDF_Normas_Publicas/092-ssa1.pdf
- NOM-111-SSA1-1994. *Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0
- NOM-113-SSA2-1994. *Determinación de bacterias coliformes. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa*. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880115&fecha=25/08/1995#gsc.tab=0
- NOM-114-SSA1-1994. *Método para la determinación de Salmonella en alimentos*. Diario Oficial de la Federación. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69538.pdf>
- Noriega Salazar, A., Rivas Salazar, D., Silva Acuña, R. y Hurtado, E. (2020). Crecimiento y sobrevivencia de juveniles de tilapia roja con dietas suplementadas de vitaminas C y E. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(34), 16-27. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8375354.pdf>
- Norzagaray Campos, M., Muñoz Sevilla, P., Sánchez Velasco, L., Capurro Filograsso, L. y Llanes Cárdenas, O. (2012). Acuicultura: Estado actual y retos de la investigación en México. *Revista AquaTIC*, 37, 20-25. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49425906011>
- Núñez González, A., Barcenás Mompeller, Y., Mejías Caba, A. y Marrero García, Y. (2020). Sistema informático para la formulación de raciones alimenticias en la raza bufalina empleando modelos matemáticos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(4), 105-113. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542020000400010

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2024). Análisis mundial. En *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. La transformación azul en acción*. [Parte 1, pp. 1-26]. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- Orrego García, C., Alpuche Palma, A., Pascual Cornelio, H., Pérez Vera, E., Montero Anaya D., Rodríguez Flores, F. y Mendiola Campuzano, J. (2024). Propuesta de un alimento no convencional para crías de tilapia gris *Oreochromis niloticus*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 11(2), 17-38. <https://www.reibci.org/publicados/2024/ago/5400107.pdf>
- Oviedo Olvera, M.V., Feregrino Pérez, A.A., Nieto Ramírez, M.I., Tovar Ramírez, M.M. y García Trejo, J.F. (2024). Efecto de alimento balanceado con insumos alternativos sobre el metabolismo aerobio de tilapia del Nilo. *Revista Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*, 186-197. <https://revistas.uaq.mx/index.php/perspectivas/article/view/1071/1192>
- Pantoja, J.O., Sánchez, S.M. y Hoyos Concha, J.L. (2011). Obtención de un alimento extruido para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) utilizando ensilaje biológico de pescado. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(2), 178-186. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/772>
- Peters, D.R.R., Rodríguez, H.S., Hernández, J.L., Mejías, Y.D. y León, N.A.E. (2004). Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis spp.* *Revista Ciencia*, 12(1), 13-24. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/view/9205/9194>
- Peters, D.R.R., Morales. A.E.D., Morales, S.N.M. y Hernández, R.J.L. (2009). Evaluación de la calidad alimentaria de la harina de *Lemna obscura* como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapia roja (*Oreochromis spp.*). *Revista Científica, FCV-LUZ*, XIX(3), 303-310. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95911669014.pdf>
- Petreska, M., Ziberoski, J. & Zekiri, M. (2013). Fish feed microbiological status. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 16-19. <https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2020/07/03.-Full-paper-Meri-Petreska.pdf>
- Platas Rosado, D.E. y Vilaboa Arróniz, J. (2014). La acuicultura mexicana: Potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 1065-1071. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14131676015>
- Ponce Palafox, J.T., Arredondo Figueroa, J.L. y Vernon Carter, 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(2), 219-225. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62030207>
- Poot López, G.R., Gasca Leyva, E. y Olvera Novoa M.A. (2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Latin American Aquatic Research*, 40(4), 835-846. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2012000400002&script=sci_abstract

- Rana, K.J., Siriwardena, S. & Hasan, M.R. (2009). Coping strategies and management measures to strengthen national capacity to ensure aquafeed supply. In *Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. [First Edition, pp. 51-54]. Food, Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/4/i1143e/i1143e.pdf>
- Ríos, R. (2012). Características de la tilapia. En *Cartilla Práctica para el Cultivo de la Tilapia (Oreochromis sp.)*. [1ra. Edición, pp. 5-12]. Gobierno Nacional de la República de Panamá, Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá, Embajada de España en Panamá, Oficina Técnica de Cooperación (CAECID) y Autoridad de los Recursos Acuáticos en Panamá (ARAP). <https://aquadocs.org/server/api/core/bitstreams/086c1bc8-baff-4a82-ac6a-0fad97b832d5/content>
- Rivas Vega, M.E., Miranda Baeza, A. y Sandoval Muy, M.I. (2010). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. L.E. Cruz Suarez, D. Ricque-Marie, M. Tapia Salazar, M.G. Nieto López, D.A. Villarreal Cavazos, J. Gamboa Delgado (Eds.). En *Avances en Nutrición Acuícola X*. [1ra. Edición, pp. 467-484]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://doi.org/10.13140/2.1.1299.2004>
- Salazar Murillo, L., Chacón Villalobos, A. y Herrera Muñoz, J.I. (2023). Crecimiento, eficiencia y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia foetida*). *Revista Nutrición Animal Tropical*, 1-35. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8799756.pdf>
- Santana, A.A, Pernía, L.A. y Santana, D.A. (2015). Historical, mathematical and nutritional bases of Pearson square as a fit method for ruminant rations. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(3), 279-288. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802015000300002
- Sarker, P.K., Kapuscinski, A.R., Lanois, A.J., Livesey, E.D., Bernhard, K.P. & Coley, M.L. (2016). Towards sustainable aquafeeds: Complete substitution of fish oil with marine microalga *Schizochytrium* sp. improves growth and fatty acid deposition in juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Plos One Journal*, 11(6), e0156684. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156684>
- Tacon A.G.J. & Metian M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture Journal*, 285(1-4), 146-158. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>
- Tacon A.G.J. (2008). Compound aqua feeds in a more competitive market: Alternative protein sources for a more sustainable future. L.E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. Tapia Salazar, M.G. Nieto López, D.A. Villarreal Cavazos, J.P. Lazo y M.T. Viana (Eds.). En *Avances en Nutrición Acuícola IX*. [1ra. Edición, pp. 1-5]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/129/127>
- Tacon, A.G.J. & Lemos, D. (2022). The role of fish nutrition in improving human health and global food security. L.E. Cruz Suárez, M. Tapia Salazar, M.G. Nieto López, D.A. Villarreal Cavazos, J. Gamboa Delgado y C.A. Martínez Palacios (Eds.). En *Investigación e Innovación en Nutrición Acuícola*. [1ra. Edición, pp. 7-24]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/350/347>

- Torres Novoa, D.M. y Hurtado Nery, V.L. (2012). Requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Orinoquia*, 16(1), 63-68. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89625076007>
- Torres Novoa, D.M. y Hurtado Nery, V.L. (2012). Requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Orinoquia*, 16(1), 63-68. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89625076007>
- Triana García, P.A., Gutiérrez Espinosa, M.C. y Eslava Mocha, P.R. (2013). Rendimiento productivo e hígado graso en tilapia híbrida (*Oreochromis spp.*): Influencia de dos fuentes de lípidos. *Revista Orinoquia*, 17(2), 183-196. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89630980004>
- Tsang, S.H. y Quintanilla, M. (2008). Generalidades. En *Manual sobre Reproducción y Cultivo de Tilapia*. [1ra. Edición, pp. 8-11]. Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA). <https://alfonzopineda.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/04/2-manual-reproduccion-y-cultivo-tilapia-cendepesca.pdf>
- Turchini, G.M., Trushenski, J.T. & Glencross, B.D. (2019). Thoughts for the future of aquaculture nutrition: Realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds. *North American Journal of Aquaculture*, 81(1), 13-39. <https://doi.org/10.1002/naaq.10067>
- Valdez de León, H.K. (2009). *Diseño de un sistema de costos para la producción y distribución de alevines, tilapias y camarones del centro de estudios del mar y acuicultura–CEMA–USAC*. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3389.pdf
- Van Emon, M. (2023, 09 March). Formulating animal feed rations with a Pearson square. *Feed Additive, International Magazine for Animal Feed & Additives Industry*, e. <https://www.feedandadditive.com/formulating-animal-feed-rations-with-a-pearson-square/>
- Vásquez Torres, W., Yossa Perdomo, M.I., Hernández Arévalo, G. y Gutiérrez Espinosa, M.C. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (RCCP)*, 23(2), 207-216. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023450010.pdf>
- Vázquez Vera, L., Garza de Yta, A., Pozas Franco, A.L., Torres Origel, J.F., Walther Mendoza, M. y Montelongo Alfaro, I. (2022). Situación de la acuicultura en México. L. Vázquez Vera y P. Chávez Carreño (Eds.). En *Diagnóstico de la acuicultura en México*. (1ra. Edición, pp. 14-59). Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. https://fmcn.org/uploads/publication/file/pdf/Libro%20Acuicultura_2022.pdf