

Alimento adicionado con nopal deshidratado *Opuntia* spp. para su empleo en piscicultura

Itzel López-Morales, Alejandro Alpuche-Palma, Heradia Pascual-Cornelio, Daniela Montero-Anaya, Francisco Rodríguez-Flores, Edy Pérez-Vera y Jorge Mendiola-Campuzano*

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos¹

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco¹

Tenosique de Pino Suárez, Tabasco; México

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

Abstract— Fish farming is one of the main productive activities within aquaculture, where aquaculture nutrition and feeding is one of the priority objectives to consolidate it. In this work, nopal *Opuntia* spp. was added. in dehydrated form, in a commercial food, with the purpose of determining its nutritional and microbiological quality and thus, proposing a food with functional characteristics for the consuming organism. The results showed that the experimental food meets the nutritional requirements of several fish species; It also presents excellent microbial safety, so it was concluded that the proposed functional food is a viable option for use in feeding various fish species.

Keyword— *Evaluation, Nutrimental, Microbiological, Food, Functional.*

Resumen— La piscicultura es una de las principales actividades productivas de la acuicultura, siendo la nutrición y alimentación acuícola uno de los ejes prioritarios para consolidar esta actividad. En esta investigación, se adicionó nopal *Opuntia* spp. deshidratado a un alimento comercial a fin de evaluar su calidad nutrimental y microbiológica y con ello, proponer un alimento con características funcionales para el organismo que lo consuma. Los resultados mostraron que el alimento propuesto cumple con los requerimientos nutrimentales de diversas especies piscícolas; además, cuenta con una excelente inocuidad, por lo que se concluyó que el alimento funcional propuesto, es una opción viable para su empleo en la alimentación de diversos especímenes piscícolas.

Palabras claves— *Valoración, Nutrimental, Microbiológica, Alimento, Funcional.*

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, durante el tiempo transcurrido en el nuevo milenio, la acuicultura a seguido incrementando su producción, lo cual queda constatado con lo reportado en el 2020 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), quien indicó que la producción mundial acuícola se situó en 122,6 millones de toneladas, mismas que representaron un valor comercial de \$281'500,000.00 de dólares norteamericanos y además, se prevé que la producción acuícola para el 2030, tenga un aumento en su producción, consumo y comercio, proyectándose un total de 202 millones de toneladas, debido principalmente a su crecimiento sostenido [1].

Gracias a esto, la acuicultura viene desarrollando una serie de cultivos con diversas especies acuáticas, con el principal objetivo de producir alimentos con un alto valor nutrimental, mismos que se puedan obtener en menores tiempos productivos, y con ello, abastecer la creciente demanda de productos acuícolas para el consumo humano; además de lo anterior, a través de la acuicultura se realizan producciones con otros fines, entre los que se pueden mencionar los sistemas productivos con especies ornamentales, pesca deportiva, de conservación y repoblación, mismos que benefician por la generación empleos y recursos económicos, así como la preservación de las especies. No obstante, su principal reto consiste en contar con la capacidad para proveer a los mercados puntualmente con productos acuícolas de calidad, a fin de incrementar el consumo *per cápita*, y así, aportar una mayor cantidad de alimentos que satisfagan las necesidades del crecimiento demográfico y así, ser la

alternativa más fiable para combatir el hambre que se viene presentando en el mundo, sobre todo en aquellas poblaciones con pobreza extrema y vulnerabilidad; por ello, se pretende que la acuicultura contribuya en calidad y cantidad, con el abasto de alimentos, bajo un enfoque sostenible que permita que esta actividad sea amigable y saludable con el ambiente para las generaciones presentes y futuras, con productos de alto valor nutrimental e inocuos, por lo que es necesario la diversificación de los sistemas de cultivo, mejorar las técnicas, métodos y tecnologías, las cuales puedan ser utilizadas eficientemente en la producción de proteína de alta calidad, a precios módicos, con un impacto económico y social relevante, así como el mejorar la calidad de vida, a través del consumo de alimentos con alto valor nutrimental, destinados para la población mundial [2, 3, 4, 5, 6, 7].

De la producción reportada en el 2020 por la FAO [8], se procesaron 16 millones como harina y aceite de pescado, principales insumos empleados en la industria de alimentos animales; sin embargo, esta cantidad es insuficiente para abastecer la gran demanda en el mercado, por lo que el uso de éstos ingredientes convencionales se ve cada vez más limitada y genera que se eleven de manera considerable los costos de producción de los alimentos comerciales, por lo que es indispensable eficientar su inclusión en la alimentación acuícola o buscar alternativas para su sustitución parcial o total. Es importante mencionar que, en las unidades productivas acuícolas, la alimentación juega un papel primordial para promover el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de las especies bajo cultivo; sin embargo, en varios sistemas productivos, los requerimientos nutrimentales, la búsqueda y evaluación de fuentes de alimentación no convencionales, tasas de crecimiento y mortalidad, reciben poca atención [9, 10, 11, 12, 13].

Las prácticas en cuestiones de nutrición y alimentación en sistemas productivos acuícolas, representan el costo mayor, ya que éstos pueden oscilar entre el 40 al 60% de los costos totales productivos, lo cual se debe por el empleo de alimentos comerciales, mismos que para su fabricación, se usa principalmente la harina y el aceite de pescado, que si bien, contienen los nutrimentos básicos (aminoácidos, ácidos grasos polinsaturados, vitaminas y minerales) y un aporte de energía significativo. Aunado a esto, sus características físicas de atractabilidad, palatabilidad, textura y digestibilidad, hacen posible su aceptación por los organismos cultivados; no obstante, éstos ingredientes se van limitando, debido a un desequilibrio eminente entre la oferta y la demanda, siendo este panorama cada vez más predominante, debido a la sobreexplotación pesquera de donde se obtiene la materia prima, lo que se traduce en una evidente disminución en su producción, así una elevada exigencia del sector industrial responsable de procesar estos alimentos, ya que requieren cada vez mayores cantidades de estos insumos, lo que incide de manera directa en sus costos productivos, no siendo la excepción los alimentos elaborados para las diversas especies acuícolas cultivadas con fines comerciales o para autoconsumo [14, 15, 16, 17, 18, 19].

En la actualidad, se debe considerar que la humanidad está enfrentando una creciente demanda de alimentos, cuyas principales características estén basadas en ser más saludables e inocuos, por lo que las producciones agropecuarias tradicionales se ven afectadas por los efectos del cambio climático, la escasez de la superficie de la tierra y agua para realizar actividades agrícolas y pecuarias; sumado a esto, existe la necesidad de energéticos por el agotamiento de los hidrocarburos, esto conlleva a la necesidad de producir bioenergéticos, por lo que la acuicultura representa la más importante alternativa para confrontar estos retos de la humanidad, ya que es la forma productiva de carne más eficiente y de calidad [20, 21, 22].

Debido a la gran biodiversidad de peces que habitan en el territorio mexicano dentro de sus límites continentales, así como en sus extensos marítimas patrimoniales, son un grupo muy interesante por su gran número de especies, sobre todo por su elevado número de especies endémicas; además, representan un alto valor ecológico y económico, ya que se estima que la ictiofauna mexicana se compone en la actualidad de 2,171 especies, distribuidas en 792 géneros, los cuales los agrupan en 209 familias y 41

órdenes. Así, México cuenta con cerca del 20% de los géneros y el 10% de especies ícticas del mundo, habitando en ambientes dulceacuícolas unas 400 especies [23].

Es por estas razones que la piscicultura viene creciendo de manera evidente en el país, ya que al tener como principal propósito el desarrollo racional de cultivos de diversas especies de peces, abordando su producción desde la adaptación de sistemas de cultivo naturales o artificiales, a fin de manejar y controlar su crecimiento, desarrollo y reproducción, con ello, manejar y regular su multiplicación, alimentación, estado de salud y el crecimiento de los organismos, así como la operatividad y mantenimiento de toda la unidad de producción acuícola [24].

México presenta mayor crecimiento en la producción de especies piscícolas dulceacuícolas, destacando los cultivos de diversas especies de tilapias *Oreochromis* spp., trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, bagre *Ictalurus punctatus*, así como la carpa común *Cyprinus carpio communis*, carpa espejo *Cyprinus carpio specularis* y carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella*, aunque también existen otras especies endémicas en proceso de producción inicial como el pejelagarto *Atractosteus tropicus*, mojarra castarrica *Cichlasoma urophthalmus*, tenguayaca *Petenia splendida*, pez blanco *Chirostoma estor*, entre otros [25].

Una de las principales bondades que se obtiene por la piscicultura, son las tasas de conversión alimenticia, ya que son más eficientes en comparación con otras especies pecuarias [26]; por ejemplo, la conversión en ganado vacuno oscila entre 5 a 7 kg de alimento por cada kg de carne producida [27]; en porcinos, 3.2 kg de alimento por cada kg de carne [28], mientras que, en producciones avícolas el promedio se sitúa en 2.1 kg de alimento por kg producido de carne [29]; en cambio, en las producciones acuícolas bien desarrolladas, la conversión alimenticia puede llegar a ser de hasta 1 kg de alimento balanceado por cada kg de carne de pescado producida [30, 31, 32].

Para lograr lo anteriormente citado, una opción que debe ser considerada en las producciones piscícolas, es el aprovechamiento de materias primas no convencionales, mismas que deben previamente evaluadas para determinar su viabilidad en la inclusión de dietas destinadas a la alimentación de peces en cultivo y que por conveniencia se encuentran disponibles en la región, ya que esto permite la disminución de los costos por concepto de alimentación; por tanto, los alimentos alternos representan ser una opción factible por su practicidad, características y economía en las prácticas piscícolas [33, 34, 35].

Particularmente, los alimentos destinados en la piscicultura, deben componerse de los nutrientes indispensables por parte de los organismos, a fin de promover su crecimiento y desarrollo; aunado a esto, los alimentos deben caracterizarse por sus propiedades físicas que les concedan atractabilidad para que los organismos se alimenten, nutran y conserven un óptimo estado de salud, siendo entre éstas propiedades: su estabilidad en el agua, durabilidad, textura, dureza y control de flotabilidad, las cuales al cumplirse de manera adecuada con el propósito de evitar la abrasión y fragmentación de las partículas alimenticias y con ello, se pueden garantizar las buenas prácticas de alimentación [36, 37].

Por lo anterior, es importante valorar que los alimentos alternos destinados para especies acuícolas cultivadas deben inferir en la optimización del crecimiento y desarrollo de los organismos acuáticos, a través del uso de materias primas no convencionales de origen animal y vegetal, mismos que en diversas ocasiones son considerados productos de desechos (vísceras, huesos, cascarillas, semillas, entre otros); no obstante, muchos de ellos han sido aprovechados como ingredientes a través de su procesamiento como harinas, ensilados, papillas, etc.; de esta forma, las unidades de producción acuícolas pueden minimizar los costos productivos y obtener mayores ganancias en la etapa de venta de los productos acuícolas y con ello, se pueden reducir los residuos generados y así, aminorar el impacto ambiental, siendo una medida sostenible, el empleo de ingredientes no convencionales disponibles [38, 39, 40, 41, 42].

Actualmente, varios investigadores han propuesto y evaluado diversos ingredientes con la finalidad de incluirlos en la elaboración de alimentos piscícolas, entre los cuales se pueden mencionar: harina de cáscara de naranja *Citrus sinensis* [43]; concentrado y harina de soya *Glycine max* [44, 45, 46], ensilados e hidrolizados de pescado y de diversos residuos [47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58], diversas microalgas [59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67], harina de yuca *Manihot esculenta* [68, 69], harina de semillas, pulpa y cáscaras de diversos frutos [70, 71, 72, 73, 74], harinas de diversas variedades de leguminosas [75, 76, 77, 78, 79, 80], harina de chaya *Cnidoscolus chayamansa* [81, 82], harina de *Moringa oleifera* [83, 84, 85, 86], harina de plátano *Musa paradisiaca* [87], uso de levadura *Saccharomyces cerevisiae* [88, 89, 90], solo por citar algunos.

El nopal mexicano *Opuntia* spp. es una materia prima vegetal que presenta propiedades idóneas para su inclusión en dietas destinadas a especies piscícolas. El nopal es originario de México, quien es el máximo productor en el mundo (74%); a nivel nacional, durante el 2015, los productores de nopal y tuna reportaron ganancias entre los \$50,000.00 y \$60,000.00 M.N. por ha al año, representando esta cifra seis veces más de ingresos de los obtenidos en la producción de maíz y frijol en un mismo espacio de terreno; así mismo, la producción del 2020 fue de 864,243.5 Ton, cultivadas en 12,618 ha. distribuidas en 27 estados del país [91, 92]. En el México prehispánico, el consumo de sus tallos jóvenes, frutos y flores eran ya una tradición ancestral [93, 94].

Aunado a lo anterior, las plantas de estas especies tienen una gran capacidad de adaptación a diversos ecosistemas [95, 96], lo cual hace posible establecer su cultivo en ambientes con un marcado déficit de humedad y condiciones semidesérticas a desérticas prevalecientes, hasta aquellos donde se presentan elevadas temperaturas y alta humedad, lo que los sitúa como un recurso con gran potencial para su desarrollo agrícola, debido a la extensión y variedad de sus condiciones agroclimáticas [97, 98, 99, 100].

Actualmente, su consumo va en aumento debido a sus múltiples propiedades y usos, destacando entre sus cualidades organolépticas destacan: apariencia (frescura, turgencia y color), dimensiones (delgados, chicos o medianos) y forma (raqueta), además de su contenido de mucílago y la acidez presente, contienen una gran cantidad de vitamina C, minerales, así como fibra soluble e insoluble [101, 102, 103], sumado a esto, sus propiedades nutracéuticas han despertado gran interés en los mercados europeos y asiáticos [104, 105], ya que estas propiedades permiten su empleo para el tratamiento de diversos padecimientos [106, 107, 108, 109].

Se ha demostrado que los especímenes de *Opuntia* spp., presentan en su composición nutrimental, elementos funcionales que pueden ser de provecho para los organismos que lo consumen, ya que aportan una fuente considerable de fibra, hidrocoloides (mucílagos), pigmentos (betalaínas y carotenoides), minerales (calcio, potasio), así como algunas vitaminas, destacando la vitamina C, misma que actúa como antioxidante, por lo que estos componentes son apreciados, ya que son promotores de la buena salud y además, son un ingrediente importante para el diseño de nuevos alimentos [110, 111, 112].

De acuerdo con la literatura, los nopales con una edad de 0.5 años, presentan una composición nutrimental promedio de 9.4% de proteína cruda, 1.9% de lípidos, 19.7% de cenizas totales, 8.4% de fibra cruda y 60.6% de extracto libre de nitrógeno (ELN). Por su solubilidad en agua, las fibras del nopal suelen ser solubles, por los mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosas presentes, mientras que entre las porciones de fibra insoluble se componen principalmente de celulosa, lignina y una fracción de hemicelulosa. Sus contenidos de fibra, inciden de distintas formas en la fisiología de los organismos consumidores; en el caso de las fibras solubles, éstas se asocian con la reducción de los niveles de glucosa y colesterol, así como la estabilización del vaciamiento gástrico, mientras que la fibra insoluble tiene la capacidad de retener agua, participa en el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas, etc.; además, éstas interactúan con la flora microbiana presente en los organismos [113, 114, 115, 116].

En materia de nutrición y alimentación acuícola, se vienen estudiando y evaluando fuentes alimenticias no convencionales que sean factibles en términos económicos y productivos, sin dejar a un lado cubrir los requerimientos nutrimentales de los organismos cultivados, así como la obtención de una menor tasa de conversión alimentaria [117, 118]. Si bien las materias primas alternas de origen vegetal que han sido evaluadas como ingredientes son más económicas con respecto a las de origen animal, pese a que no satisfacen los requerimientos nutrimentales en su totalidad, han mostrado buenos resultados productivos al sustituir parcialmente los insumos convencionales [119, 120, 121].

Por todo lo anteriormente expuesto, la presente investigación tuvo como finalidad la inclusión de nopal *Opuntia* spp, deshidratado en un alimento comercial, con la finalidad de evaluar sus propiedades nutrimentales e inocuidad, a fin de incluirlo en la alimentación de especies piscícolas como una alternativa de alimento funcional que le permitan a las especies, aprovechar sus componentes. Para ello, se realizaron los análisis proximales básicos para conocer su contenido porcentual de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas totales, fibra cruda, humedad total, extracto libre de nitrógeno (ELN) y materia seca, empleando para ello, los métodos analíticos estandarizados establecidos por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), responsable de los Métodos Oficiales de Análisis [122]; posteriormente, se evaluó su calidad microbiológica mediante las técnicas descritas en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), responsables de asegurar la inocuidad alimentaria; para ello, se analizó el contenido de bacterias mesofílicas aeróbicas [123], mohos y levaduras [124], así como coliformes totales en placa [125].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló dentro de 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, donde se trabajó en el Laboratorio de Nutrición Acuícola, el Laboratorio de Bromatología y el Laboratorio de Microbiología. En esta investigación se adicionó nopal *Opuntia* spp. deshidratado al alimento comercial Nutripec-Purina®, con la finalidad de proponer un alimento funcional destinado para especies piscícolas, evaluando su contenido nutrimental básico e inocuidad microbiana.

Para la elaboración y evaluación del alimento, se adquirió en el mercado local de la ciudad de Tenosique de Pino Suárez, Tabasco, 10 kg del alimento comercial Nutripec-Purina®, definido como un alimento completo para la etapa de engorda de peces, el cual está a la venta en presentación extruido flotante con partículas de 3.5 mm y contiene de acuerdo a etiqueta de: 30% de proteína cruda, 5.5% de grasa, 10% de cenizas totales, 5% de fibra cruda, 37.5% de ELN y un máximo del 12% de humedad total, nutrimentos que son recomendados para peces con una talla de 17 a 21 cm y un peso promedio de 200 a 500 g. Se pesaron 5 kg del alimento comercial pelletizado y se mantuvo en un refrigerador convencional marca Wirpool®, el cual representó el tratamiento control (Tc).

Otra porción de 5 kg del alimento comercial fue pulverizada en un molino eléctrico para nixtamal con motor 1 HP y piedras de molienda No. 5, a fin de obtener un producto en grado harinoso. Por otra parte, se obtuvo un total de 8 kg de nopal *Opuntia* spp., procedentes de un cultivo localizado en el Ejido Guadalupe Victoria, perteneciente al municipio de Tenosique, Tabasco, mismos que fueron lavados y colocados en un recipiente de plástico con capacidad de 10 kg. Se removieron las espigas de la verdura de nopal con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable y una tabla de cocina de plástico. Una vez realizada esta labor, se procedió nuevamente a lavar la materia prima. Enseguida, se les aplicó un corte en forma de dado que se distribuyeron en charolas de plástico, mismas que fueron introducidas en un deshidratador de alimentos marca Excalibur®, modelo 3926tb, el cual fue operado a 60°C por un tiempo de 8 h. Una vez deshidratado el producto, fue molido a grado harinoso, empleando un molino eléctrico para nixtamal con motor 1 HP y piedras de molienda No. 5, el cual se pesó en una balanza digital marca

Danwirt[®], modelo DWT1305A, con capacidad para 10 kg y sensibilidad de 1 g, obteniendo un total de 1.455 kg de nopal deshidratado que se conservó en una bolsa de plástico con cierre de jareta hermética Ziploc[®] y se introdujo por espacio de 24 h, en un refrigerador convencional marca Wirpool[®].

Posteriormente, se colocaron los 5 kg del alimento comercial pulverizado y se adicionaron 500 g del nopal deshidratado en un tazón de acero inoxidable con capacidad para 10 L, mismos que se colocó en una batidora industrial marca Gutstark[®], modelo MKZ-BATIB10, donde se realizó la premezcla de ambos productos, por espacio de 10 min, con el propósito de homogenizar la mezcla. Luego, se añadieron 50 mL de grenetina natural Knox[®] diluida en agua caliente para ayudar a la compactación de la masa. Se le agregó agua hasta obtener una masa maleable, la cual fue introducida en un molino eléctrico cárnico marca Torrey, modelo M-12-FS, con la finalidad de obtener la pelletización. Una vez terminado, se procedió a colocar los pellets en charolas plásticas y se colocaron en un deshidratador de alimentos marca Excalibur[®], modelo 3926tb, el cual fue operado a 60°C por espacio de 4 h. El producto final representó el tratamiento experimental (T_E).

Al contar con ambos tratamientos (T_C y T_E), en primer término, se realizaron los análisis proximales básicos [126], para determinar su contenido nutrimental; para ello, se procedió a desarrollar los análisis del contenido de:

- **Proteína cruda (2001.11):** Se desarrolló con el método Kjeldahl, a través de una digestión ácida, hecha con un digestor Tecator[®]. La digestión alcalina se hizo con un destilador semiautomático Novatech[®] y la titulación se realizó con una bureta automática con capacidad de 1 L, empleando una solución de ácido clorhídrico (HCl) a 0.1 N, siendo el factor de conversión de 6.25.
- **Extracto etéreo (920.39):** Se determinó mediante el método Soxhlet, utilizando tres equipos de extracción etérea convencional a los cuales se les colocaron cartuchos de celulosa y para el lavado de las muestras se usó éter de petróleo.
- **Cenizas totales (942.05):** Se estimó a través del método por incineración de cada una de las muestras, empleando una mufla Novatech[®], donde se calcinaron las alícuotas a 550°C por un tiempo de 2.5 h.
- **Fibra cruda (962.09):** Se realizó por el método de pérdida de fibra a través de una ignición del residuo seco, la cual se desarrolla posterior a una digestión ácido-básica con 1.25% de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y 1.25% de hidróxido de sodio (NaOH), respectivamente, para lo cual se utilizó una multiunidad Lab-Line[®], una bomba de vacío Jaelsa[®], una estufa Binder[®], así como una mufla Novatech[®].
- **Humedad total (934.01):** Se efectuó mediante la eliminación térmica del contenido de agua de cada muestra, mismas que se introdujeron en una termobalanza marca Wantt[®], la cual se programó automáticamente a 105°C, donde se sometieron las muestras, con la finalidad de obtener el peso constante en cada una de ellas.
- **Extracto Libre de Nitrógeno (ELN):** Estimado mediante el sistema Weende, el cual se estima por diferencia; es decir, $ELN = 100 - (\text{proteína cruda} + \text{extracto etéreo} + \text{cenizas totales} + \text{fibra cruda})$. Es importante mencionar que la fracción estimada no contiene celulosa, aunque pueden estar presentes la hemicelulosa, lignina, así como algunos compuestos solubles en agua e insolubles en éter como las vitaminas hidrosolubles, por lo cual, la mayor parte del ELN representa almidón y azúcares.
- **Materia seca:** Para su estimación, se suma cada uno de los nutrimentos evaluados, con excepción del contenido de humedad total.

Cada uno de los análisis se efectuaron con cinco repeticiones, con el propósito de precisar los datos al analizarlos estadísticamente. Los resultados de los análisis bromatológicos fueron comparados estadísticamente, aplicando el método de comparación de medias *t de student* ($P < 0.05$), con la finalidad de observar si se presentaban diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (T_C y T_E , respectivamente).

Una vez terminada la evaluación nutrimental, se aplicaron en cada uno de los tratamientos, los análisis microbiológicos, de acuerdo con los métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), para cuantificar el contenido de bacterias mesofílicas aeróbicas [127], mohos y levaduras [128] y coliformes totales en placa [129], con la finalidad de determinar la inocuidad en cada uno de los alimentos evaluados (T_C y T_E).

Ambos análisis se realizaron a duplicidad experimental, con el objetivo de corroborar la información obtenida en cada uno de los análisis nutrimentales y microbiológicos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a los resultados obtenidos, el alimento elaborado (T_E) presentó como características físicas una consistencia texturizada semidura rugosa regular, mostrando un color café pardo cenizo y un olor fuerte pronunciado. En cuanto al contenido nutrimental, T_E obtuvo una composición óptima, ya que sus contenidos nutrimentales cubren las necesidades requeridas de diversas especies piscícolas de importancia comercial y ornamental (Tabla 1), este alimento adicionado con nopal deshidratado presenta algunas diferencias estadísticas con respecto al alimento control.

Tabla 1. Contenido porcentual de los nutrimentos básicos en los alimentos evaluados (T_C y T_E). Los resultados ($n=7$) se estimaron en base húmeda (BH) y fue estimada la desviación estándar en cada uno de ellos. Letras distintas indican diferencias estadísticas, en base a la comparación de medias *t de student* ($P < 0.05$).

Nutrimento	% T_C	% T_E
Proteína Cruda	30.857±1.86 ^b	34.890±1.03 ^a
Extracto Etéreo	05.973±1.95 ^a	03.160±1.52 ^b
Cenizas Totales	09.925±3.67 ^b	12.485±1.96 ^a
Humedad Total	06.788±2.69 ^a	05.740±1.34 ^b
Fibra Cruda	17.944±3.07 ^b	29.171±2.67 ^a
ELN	28.513±2.11 ^a	14.536±2.98 ^b
Materia Seca	93.212±3.83 ^b	94.260±2.29 ^a

Como se puede observar, ambos alimentos cubren la cantidad de nutrimentos requeridos por diversas especies piscícolas, destacando el contenido porcentual de proteína cruda, cenizas totales, fibra cruda y materia seca, en el alimento experimental (T_E), con diferencias significativas a su favor, al ser comparados con el alimento comercial (T_C), quien obtuvo diferencias estadísticas a su favor en el contenido porcentual de extracto etéreo, ELN y humedad total, este último presupone una desventaja, ya que cuando los alimentos secos acumulan mayor cantidad de agua, es posible su contaminación microbiana.

En lo que respecta a la calidad de inocuidad microbiológica, ambos alimentos (T_C y T_E) exhibieron una óptima inocuidad, ya que las cargas microbianas fueron mínimas; de hecho, en cada análisis aplicado se constató que el crecimiento microbiano fue mínimo o nulo (Tabla 2), lo cual se puede traducir, en que ambos alimentos son seguros para su consumo de las especies bajo cultivo.

Tabla 2. Análisis microbiológicos aplicados en cada uno de los alimentos evaluados para determinar su inocuidad.

Análisis	T _C	T _E
Bacterias mesofílicas aeróbicas	53 UFC g ⁻¹	38 UFC g ⁻¹
Mohos y levaduras	92	63
Coliformes totales	Negativo	Negativo

Como se puede observar en los resultados microbiológicos obtenidos, el alimento comercial presentó una ligera mayor cantidad de carga microbiana, en comparación con el alimento adicionado con nopal deshidratado; sin embargo, en ambos alimentos la inocuidad es óptima. Las diferencias observadas pueden deberse a factores como la forma y tiempo de transportación y almacenamiento del alimento comercial, desde el lugar donde fue procesado, hasta su distribución en los mercados locales del municipio de Tenosique, Tabasco, así como por el tiempo y condiciones de almacenamiento en los expendios de venta.

Con lo anteriormente descrito, se pudo discutir que:

Hoy en día, la producción acuícola es relevante, ya que a través de ella se obtienen alimentos con un alto valor nutrimental, en menor tiempo, en comparación con las producciones pecuarias tradicionales; de igual forma, la acuicultura promueve la creación de empresas, empleos y recursos económicos, por lo cual es de suma importancia impulsar acciones que permitan mejorar los sistemas productivos, a través de la aplicabilidad de una amplia gama de técnicas, mejorando el manejo de las especies cultivadas, así como la aplicación tecnológica en los diversos sistemas acuícolas [130, 131, 132, 133]; con ello, se puede asegurar la promoción del crecimiento y desarrollo de los organismos bajo cultivo.

Hay que señalar que la industria de alimentos acuícolas, viene presentando un incremento anual del 10% en los mercados mundiales, por lo que es preponderante promover la creación e innovación de nuevos productos, los cuales deben estar sometidos a un control de calidad estricto de los insumos empleados, así como la observancia en todo momento en su procesamiento, con la finalidad de asegurar la calidad de los alimentos, siendo primordial la evaluación de su contenido nutrimental e inocuidad microbiológica [134, 135, 136, 137], por lo que cada alimento o ingrediente alterno, no debe estar exento de estas evaluaciones.

En este trabajo se ha enfatizado que actualmente, se están realizando diversos estudios sobre ingredientes no convencionales, con el propósito de evaluar su confiabilidad para ser incluidos en la elaboración de alimentos acuícolas, éstos deben cubrir las necesidades nutrimentales de los diversos organismos piscícolas bajo cultivo, a fin de proponer alimentos seguros para su consumo por parte de las especies acuícolas cultivadas; además, se debe proponer la funcionalidad de sus componentes, a fin de innovar en la alimentación y nutrición acuícola [138, 139, 140, 141, 142, 143], siendo el objetivo principal en la presente investigación.

No se debe de dejar a un lado, que el incremento de los costos de la harina y el aceite de pescado por la sobrepesca, han repercutido en el costo elevado de los alimentos acuícolas comerciales, ya que éstos insumos son los más empleados en la industria de alimentos destinados para diversas especies animales, por lo que su precio se ve afectado en los mercados, aumentan los costos productivos en las unidades de producción acuícolas y por ende, estos productos son poco accesibles, sobre todo en las unidades productivas a pequeña escala, de traspatio o para autoconsumo, por lo que es indispensable proponer alternativas basadas en la sostenibilidad de las prácticas acuícolas, considerando su economía, productividad e impactos ecológicos [144, 145, 146]. Además, se ha constatado que, a nivel mundial, se están promoviendo programas de apoyo que fortalezcan el desarrollo acuacultural, haciendo hincapié en

lo referente a la alimentación y nutrición acuícola, a fin de minimizar los costos de elaboración, mejorar las características nutrimentales y microbiológicas de los alimentos alternos, así como el mejorar los alimentos comerciales, con el objetivo de proponer alimentos funcionales que promuevan el crecimiento, desarrollo y la salud en las especies ícticas cultivadas; por ello, estos alimentos deben caracterizarse en su facilidad de procesamiento, conservación, aprovechamiento de materias primas, así como el procesamiento de alimentos funcionales y nutraceuticos que permitan mejorar la rentabilidad de la acuicultura [147, 148, 149]; en este sentido, el alimento funcional adicionado con nopal deshidratado, cuenta con estas cualidades, por lo que representa una alternativa viable en el procesamiento de alimentos destinados para especies piscícolas.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con lo presentado anteriormente, se pudo concluir que el alimento adicionado con nopal deshidratado *Opuntia* spp., valorado en esta investigación, representa una alternativa viable para mejorar las características nutrimentales en dietas acuícolas, principalmente para aquellas que están destinadas a especies piscícolas, mismas que deben presentar un contenido nutrimental óptimo que permita cubrir las necesidades de los organismos, a nivel fisiológico y metabólico, lo cual pueda traducirse en un mayor crecimiento y desarrollo de las especies ícticas cultivadas. De igual forma, la calidad microbiológica presente en el alimento adicionado con nopal fue óptima, lo que permite que un alimento con estas características de inocuidad, promuevan la salud de los organismos que los consumen. Por último, se puede afirmar que el alimento experimental (TE) es una alternativa viable para su inclusión en la alimentación piscícola, ya que es totalmente seguro su consumo y cubre las necesidades nutrimentales de varias especies ícticas, lo que se debe reflejar en una mayor promoción del crecimiento y desarrollo de los especímenes cultivados, siendo esto último un trabajo que se viene realizando, con la finalidad de evaluar su comportamiento biológico.

REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Hacia la transformación azul. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/05dd1625-23c4-4030-a733-247b5a48b496/content>
- [2] Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M. (2001). Effects of aquaculture on world fish supplies. *Journal Issues in Ecology*, 8, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1038/35016500>
- [3] Ponce Palafox, J.T., Romero Cruz, O., Castillo Vargasmachuca, S., Arteaga Nochebuena, P., Ulloa García, M., González Sala, R., Febrero Toussaint, I. y Esparza Lea, H. (2006). El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. *Revista Electrónica de Veterinaria*, VII (7), 1-16.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63612753004.pdf>
- [4] Magallón Barajas, F.J., Villarreal Colmenares, H., Arcos Ortega, F., Avilés Quevedo, S., Civera Cerecedo, R., Cruz Hernández, P., González Becerril, A., Gracia López, V., Hernández Llamas, A., Hernández López, J., Ibarra Humphries, A.M., Lechuga Deveze, C., Mazón Suástegui, J.M., Muhlia Melo, A.F., Naranjo Páramo, J., Pérez Enríquez, R., Porchas Cornejo, M., Portillo Clark, G. y Pérez Urbiola, J.C. (2007). Orientaciones estratégicas para el desarrollo sustentable de la acuicultura en México. Publicaciones Especiales del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Cámara de Diputados, LX Legislatura. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2987>

- [5] Martínez Neira, D.J. (2008). Desarrollo sustentable y acuicultura de pequeña escala en Chile: Evaluación ambiental y consideraciones para su administración. [Tesis de Magíster, Universidad Católica de Chile; Santiago de Chile, Chile]. Repositorio UCCh.
https://www.researchgate.net/publication/324804211_Desarrollo_sustentable_y_acuicultura_de_pequena_escala_en_Chile_evaluacion_ambiental_y_consideraciones_para_su_administracion
- [6] Zambrano Benavides, D.A. (2013). Evaluación de tres métodos de alimentación mediante la utilización de Azolla anabaena y alimento balanceado en el rendimiento del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la fase de iniciación-levante como alternativa de producción en la granja integral demostrativa de la Secretaria de Agricultura de Linares. [Tesis de Grado, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia]. Repositorio UDENAR. <https://sired.udenar.edu.co/1444/1/90045.pdf>
- [7] Aguinaga Chalacán, G.A. (2019). Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga spp.*) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, Parroquia Lita. [Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte; Ibarra, Ecuador]. Repositorio UTN.
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9430/4/03%20AGP%20245%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Hacia la transformación azul. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/05dd1625-23c4-4030-a733-247b5a48b496/content>
- [9] Ceballos Barbarito, J. y Galindo López, J. (2006). Dietas prácticas para el cultivo de *Litopenaeus schmitti*: Una revisión. Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET, 7(12), 1-13.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63612664009.pdf>
- [10] Rivas Vega, M.E., Miranda Baeza, A. y Sandoval Muy, M.I. (2010, 8-10 de noviembre). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. [Ponencia]. X Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; México. P. 467-484.
<https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/115>
- [11] García, C.A. y Taboada, B.W. (2012). Producción de alimento balanceado alternativo, para peces a base de subproductos de origen vegetal y animal, en el Centro Experimental de Investigaciones y Prácticas Agropecuarias (C.E.I.P.A). Ministerio del Poder Popular para la Educación e Instituto Universitario de Tecnología Universitaria Dr. Delfín Mendoza.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/14390155/produccion-de-alimento-balanceado-alternativo-para-peces-a-base->
- [12] León, S.R. (2015). Panorama sobre los alimentos balanceados para acuicultura en México, en comparación con otros países. Ergomix. <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/panorama-sobre-alimentos-balanceados-t31919.htm>
- [13] Llanes Iglesias, J.E. y Parisi, G. (2020). Indicadores productivos y económicos de *Clarias gariepinus*, alimentadas con subproductos pesqueros ensilados con los ácidos sulfúrico y fórmico. Revista Pastos y Forrajes, 43(3), 184-189. <https://www.redalyc.org/journal/2691/269165823002/269165823002.pdf>
- [14] Mbahinzireki, G.B., Dabrowskiy, K., Kyeong, J.L. & El-Saidy, D. (2001). Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis sp.*) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating. Journal Aquaculture Nutrition, 7, 189-200. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2095.2001.00172.x>
- [15] New, M.B. & Wijkström, U.N. (2002). Use of fishmeal and fishoil in aquafeed: Further thoughts on the fishmeal trap. FAO, Fisheries Circular. <https://www.fao.org/4/y3781e/y3781e00.htm>
- [16] Guevara Burgos, C.E. (2009). Estudio de factibilidad y puesta en marcha de una empresa productora y comercializadora de mojarra roja. [Tesis de Posgrado, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga; Bucaramanga, Colombia]. Repositorio UPB.

- https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/609/digital_18284.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [17] Oliva, T.A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83-108. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01333.x>
- [18] Reyes, R.G.A. (2012). Plan de negocios para la producción y comercialización de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis* sp.) en Managua, Nicaragua. [Tesis de Grado, Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano; Tegucigalpa, Honduras]. Repositorio Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/909>
- [19] Benítez, J.M., Rebollar, R.S., González, R.F.J., Hernández, M.J. y Gómez, T.G. (2015). Viabilidad económica para la producción y venta de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Amatepec, Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 37, 147-158. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14143037001.pdf>
- [20] Borrás Reyes, L.E.P., Villa Navarro, F.A. y Pardo Pardo, G.I. (2005). Manual técnico de piscicultura. INCODER. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19850>
- [21] Merino Archila, M.C., Salazar Ariza, G. y Gómez León, D. (2006). Guía práctica de piscicultura en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural e Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/Guia-Practica-de-Piscicultura-en-Colombia.pdf>
- [22] Dirección Nacional de Recursos Acuáticos [DINARA] de Uruguay. (2010). Manual básico de piscicultura en estanques. DINARA-FAO. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/manual_piscicultura_estanques.pdf
- [23] Torres Orozco, R.E. y Pérez Hernández, M.A. (2009). Riqueza y regionalización de los peces de México. *Revista Ciencia*, 60(3), 44-53. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/60_3/PDF/06-529-Los-peces-de-Mexico.pdf
- [24] Pereyra Panduro, G. (2013). Piscicultura. Guía técnica. Agrobanco del Perú. <https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/037-a-piscicultura.pdf>
- [25] Espinosa Pérez, H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Suplemento de enero), S450-S459. <https://doi.org/10.7550/rmb.32264>
- [26] Platas Rosado, D.E. y Vilaboa Arroniz, J. (2014). La acuicultura mexicana: Potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 1065-1071. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14131676015.pdf>
- [27] Ortiz, A.D., Camacho, S.J. y Echevarría C.L. (2009). Parámetros reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2), 196-202. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172009000200007&lng=es&tlng=es.
- [28] Benítez Meza, A., Gómez Gurrola, A., Hernández Ballesteros, J., Navarrete Méndez, R. y Moreno Flores, L. (2015). Evaluación de parámetros productivos y económicos en la alimentación de porcinos en engorda. *Revista Abanico Veterinario*, 5(3), 36-41. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322015000300036&lng=es&tlng=es.
- [29] Andrade Yucailla, V., Toalombo, P., Andrade Yucailla, S. y Lima Orozco, R. (2017). Evaluación de parámetros productivos de pollos Broilers Coob 500 y Ross 308 en la Amazonia de Ecuador. *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*, 18(2), 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63651262008.pdf>
- [30] Salhi, M., Bessonart, M., Chediak, G., Bellagamba, M. & Carnevia, D. (2004). Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy. *Journal Aquaculture*, 231, 435-444. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.08.006>
- [31] Colque García, R.R. (2020). Determinación del factor de conversión alimentaria y crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo diferentes densidades y niveles de alimentación en estanques artificiales en Llaullini, La Paz. *Revista Aphapi*, 6(1), 820-1838. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/apt/v6n1/v6n1_a08.pdf

- [32] 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*, 17(1), 1-35. DOI: 10.15517/nat.v17i1.54085
- [33] Bolaños, M. (2015). Evaluación del uso de alimentos alternativos en el pre-engorde y engorde de tilapia (*Oreochromis* sp.) en la comunidad de Playa Rica-Noroccidente de Pichincha. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional; Quito, Ecuador]. Repositorio EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12612>
- [34] Celin Apolo, C.M. (2015). Incidencia de tres dietas alimenticias para el crecimiento y engorde de tilapia (*Oreochromis* sp.) en el sector de Yahuarcocha. [Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte; Ibarra, Ecuador]. Repositorio UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4319>
- [35] Carranza Espinal, E.O. (2016). El uso de la harina de morro como ingrediente proteico para la alimentación de tilapia. *Revista Ciencia y Tecnología*, 19(1), 25-39. <https://doi.org/10.5377/rct.v0i19.4273>
- [36] Gavia, Y.S., Camaño, J.A. y Zapata, J.E. (2020). Propiedades físicas de alimento para tilapia roja (*Oreochromis* spp.) elaborado con ensilado químico y secado en microondas. *Revista Información Tecnológica*, 31(6), 105-116. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600105>
- [37] Gopalakrishnan, Y., Al Gheethi, A., Radin, M.R.M.S., Shanmugan, V., Hasraf, N., Abu Bakar, J. & Mohd Salleh, S.N.A. (2020). Physical properties of fish feed containing household waste as an alternative substitute in newly developed soft-dry fish feed for red tilapia. *Journal Materials Today: Proceedings*, 31(1), 65-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.191>
- [38] Rivas Vega, M.E., Miranda Baeza, A. y Sandoval Muy, M.I. (2010, 8-11 de noviembre). Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. [Ponencia]. X Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; México. P. 467-484. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/115/114>
- [39] Mendiola Campuzano, J.V.H., de la Cruz Leyva, M.C., May Gutiérrez, M.E. y Alpuche Palma, A. (2013, 21-23 de agosto). Evaluación de dos ensilados químicos elaborados con *Oreochromis niloticus* y *Pterygoplichthys* spp. para la acuicultura. [Ponencia]. 3er. Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 4to. Encuentro Nacional de Investigación Científica. Villahermosa, Tabasco, México. P. 201-211.
- [40] Fabián Canseco, L.E., Casas Lemini, J.L., Fernández Suárez, A.D., Rodríguez Flores, R., Ramírez López, H., Chávez Galaviz, A., Vázquez Lozada, O. y Duran Alonso, S. (2015). Desarrollo de alimentos formulados para especies acuícolas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 40-48. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/issue/download/29/27>
- [41] Mendiola Campuzano, J.V.H., Vera Quiñones, F.C., Alpuche Palma, A. y Ramos Ferrer, J.R. (2018). Análisis nutrimental, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(6), 12-24. <http://reibci.org/publicados/2018/dic/3200103.pdf>
- [42] Soza Chi, U.G., Peralta González, F., Rodríguez Flores, F., Vera Quiñones, F.C., Alpuche Palma, A. y Mendiola Campuzano, J.V.H. (2020). Estimación del contenido nutrimental, inocuidad y costos en cuatro ensilados químicos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7(1), 39-49. <http://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3900103.pdf>
- [43] Moreno Álvarez, M.J., Hernández, J.G., Rovero, R., Tablante, A. y Rangel, L. (2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 29-33. <https://www.redalyc.org/pdf/724/72430204.pdf>
- [44] Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., Xu, W. & Luifu, Z. (2006) Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal Aquaculture*, 258, 503-513. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.004>

- [45] Salze, G., McLean, E., Battle, P.R., Schwarz, M.H. & Craig S.R. (2010) Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Journal Aquaculture*, 298 (3-4), 294-299.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.003>
- [46] Zhou, Q.C., Mai, K.S., Tan, B.P. & Liu, Y.J. (2005) Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Journal Aquaculture Nutrition*, 11, 175-185.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00335.x>
- [47] Toledo Pérez, J., Botello León, A. y Llanes Iglesias, J. (2009). Evaluación de tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Revista Cubana de Investigación Pesquera*, 26(1),14-18.
https://www.researchgate.net/publication/277179317_Evaluacion_de_tres_ensilados_quimicos_de_pescado_en_la_alimentacion_de_Clarias_gariepinus_Burchell_1822
- [48] Spanopoulos Hernández, M., Ponce Palafox, J.T., Barba Quintero, G., Ruelas Inzunza, J.R., Tiznado Contreras, M.R., Hernández González, C. y Shirai, K. (2010). Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis sp.*), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(2), 167-178. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v9n2/v9n2a5.pdf>
- [49] Vásquez Torres, W., Yossa Perdomo, M.I., Hernández Arévalo, G. y Gutiérrez Espinosa, M.C. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(2), 207-216.
<https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023450010.pdf>
- [50] Llanes Iglesias, J.E., Toledo Pérez, J., Savón, L. y Gutiérrez, O. (2012). Caracterización y evaluación del ensilaje de residuos pesqueros como sustituto de la harina de pescado en dietas semihúmedas para tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus*). *Revista AcuaCUBA*, 14(2), 30-50.
<https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/4652/llanes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [51] Ramasubburayan, R., Palanisamy, I., Kanaharaja, J.S., Manohar, N.C., Arunachalam, P. & Grasian, I. (2013). Characterization and nutritional quality of formic acid silage developed from marine fishery waste and their potential utilization as feed stuff for common carp *Cyprinus carpio* fingerlings. *Turkish Journal of Fishery and Aquatic Science*, 13, 281-289. https://www.trjfas.org/uploads/pdf_339.pdf
- [52] Bringas Alvarado, L., Zamorano Ochoa, A., Rojo Rodríguez, J.B., González Félix, M.L., Pérez Velázquez, M., Cárdenas López, J.L. y Navarro García, G. (2018). Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapia y su utilización como ingrediente en dietas para bagre de canal. *Revista Biotecnia*, XX(2), 85-94. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971086012.pdf>
- [53] Terrones España, S. y Reyes Ávalos, W. (2018). Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en cultivo intensivo. *Revista Scientia Agropecuaria*, 9(2), 167-176.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n2/a01v9n2.pdf>
- [54] Chotikachinda, R., Tantikitti, C., Benjakul, S., Rustad, T. & Kumarnsit, E. (2013). Production of protein hydrolysates from skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) viscera as feeding attractants for Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Journal Aquaculture Nutrition*, 19(5), 773-784. <https://doi.org/10.1111/anu.12024>
- [55] Bui, H.T.D., Khosravi, S., Fournier, V., Herault, M. & Lee, K.J. (2014). Growth performance, feed utilization, innate immunity, digestibility and disease resistance of juvenile red seabream (*Pagrus major*) fed diets supplemented with protein hydrolysates. *Journal Aquaculture*, 418-419, 11-16.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.046>
- [56] Ovissipour, R., Kenari, A.A., Nazari, R., Motamedzadegan, A. & Rasco, B. (2014). Tuna viscera protein hydrolysate: Nutritive and disease resistance properties for Persian sturgeon (*Acipenser persicus L.*) larvae. *Journal Aquaculture Research*, 45(4), 591-601. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03257.x>

- [57] da Silva Carvalho, T., Mauricio Rocha, J.A., Moreira, P., Signor, A. & Boscolo, W.R. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(7), 485-492. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2017000700002>
- [58] Rathore, S.S., Al Mamun, A. & Nasren, S. (2019). Optimization of fish hydrolysate preparation and its effect on growth and feed utilization of Magur (*Clarias batrachus*). *Bulletin Environmental Pharmacology Life Science*, 7(11), 78-83. https://www.researchgate.net/publication/330502058_Optimization_of_Fish_Hydrolysate_Preparation_and_its_Effect_on_Growth_and_Feed_Utilization_of_Magur_Clarias_batrachus
- [59] Salah Azaza, M., Mensi, F., Ksouri, J., Naceur Dhraief, M., Brini, B., Abdel Mouleh, A. & Kraïem, M.M. (2008). Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(2), 202-207. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.01017.x>
- [60] Cerezuela, R., Guardiola, F.A., Meseguer, J. & Esteban, M.A. (2012). Enrichment of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diet with microalgae: Effects on the immune system. *Journal Fish Physiology and Biochemistry*, 38, 1729-1739. <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9670-9>
- [61] Kiron, V., Wutiporn, P., Huntley, M., Archibald, I. & de Scheemakerm, G. (2012). Marine microalgae from biorefinery as a potential feed protein source for Atlantic salmon, common carp and whiteleg shrimp. *Journal Aquaculture Nutrition*, 18, 521-531. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00923>
- [62] Rincón, D., Velásquez, H., Dávila, M., Semprun, A., Morales, E. y Hernández, J. (2012). Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (=Spirulina) maxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia (*Oreochromis* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 430-437. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295024923011.pdf>
- [63] Pérez, Y., González, R., Méndez, Y. y Ramírez, J.L. (2014). Inclusión de la harina de *Lemna perpusilla* para alimentar alevines *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(5), 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63633881010.pdf>
- [64] Pérez Velázquez, M., Gatlin IIIb, D.M, González Félix, M.L. & García Ortega, A. (2018). Partial replacement of fishmeal and fish oil by algal meals in diets of red drum *Sciaenops ocellatus*. *Journal Aquaculture*, 487, 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.001>
- [65] Bin Dohaish, E., Al Dhahri, M. & Omar, H. (2018). Potential application of the blue-green alga (*Spirulina platensis*) as a supplement in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Applied Ecology and Environmental Research*, 16, 7883-7902. https://www.aloki.hu/pdf/1606_78837902.pdf
- [66] He, Y., Lin, G., Rao, X., Chen, L., Jian, H., Wang, M., Guo, Z. & Chen, B. (2018). Microalgae *Isochrysis galbana* in feed for *Trachinotus ovatus*: Effect on growth performance and fatty acid composition of fish fillet and liver. *Journal Aquaculture International*, 26, 1261-1280. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-018-0282-y>
- [67] Barraza Guardado, R.H., Pérez Villalba, A.M., González Félix, M.L., Ortega Urbina, J.A.T., Muñoz Hernández, R., Zúñiga Panduro, M. y Pérez Velázquez, M. (2020). Uso de microalgas como constituyentes parciales del alimento balanceado para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Biotecnia*, 22(1), 135-141. <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnia/v22n1/1665-1456-biotecnia-22-01-135.pdf>
- [68] Gaber, M.M.A. (2006). The Effects of plant-protein based diets supplemented with *Yucca* on growth, digestibility, and chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37, 74-81. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00008.x>
- [69] Martínez Córdova, L.R., Campaña Torres, A., Bringas Alvarado, L. y Porchas Cornejo, M.A. (2008). Efectos de la inclusión dietaria de *Yucca schidigera*, en los parámetros de calidad del agua y producción del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Revista Investigación y Ciencia*, 16(40), 4-10. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67404002.pdf>

- [70] Garduño Lugo, M. & Olvera Novoa, M.A. (2008). Potential of the use of peanut (*Arachis hypogaea*) leaf meal as a partial replacement for fish meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Journal Aquaculture Research*, 39(12), 1299-1306. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01995.x>
- [71] Deng, J., Wang, K., Mai, K., Chen, L., Zhang, L. & Mi, H. (2017). Effects of replacing fish meal with rubber seed meal on growth, nutrient utilization, and cholesterol metabolism of tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). *Journal Fish Physiology and Biochemistry*, 43(4), 941-954. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-016-0313-4>
- [72] Castillo Quispe, S., Castillo Quispe, H., Giraldo Rios, E., Díaz Viteri, J.E. Chañi Paucar, L.O. y Muñoz Berrocal, M.H. (2018). Efecto de dietas balanceadas con harina de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el crecimiento de Paco (*Piaractus brachypomus*, Cuvier). *Journal Livestock Research for Rural Development*, 30(1), 1-13. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/486>
- [73] Aguinaga Chalacán, G.A. (2019). Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga* spp.) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, Parroquia Lita. [Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte; Ibarra, Ecuador]. Repositorio UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9430/4/03%20AGP%20245%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- [74] Yépez Daquilema, J.D. (2021). Inclusión de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L) en la dieta: Sobre los parámetros productivos y la calidad de la carne (*Oreochromis* spp). [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Provincia Los Ríos, Ecuador]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6150/1/T-UTEQ-116.pdf>
- [75] Buyukcapar, H.M., Mezdegi, M.I. & Kamalak, A. (2010). Nutritive value of narbon bean (*Vicia narbonensis*) seed as ingredient in practical diet for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Journal of Applied Animal Research*, 37(2), 253-256. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09712119.2010.9707135?needAccess=true>
- [76] Gutiérrez Espinosa, M. y Vásquez Torres, W. (2008). Digestibilidad de Glicine max L, soya, en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818. *Revista Orinoquia*, 12(2), 141-148. <https://www.redalyc.org/pdf/896/89612202.pdf>
- [77] Cruz Castro, C.A., Hernández Hernández, L.H., Fernández Araiza, M.A., Ramírez Pérez, T. & Angeles López, O. (2011). Effects of diets with soybean meal on the growth, digestibility, phosphorus and nitrogen excretion of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Revista Hidrobiológica*, 21(2), 118-125. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000200002&lng=es&tlng=
- [78] Morillo, M., Visbal, T., Rial, L., Ovalles, F., Aguirre, P. y Medina, A.L. (2013). Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soja. *Revista Interciencia*, 38 (2), 121-127. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33926950010.pdf>
- [79] Loqui Sanchez, A.J., Casignia Coox, D.A., Soria Castro, C.N., Valens Arevalo, J.W., Soria Yaguana, F.F. y Zambrano Alacon, M.E. (2020). Cultivo de tilapia plateada *Oreochromis niloticus* con harina hidropónica de soya como alimentación complementaria. *Revista Recimundo*, 4(2), 152-163. <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/834/1343>.
- [80] Alvarado Claudett, K.L., Joutex Orben, J.J., Tacuri Cevallos, G.C., Torres Noboa, A.R. y Parra Riofrío, G.B. (2022). Eficiencia de una dieta con base en harina de lenteja (*Lens culinaris*), en el crecimiento de alevines de tilapia. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 4(1), 40-52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8421380>
- [81] Poot López, G.R. & Gasca Leyva, E. (2009). Substitution of balanced feed with chaya *Cnidocolus chayamansa*, leaf in tilapia culture: A bioeconomic evaluation. *Journal World Aquaculture Society*, 40, 351-362. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00255.x>

- [82] Poot López, G.R., Gasca Leyva, E. y Olvera Novoa, M.A. (2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Latin American Journal Aquatic Research*, 40(4), 835-846.
- [83] <https://www.scielo.cl/pdf/lajar/v40n4/art02.pdf>
- [84] Richter, N., Siddhuraju, P. & Becker, K. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Journal Aquaculture*, 217, 599-611. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00497-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00497-0)
- [85] Rivas Vega, M.E., López Pereira, J.L., Miranda Baeza, A. y Sandoval Muy, M.I. (2012). Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Revista Biotecnia*, 14(2), 3-10. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971152001.pdf>
- [86] Andara, M., Arias, J., Belandría, J., Brieva, J. y Gómez, W. (2016). Efecto de la harina de hojas de moringa (*Moringa oleifera*) como proteína como sustituto de harina de pescado sobre el contenido de aminoácidos en dietas experimentales para peces. *Revista Geominas*, 44(71), 207+.
- [87] <https://link.gale.com/apps/doc/A494500917/AONE?u=anon~a555c0eb&sid=googleScholar&xid=3ebd4152>
- [88] Pérez Viveros, K.J., Gutiérrez Dorado, R., Téllez Jurado, A., Gómez Aldapa, C.A., Reyes Moreno, C., Navarro Cortez, R.O., Bautista Monroy, S.S. & Cadena Ramírez, A. (2019). Effect of extrusion in the elaboration of an animal feed based on *Moringa oleifera* Lam and *Zea mays* s a partial substitute of fishmeal in the diet of the adult stage of *Oreochromis niloticus*. *Revista Acta Universitaria*, 29, e1-17.
- [89] <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/2266/3371>
- [90] Medina Villacis, M., Italo, E.G., García Gimeno, R.M. & Posada Izquierdo, G. (2022). Inclusion of banana (*Musa paradisiaca*) meal in the diet on the productive parameters of (*Oreochromis* spp.). *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 1062-1071. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S09.127>
- [91] Barnes, M.E., Durben, D.J., Reeves, S.G. & Sanders, R. (2006). Dietary yeast culture supplementation improves initial rearing of McConaughy strain rainbow trout. *Journal Aquaculture Nutrition*. 12(5):388–394. doi:10.1111/j.1365-2095.2006.00439.x.
- [92] He, S., Zhou, Z., Liu, Y., Shi, P., Yao, B., Ringo, E. & Yoon, I. (2009). Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ x *O. aureus* ♂) cultured in cages. *Journal Aquaculture*, 294, 99–107. <https://www.researchgate.net/publication/222513408>.
- [93] Abu Elala, N., Marzouk, M. & Moustafa, M. (2013). Use of different *Saccharomyces cerevisiae* biotic forms as immune-modulator and growth promoter for *Oreochromis niloticus* challenged with some fish pathogens. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 1(1), 21-29. doi:10.1016/j.ijvsm.2013.05.001.
- [94] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2023, junio 27). ¡Y el nopal ingreso en la dieta simbólica y real de los mexicanos! Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/y-el-nopal-ingreso-en-la-dieta-simbolica-y-real-de-los-mexicanos>
- [95] Reyes Terrazas, A.S., Flores Sánchez, D., Navarro Garza, H., Pérez Olvera, M.A. y Almaguer Vargas, G. (2023). Características y retos del sistema de cultivo nopal verdura en Cuautlacingo, Otumba. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(2), 211-222. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3079>
- [96] Reyes Agüero, J.A., Aguirre, J.R. & Hernández, H.M. (2005). Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). *Revista Agrociencia*, 39, 395-408. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239404.pdf>
- [97] Peña Valdivia, C.B., Trejo C., Arroyo Peña, V.B., Sánchez Urdaneta, A.B. & Balois Morales, R. (2012). Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Chemistry Biodiversity Journal*, 9, 1599-1610. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201200047>

- [98] Moctezuma López, G. (2019). Innovaciones tecnológicas en la cadena agroproductiva nopal (*Opuntia* spp.) en la Ciudad de México (CDMX) por medio del programa extensionismo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 45, 298-313. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14162394004>
- [99] Roldan Cruz, E.I. y Chavarría Miranda, H. (2022). Nopal/tuna, mercado y territorio en México: Un enfoque de capacidades. *Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 21, 100-123. <https://www.redalyc.org/journal/6757/675772404005/html/>
- [100] Valdez Cepeda, R.D., Blanco Macías, F., Vázquez Alvarado, R.E. y Magallanes Quintanar, R. (2008). Producción y usos del nopal para verdura. *Revista Salud Publica y Nutrición*, 1-19. <https://iniciativasolidaria.itesa.edu.mx/resources/DCVI/3.%20Producci%C3%B3n%20y%20usos%20del%20nopal.pdf>
- [101] Beccaro, G., Bonvegna, D., Donno, D., Mellano, M., Cerutti, A., Nieddu, G., Chessa, I. & Bounous G. (2015). *Opuntia* spp. biodiversity conservation and utilization on the Cape Verde Islands. *Genetic Resources and Crop Evolution Journal*, 62:21-33. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-014-0133-2>
- [102] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2015). Estudio de factibilidad para el establecimiento de cultivo de nopal (*Opuntia*) en tierras ociosas en los estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Zacatecas con fines alimenticios, energéticos y ambientales. [pp. 9-11, 30-33]. Informe Técnico. SAGARPA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346982/Nopal_Detallado.pdf
- [103] Hernández Bonilla, B.E., Ruiz Reynoso, A.M., Ramírez Cortés, V., Sandoval Trujillo, S.J. y Dávila Hernández, M. (2020). Análisis económico de productores y comercializadores de nopal en el Valle de Teotihuacán. *Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 9(17), 147-184. <https://doi.org/10.23913/ricea.v9i17.147>
- [104] Rodríguez Félix, A. & Cantwell, M. (1988). Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Food Human Nutrition Journal*, 38, 83-93. <https://doi.org/10.1007/bf01092314>
- [105] Stintzing, F.C. & Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular Nutrition Food Research Journal*, 49, 175-194. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400071>
- [106] Betancourt Domínguez, M.A., Hernández Pérez, T., García Saucedo, P., Cruz Hernández, A. & Paredes López, O. (2006). Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). *Plant Foods Human Nutrition Journal*, 61, 115-119. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0008-6>
- [107] Peña Valdivia, C.B., Trejo C., Arroyo Peña, V.B., Sánchez Urdaneta, A.B. & Balois Morales, R. (2012). Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Chemistry Biodiversity Journal*, 9, 1599-1610. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201200047>
- [108] Torres Ponce, R. L., Morales Corral, D., Ballinas Casarrubias, M.D.L. y Nevárez Moorillón, G.V. (2015). El nopal: Planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1129-1142. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139893015>
- [109] Stintzing, F.C. & Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular Nutrition Food Research Journal*, 49, 175-194. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400071>
- [110] Guevara Arauza, J.C. (2009). Efectos biofuncionales del nopal y la tuna. *Revista Horticultura: Tecnología de producción desde México*, 1-9. http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhi71/cientifico_rhi71.pdf

- [111] Bensadón, S., Hervert Hernández, D., Sonia Guadalupe Sáyago Ayerdi, S.G. & Goñi, I. (2010). By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant Foods for Human Nutrition Journal*, 65, 210-216. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0176-2>
- [112] Torres Ponce, R. L., Morales Corral, D., Ballinas Casarrubias, M.D.L. y Nevárez Moorillón, G.V. (2015). El nopal: Planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1129-1142. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139893015>
- [113] Betancourt Domínguez, M.A., Hernández Pérez, T., García Saucedo, P., Cruz Hernández, A. & Paredes López, O. (2006). Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). *Plant Foods Human Nutrition Journal*, 61, 115-119. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0008-6>
- [114] Castillo, S.F., Estrada, I., Margalef, M.I. y Tóffoli, S.L. (2013). Obtención de harina de nopal y formulación de alfajores de alto contenido en fibra. *Revista Diaeta*, 31(142), 20-26. <http://www.scielo.org.ar/pdf/diaeta/v31n142/v31n142a03.pdf>
- [115] Maki Díaz, G., Peña Valdivia, C.B., García Nava, R., Arévalo Galarza, M.L., Calderón Zavala, G. y Anaya Rosales, S. (2015). Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo nacional. *Revista Agrociencia*, 49, 31-51. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n1/v49n1a3.pdf>
- [116] Betancourt Domínguez, M.A., Hernández Pérez, T., García Saucedo, P., Cruz Hernández, A. & Paredes López, O. (2006). Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). *Plant Foods Human Nutrition Journal*, 61, 115-119. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0008-6>
- [117] Bensadón, S., Hervert Hernández, D., Sonia Guadalupe Sáyago Ayerdi, S.G. & Goñi, I. (2010). By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant Foods for Human Nutrition Journal*, 65, 210-216. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0176-2>
- [118] Maki Díaz, G., Peña Valdivia, C.B., García Nava, R., Arévalo Galarza, M.L., Calderón Zavala, G. y Anaya Rosales, S. (2015). Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo nacional. *Revista Agrociencia*, 49, 31-51. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n1/v49n1a3.pdf>
- [119] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2015). Estudio de factibilidad para el establecimiento de cultivo de nopal (*opuntia*) en tierras ociosas en los estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Zacatecas con fines alimenticios, energéticos y ambientales. [pp. 9-11, 30-33). Informe Técnico. SAGARPA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346982/Nopal_Detallado.pdf
- [120] Zlaugotne, B., Pubule, J. & Blumberga, D. (2022). Advantages and disadvantages of using more sustainable ingredients in fish feed. *Journal Heliyon*, 8(9), e10527. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9475308/>
- [121] Sorensen, M. (2012). A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. *Journal Aquaculture Nutrition*, 18(2), 233-248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00924.x>
- [122] Montoya Camacho, N., Hernández Oloño, J.T., Márquez Ríos, E., Rodríguez Félix, F., Torres Arreola, W., Castillo Yañez, F.J., Canzales Rodríguez, D.F. y Ocaño Higuera, V.M. (2018). Efecto de la sustitución de proteína animal por vegetal en el alimento sobre la fisiología de la tilapia del Nilo. *Revista Biotecnología*, 20(2), 37-42. <https://doi.org/10.18633/biotecnologia.v20i2.598>
- [123] Romero Verdín, M.R. (2019). Elaboración y evaluación de una dieta formulada con *Lupinus albus* y harina de huevos infértiles de incubadora en la cría de tilapia (*Oreochromis niloticus*). [Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara; Zapopan, Jalisco; México]. Repositorio Dspace.

<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6070>

- [124] Barraza Guardado, R.H., Pérez Villalba, A.M., González Félix, M.L., Ortega Urbina, J.A.T., Muñoz Hernández, R., Zúñiga Panduro, M. y Pérez Velázquez, M. (2020). Uso de microalgas como constituyentes parciales del alimento balanceado para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Biotecnía*, 22(1), 135-141. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V22I1.1161>
- [125] Association of Official Agricultural Chemists. (2015). *Official methods of analyses*. AOAC, 18th Edition. https://archive.org/details/methodsofanalysi0000unse_s9q4/page/n11/mode/2up
- [126] NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0
- [127] NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. *Diario Oficial de la Federación*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0
- [128] NOM-113-SSA2-1994. Determinación de bacterias coliformes. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. *Diario Oficial de la Federación*. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>
- [129] Association of Official Agricultural Chemists. (2015). *Official methods of analyses*. AOAC, 18th Edition. https://archive.org/details/methodsofanalysi0000unse_s9q4/page/n11/mode/2up
- [130] NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0
- [131] NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos. *Diario Oficial de la Federación*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0
- [132] NOM-113-SSA2-1994. Determinación de bacterias coliformes. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. *Diario Oficial de la Federación*. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>
- [133] El-Sayed, A.F.M. (2004, 12-16 de septiembre). Protein nutrition of farmed tilapia: Searching for unconventional sources. 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. [Conference]. Manila, Philippines. P. 364-378. https://www.researchgate.net/publication/237324012_Protein_nutrition_of_farmed_Tilapia_searching_for_unconventional_sources
- [134] Gisbert, E., Fernández, I. y Estévez, A. (2008, 24-27 de noviembre). Nutrición y morfogénesis: Efecto de la dieta sobre la calidad larvaria en peces. [Ponencia]. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Ensenada, Baja California; México. P. 46-78. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/135/133>
- [135] Tacon, A.G.J. (2008, 24-27 on November). Compound aqua feeds in a more competitive market: Alternative protein sources for a more sustainable future. [Conference]. IX International Symposium of Aquaculture Nutrition. Ensenada, Baja California; México. P. 1-5. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/129/127>
- [136] Toledo Pérez, S.J. y García Capote, M.C. (2019). Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. *Avances en Nutrición Acuicola*. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/292>
- [137] Dong, F.M. & Hardy, R.W. (2000). Feed evaluation, chemical. In: Stickney, R.R. (Editor). New York, USA: *Encyclopedia of Aquaculture*, John Wiley y Sons Inc.
- [138] Jones F.T. (2000). Quality control in feed manufacturing. Published in Avitech's Technical Bulletin. https://www.yumpu.com/en/document/read/29997374/quality-control-in-feed-manufacturing#google_vignette
- [139] Villarreal Cavazos, M.D.A., Guajardo Barbosa, Q.C., Ezquerro Brauer, D.J.M., Scholz, M.U., Cruz Suárez, D.L.E. y Ricque Marie, D.D. (2004, 16-18 de noviembre). Efecto de las micotoxinas en la

- nutrición de camarones peneidos. [Ponencia]. VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Hermosillo, Sonora; México, P. 463-479.
<https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/211>
- [140] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] e International Feed Industry Federation [IFIF]. (2014). Buenas prácticas para la industria de piensos. Implementación del Código de Prácticas sobre Buena Alimentación Animal. Manual de la FAO sobre Producción y Sanidad Animal. No 9. FAO e IFIF. https://images.engormix.com/externalFiles/6_FAO-BPM-alimentos.pdf
- [141] Bastardo, H., Medina, A. y Bianchi, G. (2007). Utilización de proteína no convencional en dietas para iniciador de trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*. AAPA-ALPA.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/89-Bastardo_Trucha.pdf
- [142] De la Cruz Méndez, L.C. (2010). Análisis proximal y microbiológico de harinas de fuentes no convencionales. [Tesis de Grado, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Tenosique de Pino Suárez, Tabasco, México]. Repositorio de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- [143] León Sánchez, R., Villanueva Cuevas, G.J., González Ledesma, I., García López, P.M., Ruiz López, M.A. y García Chávez, A.A. (2010). Evaluación de subproductos agropecuarios en nutrición de tilapias *Oreochromis sp.* Revista AquaTic, 32, 1-6. http://revistaaquatic.com/aquatic/pdf/32_01.pdf
- [144] Botello León, A., Viana, M.T., Téllez Girón, E., Pullés Ariza, E., Cisneros López, M., Solano Silveira, G., Valdivié, M., Miranda Miranda, O., Rodríguez Valera, Y., Cutiño Espinoza, M., Savón, L. y Botello Rodríguez, A. (2011). Sustitución de la harina de pescado por harina de caña proteínica para la engorda de tilapia roja. Revista Agrociencia, 45 (1), 23-31. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v45n1/v45n1a3.pdf>
- [145] Morillo, S.M., Visbal, B.T., Altuve, D., Ovalles, D.F. y Medina, G.A.L. (2013). Valoración de dietas para alevines de *Colossoma macropomum* utilizando como fuentes proteicas harinas de lombriz (*Eisenia foetida*), soya (*Glycine max*) y caraotas (*Phaseolus vulgaris*). Revista Chilena de Nutrición, 40(2), 147-154.
<https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v40n2/art09.pdf>
- [146] Mendiola Campuzano, J.V.H., Vera Quiñones, F.C., Alpuche Palma, A., Ramos Ferrer, J.R. y Barceló Gutiérrez, V.M. (2018). Análisis nutrimental, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. Revista Iberoamericana de Ciencias, 5(6), 12-24. <http://reibci.org/publicados/2018/dic/3200103.pdf>
- [147] Delgado Vidal, F.K., Gallardo Collí, A., Cuevas Pérez, L. y García Ulloa, M. (2009). Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. Avances en Investigación Agropecuaria, 13(2), 55-70. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2009/mayo/5.pdf>
- [148] Nguyen T., Allen, D.D. & Saoud, I.P. (2009). Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis spp.* Journal of the World Aquaculture Society, 40(1), 113-122. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00230.x>
- [149] Instituto Nicaraguense de la Pesca y Acuicultura [INAPESCA]. (2020). Dietas alternativas de bajo costo para la producción de peces como la tilapia. Boletín sobre la Acuicultura de Pequeña Escala y Recursos Limitados, 1-4. http://inpesca.gob.ni/images/Cartilla%20Nutricion%20Acuicola/Nutricion_20200427.pdf
- [150] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). Diagnóstico de la acuicultura de recursos limitados (AREL) y de la acuicultura de la micro y pequeña empresa (AMYPE) en América Latina. FAO. <https://www.fao.org/4/as235s/as235s.pdf>
- [151] Murillo Pacheco, R. y Gutiérrez Espinosa, M.C. (2016). Catálogo de materias primas alternativas como insumos potenciales para la elaboración de alimentos para acuicultura. Proyecto Tcp/Rla/3504, Alimentos alternativos (AREL). FAO, Instituto de Acuicultura de los Llanos (IALL), Universidad de los Llanos, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).
<https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/CATALOGO-MATERIAS-PRIMAS-3.pdf>

- [152] Gutiérrez Espinosa, M.C., Murillo Pacheco, R., Merino, M.C. y Flores Nava, A. (2016). Catálogo dietas piscícolas artesanales de bajo costo convalidadas con productores de recursos limitados. Proyecto Tcp/R1a/3504, Alimentos Alternativos (AREL). FAO, Instituto de Acuicultura de los Llanos (IALL), Universidad de los Llanos, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13297.94560>