

# **Análisis de las tendencias de la industria de la nutrición acuícola en Sinaloa, México, sus aportaciones al desarrollo regional y su énfasis hacia la sustentabilidad**

Griselda Karina González Félix<sup>1</sup>

Víctor Manuel Peinado Guevara<sup>2</sup>

Héctor José Peinado Guevara<sup>3</sup>

## **Resumen**

La acuicultura ha mantenido un crecimiento significativo en los últimos años, esto si se compara con la captura y extracción de animales marinos, así también, es una de las industrias más prometedoras a nivel mundial por la aportación de alimentos de calidad que se produce y que se vincula con la búsqueda de la seguridad alimentaria y a menores costos; no obstante, los costos de producción se han visto afectados por el valor de los alimentos que demandan los organismos acuáticos, estas predisposiciones han motivado a la industria de la producción de alimentos para organismos acuícolas, a buscar otras alternativas que permitan sostener los niveles de productividad acuícola.

El aumento y dependencia de la harina de pescado es una de las principales problemáticas para el crecimiento sustentable de la industria acuícola, este trabajo se centró en la revisión para evaluar algunas de las investigaciones realizadas en el estado de Sinaloa, donde se estudiaron organismos de importancia comercial para la entidad, como róbalo, tilapia, camarón y pargo, en todas ellas, se probaron distintas alternativas ante la harina de pescado, mismas que, su producción y origen son asequibles para los productores de alimentos de la región, ya que, en cada una de ellas se tiene capacidad de producción en el estado como: el cultivo de soya, garbanzo y enzimas; así mismo, ya existen otras alternativas, donde su fuente de origen pueden ser los desechos de otras industrias, lo cual representa una opción de materia prima aún más barata, en el que se pueden lograr niveles de producción sustentables.

En conclusión, actualmente existen diversas opciones que pueden ir reemplazando de forma paulatina la dependencia hacia la harina de pescado, sin embargo, estas deben cumplir con características de disponibilidad y sustentabilidad para considerar viable su utilización en la industria de la nutrición acuícola.

**Conceptos clave:** Acuicultura regional, alimentos acuícolas alternativos, nutrición acuícola

---

<sup>1</sup> Doctora. Profesora asignatura base. Universidad Autónoma de Sinaloa. Griselda.gonzalez@uas.edu.mx

<sup>2</sup> Doctor. Profesor investigador de tiempo completo. Universidad Autónoma de Sinaloa. victorpeinado@uas.edu.mx

<sup>3</sup> Doctor. Profesor investigador de tiempo completo. Universidad Autónoma de Sinaloa. hpeinado75@uas.edu.mx

## Introducción

La producción y el consumo de organismos acuáticos a nivel mundial ha tenido un gran impacto en los últimos años debido a su importancia económica y social, ya que gracias a esta actividad se generan alimentos de importancia nutricional; aunado a su aportación económica, esta práctica ha cobrado mayor impacto debido a la alta demanda de estos alimentos en los mercados internacionales y los precios que estos pueden alcanzar (Garlock et al., 2022; Miranda et al., 2023).

La industria acuícola genera millones de empleos directos e indirectos a nivel mundial, incluyendo todo tipo de puestos en las granjas acuícolas y aquellos empleos incluidos en la cadena de suministro, como transportistas y comerciantes finales (Rimbaldo Luzon et al., 2024). Por brindar una fuente sostenible y accesible de proteína animal, la acuicultura desempeña un papel esencial en la seguridad alimentaria mundial, especialmente crucial en áreas donde la proteína animal es más costosa. Desde 1990, el consumo global de pescado ha aumentado un 122 %. En la actualidad, más del 50 % de este consumo proviene de la acuicultura y durante la próxima década se prevé que este porcentaje supere el 60 % (Boyd et al., 2020; FAO, 2021).

La intensificación de esta industria ha aumentado la demanda de alimentos para organismos acuáticos, no solo en México, sino a nivel mundial, mismos alimentos que son producidos con una alta calidad nutricional, la cual permite obtener organismos con grandes tallas comerciales y con un producto final de calidad (Monroy Acosta, 2021). La mayoría de los organismos acuáticos son ricos en nutrientes esenciales, incluidos ácidos grasos, omega-3, vitaminas y minerales, que son vitales para la salud humana, complementando así una alimentación de calidad, encaminado hacia una seguridad alimentaria (Russo et al., 2021).

Por su lado, Sinaloa, México posee ventajas geográficas que le ha permitido llevar a cabo la cría y producción de organismos acuáticos de manera intensiva y con mayor productividad, de manera que se ha posicionado como una de las regiones más importantes del país por la eficiencia de sus empresas productoras, comercializadoras y/o exportadoras de organismos acuáticos (León-Balderrama et al., 2021).

La calidad nutricional de los alimentos acuícolas es atribuida principalmente a la harina de pescado, ingrediente principal de la mayoría de las dietas animales, esto es debido a su alto valor en nutrientes proteicos, alcanzando entre un 70 a un 80 % de proteínas de alta digestión, estas proteínas contienen gran parte de los aminoácidos esenciales en concentraciones ideales para la nutrición acuícola, así como otras industrias de la nutrición animal, sin embargo, las propiedades nutricionales de la harina de pescado comercial, solo es apta para consumo animal y no humano (FAO 2002; Núñez Sarango, 2021; Hussain et al., 2024).

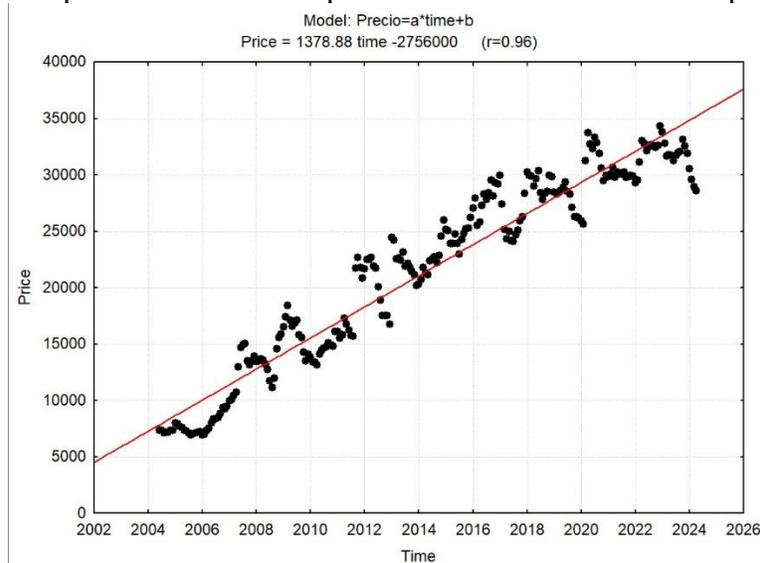
El aumento de la demanda de harina de pescado como resultado de la expansión de la acuicultura, tiene muchos desafíos en cuanto a la sostenibilidad de sus recursos y el impacto ambiental que ha generado a lo largo del tiempo, esto debido al origen de la materia prima de harina de pescado, ya que esta consiste en pequeñas especies de peces pelágicos y son utilizados porque que son parte esencial de la cadena alimenticia en especies acuáticas y manejan un bajo costo para los mercados (Perón Mittaine y Le Gallic, 2010; Berger, 2020).

Por otro lado, la alta demanda de la harina de pescado ha desencadenado la sobreexplotación de estos recursos marinos, por lo que ha ocasionado un alza en sus precios y una baja seguridad biológica, lo que ha provocado una disminución en número en su hábitat natural de las especies de peces silvestres (Kok et al., 2020; Macusi et al., 2023).

ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA DE LA NUTRICIÓN ACUÍCOLA EN SINALOA,  
MÉXICO, SUS APORTACIONES AL DESARROLLO REGIONAL  
Y SU ÉNFASIS HACIA LA SUSTENTABILIDAD

La harina de pescado ha experimentado, en los últimos veinte años, aumentos importantes en sus precios de venta en los mercados internacionales (precios en dólares americanos por tonelada), entre el precio más bajo registrado en noviembre de 2004 de 645 USD por tonelada métrica hasta la fecha, donde su último precio por tonelada por harina de pescado registrado fue de 1,701.83 USD en abril de 2024, con una diferencia de más de 1,000 USD en veinte años. Aunado a esto, el registro histórico de sus precios permitió predecir una tendencia lineal en el aumento de los precios en el tiempo con una  $r=0.96$  (ver figura 1) (INDEXMUNDI, 2024).

Figura 1. Histórico de precios de harina de pescado en dólares americanos por tonelada métrica.

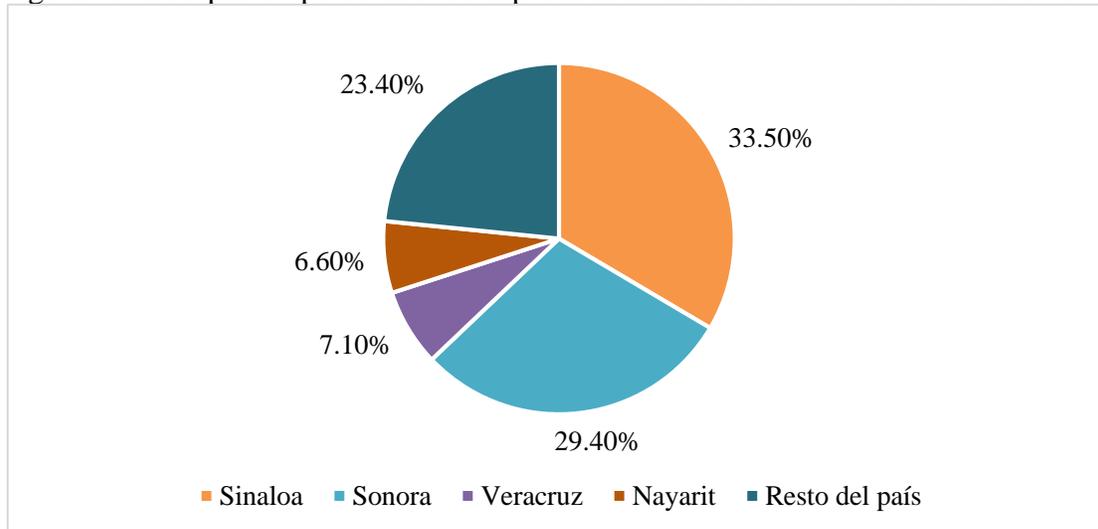


Por esta razón, los costos de alimentación en la acuicultura se han visto afectados en estos años que se analizaron, donde esta variable ha llegado a representar desde el 50 al 70 % de los costos totales de producción (Ansari et al., 2021; Hussain et al., 2024).

Todo lo antes mencionado, destaca la necesidad de investigaciones para la búsqueda de soluciones innovadoras, mismas que permitan disminuir la dependencia de la industria de la producción de acuícola hacia los recursos marinos y, al mismo tiempo, garantizando la sostenibilidad a largo plazo de la acuicultura, sobre todo, considerando que la acuicultura es una herramienta indispensable que permite generar fuentes de ingreso estables, principalmente en áreas vulnerables ante eventos como cambio climático y fragilidad económica, donde la productividad de alimentos juega un papel fundamental, principalmente en países en vías de desarrollo, donde el sector primario tiene el potencial de fortalecer a las comunidades locales, otorgándoles mayor control sobre sus recursos y fomentando su progreso económico (Cruz Souza, 2008; Leguizamón y Parra, 2017; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020).

De acuerdo con datos de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA, 2022), Sinaloa ha sido reconocido a nivel nacional por la productividad y calidad en su pesca y acuicultura, aportando el 33.5 % de la participación porcentual en la producción acuícola en el año 2022, contando con 1,582 unidades de producción, donde especies como el camarón, destacan entre sus productos principales, tanto en volumen como en importancia comercial (ver figura 2).

Figura 2. Participación porcentual de la producción acuícola en México en el año 2022.



Fuente: elaboración propia con datos de CONAPESCA (2022).

En entidades como el estado de Sinaloa, se deben priorizar las investigaciones encaminadas hacia la búsqueda de alternativas alimentarias sostenibles para organismos acuáticos, en un sector productivo de suma importancia como la acuicultura. Si bien, la harina de pescado se ha destacado por su alto valor nutricional, existen otras fuentes de proteína que resultan viables para su aplicación en la alimentación de estos, donde muchas de estas opciones resultan factibles, no solo desde un punto de vista biológico, sino también sustentable y económico, priorizando así, toda aquella materia prima que los acuicultores y/o empresas productoras de alimentos acuícolas puedan tener acceso a ellas.

La finalidad de esta investigación es analizar desde un punto de vista descriptivo y documental, las más recientes aportaciones que ha tenido la investigación en la industria de la nutrición acuícola, todo esto con una inclinación por alternativas de alimentos con fuentes de proteína sustentables, económicamente viables y, que además disminuyan el uso y dependencia de la harina de pescado. Cabe mencionar que las investigaciones que se utilizaron en este trabajo pertenecen a estudios realizados con especies de importancia económica para el estado de Sinaloa, México, así como también, las alternativas presentadas en estos trabajos utilizan materia prima que se consideró viable para su aplicación y posible futuro uso a grandes escalas en las granjas productoras acuícolas.

### **Alternativas de origen vegetal**

En la acuicultura, una de las primeras alternativas de alimentación a la harina de pescado que se dieron a conocer fueron las fuentes de origen vegetal, mismas que han sido motivo de discusión en infinidad de investigaciones. Se ha demostrado que, al hacer uso de fuentes vegetales se requiere balancear las dietas para asegurar que los peces reciban todos los nutrientes esenciales y minimizar la presencia de factores antinutricionales, siendo la principal limitante de estos ingredientes (Samtiya et al., 2020; Krogdahl et al., 2022; Woyengo, 2022; Arbab Sakandar et al., 2023).

ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA DE LA NUTRICIÓN ACUÍCOLA EN SINALOA, MÉXICO, SUS APORTACIONES AL DESARROLLO REGIONAL Y SU ÉNFASIS HACIA LA SUSTENTABILIDAD

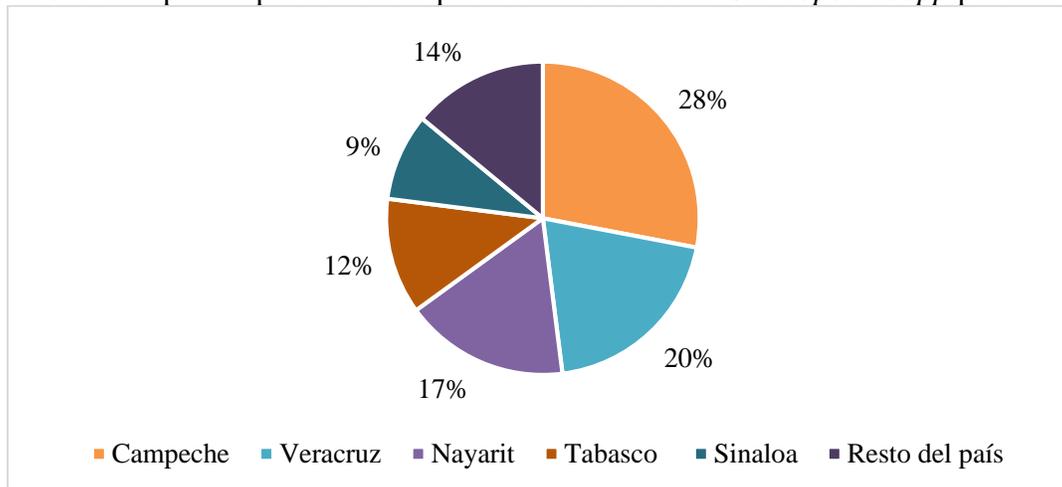
La producción de proteínas de origen vegetal tiene un menor impacto ambiental, ya que implica un menor uso de agua para su producción, aunado a una menor emisión de gases de efecto invernadero si se compara con la pesca furtiva; de esta forma, al optar por este tipo de proteínas, se reduce el potencial de calentamiento global en un 71 %, se disminuye la huella ecológica en un 48 % así como los costos de producción hasta un 61 % (Donoso Arancibia, 2021; Quesada y Gómez, 2019).

La harina de soya es una fuente de proteína ampliamente utilizada debido a su disponibilidad, perfil equilibrado de aminoácidos y, sobre todo, su rentabilidad; además, los subproductos de este grano se pueden utilizar como un recurso renovable, lo que mejora aún más su sostenibilidad en las dietas acuícolas (Kari et al., 2023; Bhatnagar et al., 2017).

De acuerdo con investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2023), se estima que, para producir soya en el estado de Sinaloa, los costos pueden llegar a ser menores a los \$15,000.00 MXN por hectárea, con un precio de cosecha que oscila alrededor de \$11,300.00 MXN por tonelada, considerando que la soya empleada en el estudio sea libre de plaguicidas y nitrógeno. El cultivo de soya en el estado de Sinaloa estuvo prohibido por más de 25 años, sin embargo, el regreso de este cultivo en el ciclo primavera-verano 2020, se realizó bajo el esquema de un plan piloto de prácticas agroecológicas, lo que implicaba uso de microorganismos, control biológico de plagas, logrando mayores rendimientos, disminución de los costos de producción y un producto que se clasifica como orgánico (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2020).

Por su lado, la soya como ingrediente en la nutrición acuícola, se presenta como una de las investigaciones más recientes realizadas por Arriaga-Hernández et al. (2021), quienes utilizaron productos derivados de la soya en la producción de róbalo blanco *Centropomus viridis*, especie considerada relevante por su importancia comercial para el estado de Sinaloa, donde la entidad ocupa el quinto lugar a nivel nacional en cuanto a volumen de producción (ver figura 3).

Figura 3. Participación porcentual de producción de Róbalo *Centropomus spp* por entidades



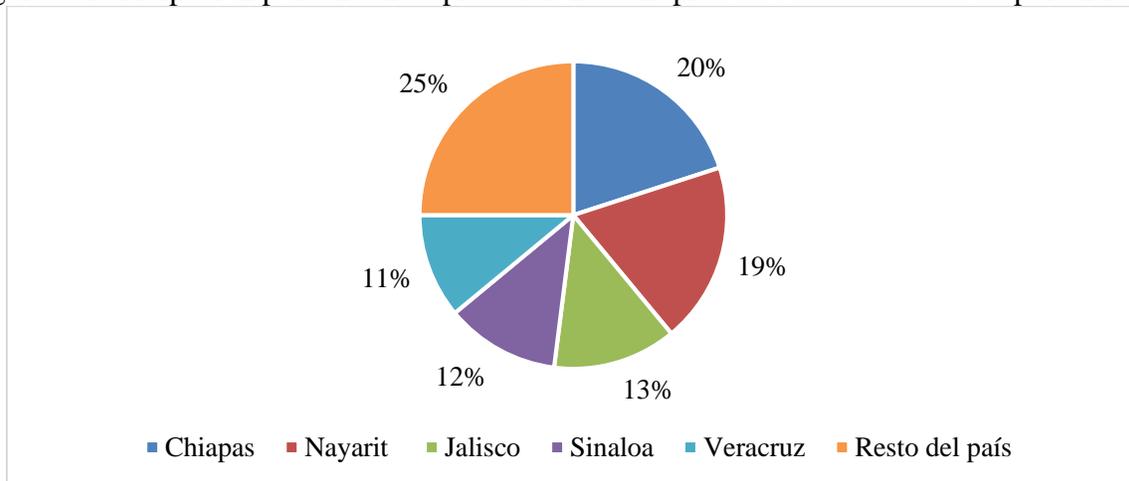
Fuente: elaboración propia con datos de CONAPESCA (2022).

En esta investigación, se reemplazó de manera parcial la harina de pescado por productos derivados de la soya, lo cual condujo a un aumento en el contenido de grasa de todo el cuerpo del róbalo blanco, todo esto, sin afectar la tasa de crecimiento y el factor de conversión alimenticia.

De esta manera, si se utilizan productos provenientes de la soya, para su uso como alternativa ante el posible reemplazo de la harina de pescado, se está contribuyendo al sector productivo primario desde distintas perspectivas: ecológica, al disminuir la dependencia de la harina de pescado y el uso de una proteína vegetal con potencial de producción sostenible, y una perspectiva económica, dando pauta al crecimiento y productividad de dos industrias, agrícola y acuícola.

Otra de las especies acuícolas de mayor importancia en Sinaloa, México es la producción de tilapia *Oreochromis niloticus*, comúnmente conocida como mojarra tilapia; el cultivo de este pez se ha caracterizado por mejorar la calidad de vida de las personas en los países considerados en vías de desarrollo, alcanzándose mayores ingresos en los hogares, seguridad alimentaria y los valores nutricionales a través del aumento del consumo de proteínas de bajo costo (Munguti et al., 2022). En la entidad, el cultivo de tilapia es de importancia comercial, ya que Sinaloa se encuentra en cuarto lugar a una escala nacional en cuanto a la contribución de su producción (ver figura 4).

Figura 4. Participación porcentual de producción de tilapia *Oreochromis niloticus* por entidades



Fuente: elaboración propia con datos de CONAPESCA (2022).

El éxito del cultivo de este organismo se debe principalmente a que alcanza su talla comercial en un periodo más rápido que otras especies, su capacidad de reproducción y su adaptación para vivir en cautiverio y en altas densidades (Reyes-Trigueros et al., 2023). Estudios realizados en México por Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO, 2017) destacan que la rápida expansión del cultivo de este organismo entre los productores es que la tilapia acepta una gran variedad de fuentes de alimentos, convirtiéndolo en un cultivo altamente rentable. De esta forma, investigaciones en cuanto a la diversificación y búsqueda de fuentes alternativas de proteína, para la alimentación de este organismo, han sido muy variadas.

Muñoz-Peñuela et al., (2021) en su investigación utilizaron garbanzo *Cicer arietinum* extruido como reemplazo de forma parcial a la harina de pescado, donde se obtuvo el mismo crecimiento en los organismos alimentados con proteína animal, lo que se describe a esta legumbre como una alternativa viable, obteniendo peces con la misma talla comercial, lo que indica que los mismos rendimientos, se pueden alcanzar a menores costos en su alimentación y producción, investigación realizada también en Sinaloa, México.

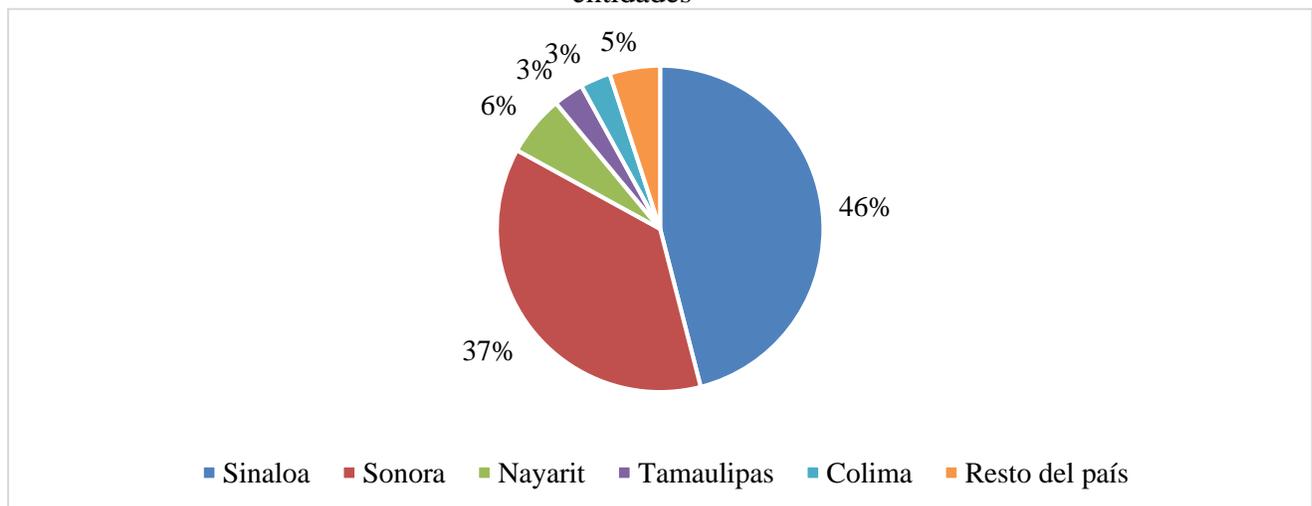
ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA DE LA NUTRICIÓN ACUÍCOLA EN SINALOA, MÉXICO, SUS APORTACIONES AL DESARROLLO REGIONAL Y SU ÉNFASIS HACIA LA SUSTENTABILIDAD

El utilizar opciones de alimentación animal con materia prima disponible en la región, es una ventaja competitiva para la industria de la producción de alimentos para animales, sobre todo tratándose de granos como el garbanzo, el cual representa uno de los cultivos más importantes en cuanto a superficie en el estado de Sinaloa, registrando en el año 2023, primer lugar a nivel nacional, con una producción de alrededor de 88,000 toneladas (Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Sinaloa, 2024).

Utilizar proteína de origen vegetal como el garbanzo, le da ciertas ventajas como ingrediente en las dietas animales, las investigaciones indican que los garbanzos poseen altos niveles de proteína, fibra y compuestos bioactivos, lo que los hace adecuados para formulaciones de dietas animales, incluyendo la producción de organismos acuáticos (Nambo Santiago et al., 2023). Al tratarse de un producto que tiene una gran disponibilidad en la región, representa una opción asequible, económica y por ende sustentable, sobre todo cuando se usan los subproductos derivados de este grano, generando una disminución en los costos de producción que utilicen esta fuente como materia prima en su fabricación.

El garbanzo por sus altas propiedades nutricionales ha sido probado en otras especies de gran importancia como lo es el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* que, por su alta demanda alimenticia, a nivel nacional, el volumen de producción de camarón lo posiciona en tercer lugar, sin embargo, gracias a su precio en los mercados, representa el organismo acuático más importante a nivel nacional (CONAPESCA, 2022). De igual forma, en Sinaloa, gracias a la capacidad de producción de camarón que se tiene, aunado a los precios que se manejan en los mercados internacionales, la camaronicultura es la industria acuícola más importante en el estado (CONAPESCA, 2018). En la figura 5, se puede observar como el estado de Sinaloa se encuentra en primer lugar, en cuanto al volumen de producción de este crustáceo, aportando casi la mitad del volumen a nivel nacional con un 46 %.

Figura 5. Participación porcentual de producción de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* por entidades



Fuente: elaboración propia con datos de CONAPESCA (2022).

Las investigaciones que aporten alternativas de proteína para la alimentación en camarón suelen ser muy variadas y, sobre todo especializadas, debido a los requerimientos nutricionales de estos organismos, a diferencia de los peces que tienen una mejor capacidad para adaptarse a dietas

carnívoras, herbívoras u omnívoras (Arenas et al., 2022) mientras que, en el caso de los camarones tienen una capacidad digestiva en particular, ya que la ingesta del alimento suele ser manera constante, lo que afecta principalmente la calidad y estabilidad en los pellets, esperando que estos no se lixivien y pierdan su calidad al entrar en contacto con el agua, se logre una adecuada absorción de nutrientes y que además, puedan aumentar la palatabilidad y la tasa de crecimiento (Emerenciano et al., 2024; Husain Nottanalan et al., 2024).

Tejeda-Miramontes et al. (2023), evaluaron en el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* el uso de harina de garbanzo, en distintos porcentajes de reemplazo, donde, al igual que Muñoz-Peñuela et al., (2021), el crecimiento de los organismos fue estadísticamente igual que aquellos que solamente se alimentaron con harina de pescado, lo que posiciona a la harina de garbanzo extruido como una fuente potencial de origen vegetal para la disminución de proteína animal, que si bien, los reemplazos no son totales, al tratarse de especies con requerimientos nutricionales especializados, este tipo de investigaciones generan un impacto en cuanto a la rentabilidad y sostenibilidad de ingredientes alternativos en la nutrición acuícola.

## Subproductos

El uso de subproductos en la elaboración de alimento animal ha sido una opción muy estudiada, debido a la inestabilidad en cuanto a su disponibilidad y, por ende, a la fluctuación de sus precios en los mercados. Sin embargo, una de las vías hacia su manejo sostenible, es el uso adecuado de los subproductos, los cuales ayudan a mitigar los problemas ambientales y mejorar la salud humana, dado a que sí se reutilizan como alimentos, se promueve el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento adecuado de estos subproductos y así generar alimentos con un mayor valor agregado (Ordaz-Rodríguez et al., 2022; Cardoza-Ramírez et al., 2021).

En la investigación realizada por Leyva-López et al. (2020) en Mazatlán Sinaloa, se usaron distintas fuentes de proteína, destacan la utilización de subproductos derivados de animales terrestres, como desperdicios de carne de cerdo y aves de corral; estos suplementos se utilizaron para la alimentación de pargo rosado manchado *Lutjanus guttatus*, el cual, es un organismo de importancia comercial, puesto que, Sinaloa es uno de los siete estados que se reportan cultivos de engorde de juveniles silvestres de baja escala; sin embargo, una de las principales limitantes técnicas para la producción de pargo, es la falta de alimentos balanceados comerciales específicos para los diferentes periodos de vida de la especie, lo que ha intensificado aún más la búsqueda de opciones alimentarias para esta especie (Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable [IMIPAS], 2018).

Se demostró que, el contenido de la microbiota intestinal residente y transitoria del pargo rosado manchado no se ven afectados por la sustitución de fuentes de proteína, por lo que, el uso de reemplazos de la harina de pescado por otras fuentes de menor costos, como lo son los subproductos, resultan de gran importancia en el cultivo de estas especies, cuya información coadyuve a la estandarización y determinación de metodologías para su cultivo, sugiriendo así, una alternativa de alimentación de bajo costo para *L. guttatus*, promoviendo un cultivo de pargo bajo un contexto más sostenible (Leyva-López et al., 2020).

En la actualidad, el uso de harina de carne y huesos en alimentos para peces se emplean con frecuencia y con éxito en inclusiones de bajo nivel o en combinación con otras fuentes de proteína, sin alterar parámetros de crecimiento, digestibilidad, factor de conversión alimenticia, entre otras variables de producción (Hernández et al., 2016).

La utilización de subproductos de animales terrestres en la producción de alimentos en la acuicultura fomenta la eficiencia de los recursos y disminuye la producción de desechos, jugando un papel fundamental en la mejora de la sostenibilidad, ya que promueve la disminución de los impactos ambientales en la generación de desechos, lo que contribuye a un sistema de producción más sostenible (Georganas et al., 2023; Schedle, 2016). Este tipo de desechos, suelen ser ricos en nutrientes esenciales, y de esta manera se pueden reciclar de manera práctica para generar fuentes ricas en proteínas y minerales para las especies acuícolas, lo que da como resultado una eficiente utilización de los alimentos y al mismo tiempo permite reducir la huella de carbono que provoca la producción de alimentos para animales acuícolas (Iskakov y Sugirbay, 2023; Wo y Song, 2021).

### **Enzimas exógenas**

Recientemente, las enzimas han tomado una gran popularidad en la producción de alimentos para animales acuáticos, esto debido a que desempeñan un papel crucial en el mejoramiento de la digestibilidad, la absorción de nutrientes y los parámetros generales de crecimiento (Liang et al., 2022).

De acuerdo con Sánchez-Alcalde et al. (2023), la adición de enzimas digestivas en la producción de alimentos acuícolas, pueden lograr que, fuentes alternativas a la harina de pescado como las de origen vegetal puedan alcanzar reemplazos de hasta un 100 % sin afectar las variables biológicas de los organismos, mismas que, los porcentajes de inclusión pueden verse afectados por factores antinutricionales, la cual ha sido la principal limitante para el uso de proteínas vegetales en dietas animales y las enzimas pueden llegar a inactivarlos, por tanto, la disminución de la dependencia de la harina de pescado, hace a la adición de enzimas exógenas una opción que permita seguir manteniendo la sostenibilidad de la acuicultura (Samtiya et al., 2020; Félix y Selvaraj, 2004).

La importancia comercial de la producción de camarón en Sinaloa, tal como se describió anteriormente, ha promovido la diversificación e intensificación en la búsqueda de alternativas factibles para la harina de pescado, es así como, la adición de distintas mezclas de enzimas también se ha probado en este crustáceo con éxito, tal como lo demostrado por Sánchez-Alcalde et al. (2023), donde, mediante la adición de enzimas a los alimentos, mejoró variables como crecimiento, peso, supervivencia, digestibilidad y actividad enzimática del hepatopáncreas. Así mismo, en esta investigación se encontró que se disminuyeron los niveles de amonio  $N-NH_4$  en el agua de cultivo, el cual representa uno de los principales desechos de las granjas acuícolas.

La presencia de altos niveles de amonio en las aguas residuales de las granjas productoras de camarón plantea un desafío significativo para los procesos de tratamiento, afectando la eficiencia de la eliminación de contaminante (Hai et al., 2023), ya que se ha demostrado que solamente el 30 % del nitrógeno contenido en la proteína del alimento, es consumido por los organismos acuáticos, mientras que, el 70 % restante queda en el agua, esto entre el alimento no consumido y la excreción de los animales (Naspirán-Jojoa et al., 2022).

Los estudios han demostrado que, la carga contaminante de los desechos de las granjas camaroneras incluye altas concentraciones de amoníaco libre y nitrato, superando los estándares de calidad para las fuentes de agua (Sumantra et al., 2022).

El contar con opciones que además de disminuir el uso de proteínas animales, permite la disminución de desechos como el amonio, resulta una herramienta esencial para la sostenibilidad

de la acuicultura, y que además pueden seguir manteniendo el eje como una actividad generadora de alimentos de calidad y sobre todo encaminada hacia las prácticas sustentables.

## **Discusiones**

Las tendencias en cuanto al incremento de la demanda en la industria acuícola se fortalecen año tras año, donde, consecuentemente el incremento en la demanda de alimentos acuícolas es cada vez mayor, por lo que, es indispensable el contribuir al mejoramiento e investigaciones en búsqueda de alternativas de valor, tomando esta perspectiva, el hablar de una fuente alternativa valiosa de proteína animal; estas deben contar con ciertas características: deben ser renovables, fomentar la disminución de su huella de carbono y, sobre todo, el utilizar poca agua (Sánchez-Muros et al., 2018).

De manera contradictoria, muchas de las especies utilizadas para la fabricación de la harina de pescado, ya sean desechos de estas mismas, son peces que siguen formando parte de la dieta humana, es decir, es una industria que, indirectamente, compite con la alimentación humana, sobre todo en países donde la industria y procesamiento de peces no es una de sus ventajas competitivas, sino más bien, la pesca para consumo humano directo, especialmente en zonas de países en vías de desarrollo (Rehbein, 2016; Malaweera y Wijesundara, 2014). Lo anterior mencionado, destaca la importancia de una gestión sostenible de los recursos provenientes del mar, independientemente del uso o fin que se le vaya a dar.

Un enfoque integral de la nutrición animal considera su impacto en varios sectores como la productividad, la sostenibilidad ambiental, el bienestar animal y la seguridad alimentaria, enfatizando la necesidad de un mejor conocimiento, soluciones tecnológicas y desarrollo de políticas para garantizar una producción de alimentos adecuada, segura y nutritiva de manera humana (Makkar, 2016). La participación e innovación de los sectores productores de alimentos se deben analizar y vincular la investigación orientada a problemas y soluciones con la investigación fundamental (Partelow et al., 2023).

En Sinaloa, las actividades del sector primario han manifestado un crecimiento promedio del 3 %, esto en comparación con promedio nacional del 2.5 %, por lo que, una correcta difusión del conocimiento por parte de instituciones educativas, de investigación, organismos internacionales entre otros, son de gran importancia a la contribución al sector agroalimentario (SIAP, 2018). Siendo así, el sector agrícola y acuícola de los de mayor relevancia, debido a su impacto en la economía regional, que genera interés en la colaboración intersectorial que estos pueden crear en la aportación de alternativas encaminadas hacia el desarrollo regional de sus habitantes, con opciones como las proteínas vegetales, o bien, los subproductos agroindustriales utilizados previamente en la fabricación de alimentos animales con opciones viables; solo que, el utilizar una materia prima propia de la región, permite una disminución de los costos y de desechos orgánicos.

Del mismo modo, en Sinaloa ya se han desarrollado otras investigaciones enfocadas hacia la producción de alimentos humanos con rumbo hacia la sostenibilidad (López Soto y Rodríguez Apodaca, 2024; Maldonado Hernández, 2024; Verdugo Araujo y Lara Ponce, 2023), por lo que, sus productores conociendo su importancia, ya tienen un panorama previo de las implicaciones y ventajas de estos sistemas de producción, así mismo, la generación de alimentos para animales con un enfoque de sustentabilidad ya es una premisa en esta industria, sobre todo con gran potencial en el estado de Sinaloa.

## ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA DE LA NUTRICIÓN ACUÍCOLA EN SINALOA, MÉXICO, SUS APORTACIONES AL DESARROLLO REGIONAL Y SU ÉNFASIS HACIA LA SUSTENTABILIDAD

En general, estas prácticas sostenibles tienen como objetivo mejorar la salud animal, reducir el impacto ambiental y contribuir a la sostenibilidad general del sistema alimentario, aprovechando ejes económicos en los que Sinaloa tiene un gran impacto: la producción acuícola, con organismos acuáticos importantes dentro de los mercados internacionales, el aprovechamiento de subproductos de otras industrias y el potencial de producción de otras fuentes que permitan reducir nuestra huella de carbono (Kumuar y Goswami, 2024; Sonea et al., 2023).

### Conclusiones

Las alternativas en la nutrición acuícola deben cumplir ciertas características para que sean consideradas como factibles, es decir, que estas no representen un problema de accesibilidad y disponibilidad, tanto para los productores de alimentos como para los acuicultores, que pueda ocasionar elevar los precios de mercado de su producto final ocasionado por el aumento de costos de alimentación.

Existen distintas opciones que pueden ir reemplazando de forma paulatina la dependencia hacia la harina de pescado, estas son más económicas y estables en términos de suministro y precio. Reducir la dependencia de la harina de pescado puede proteger a los productores de acuicultura y ganadería de la volatilidad del mercado y de posibles interrupciones en el suministro.

La industria de la nutrición acuícola en Sinaloa, México, ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsada por la alta demanda de productos acuícolas, como el camarón y la tilapia. Sinaloa es uno de los principales estados productores de camarón en México, lo que hace que la nutrición de especies acuícolas sea un factor crucial para la eficiencia productiva.

Las dietas formuladas de manera precisa, adaptadas a las necesidades específicas de cada especie y etapa de desarrollo, están ganando protagonismo, tanto en Sinaloa como en el mundo. Estas prácticas aseguran un crecimiento más rápido y saludable de los animales acuáticos, mejorando el rendimiento general. Todas estas ventajas en los alimentos con aditivos que mejoran la inmunidad y la salud de los animales acuáticos, esto a su vez, está haciendo cada vez más popular como un medio para reducir el uso de antibióticos, mismos que pueden afectar de manera directa los recursos naturales como el agua.

En lugares como Sinaloa, donde una actividad productora de alimentos como la acuicultura tiene un gran impacto en la economía regional, el precio de ingredientes es clave, e insumos como la harina y el aceite de pescado, siguen teniendo precios muy volátiles, lo que afecta principalmente su rentabilidad. Aunque hay esfuerzos por mejorar la sostenibilidad, la transición a ingredientes alternativos todavía enfrenta desafíos técnicos y de aceptación en el mercado.

### Referencias literarias

- Ansari, F. A., Guldhe, A., Gupta, S. K., Rawat, I., y Bux, F.** (2021). "Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae". *Environmental Science and Pollution Research*, 28(32), 43234-43257.
- Arbab Sakandar, H., Chen, Y., Peng, C., Chen, X., Imran, M., y Zhang, H.** (2023). "Impact of fermentation on antinutritional factors and protein degradation of legume seeds: A review". *Food Reviews International*, 39(3), 1227-1249.

- Arenas, M., Barreto, A. y Gaxiola Cortés, M. G.** (2022) “Habilidad de tres especies de peces tropicales de hábitos carnívoros para utilizar carbohidratos: Robalo blanco (*Centropomus undecimalis*), Mero rojo (*Epinephelus morio*) y Pargo canané (*Ocyurus chrysurus*)”, *Avances en Nutrición Acuícola*, 1(1), pp. 263–283. Disponible en: <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/371>
- Arriaga-Hernández, D., Hernández, C., Martínez-Montaña, E., Ibarra-Castro, L., Lizárraga-Velázquez, E., Leyva-López, N., y Chávez-Sánchez, M. C.** (2021). “Fish meal replacement by soybean products in aquaculture feeds for white snook, *Centropomus viridis*: Effect on growth, diet digestibility, and digestive capacity”. *Aquaculture*, 530, 735823.
- Berger, C.** (2020). “La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú”. *South Sustainability*, 1(1), e003-e003.
- Bhatnagar, A., Rajharia, N., y Dhillon, O.** (2017). “Intestinal enzyme activities, Carcass biochemical composition and growth performance evaluation of *Cirrhinus mrigala* fed on heat processed soybean (*Glycine max*) supplemented diets”. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2(4), 264-269.
- Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., ... y Valenti, W. C.** (2020). “Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges”. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3), 578-633.
- Cardoza Ramirez, A. L., Guerra Espinoza, M. G., y Palomino Ramos, A. R.** (2021). “Uso de hidrolizados de pescado en la acuicultura: una revisión de algunos resultados beneficiosos en dietas acuícolas”. *Manglar*, 18(2), 215-222.
- Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Sinaloa [CIEGSIN]** (2024). Estadísticas de Sinaloa. <https://estadisticas.sinaloa.gob.mx/inicio.aspx>
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA)** (2018). Cultivo de camarón, producción acuícola de calidad. <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/cultivo-de-camaron-produccion-acuicola-de-calidad?idiom=es#:~:text=De%20los%2016%20estados%20productores,con%204%2C927%20millones%20de%20pesos.>
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA)** (2022). Estadística de acuicultura y pesca relativa a los principales aspectos económicos y sociales. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
- Cruz Souza, F.** (2008). “Empoderamiento y sostenibilidad en el desarrollo rural: trampas de la racionalidad productivista”. *Anduli*, 7, 91-104.
- Donoso Arancibia, P. M. C.** (2021). Evaluación comparativa de la producción de fuentes proteicas de origen animal y vegetal.
- Emerenciano, M. G., Rombenso, A. N., Vieira, F. D. N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., ... y Simon, C. J.** (2022). “Intensification of penaeid shrimp culture: an applied review of advances in production systems, nutrition and breeding”. *Animals*, 12(3), 236.

- FAO.** 2002. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). INOCUIDAD Y COMERCIO DE LA HARINA DE PESCADO. Alemania. <https://www.fao.org/4/Y6127S/Y6127S.htm#:~:text=La%20harina%20de%20pescado%20es,pescado%20o%20desecho%20de%20pescado.>
- Felix, N., y Selvaraj, S.** (2004). “Enzymes for sustainable aquaculture”. *Aquaculture Asia*, 9, 5-6.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido [FIRCO]** (2017). Producción de Tilapia a través de la Acuicultura. <https://www.gob.mx/firco/es/articulos/produccion-de-tilapia-a-traves-de-la-acuicultura?idiom=es>
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Ceballos-Concha, A., Love, D. C., Osmundsen, T. C., y Pincinato, R. B. M.** (2022). “Aquaculture: The missing contributor in the food security agenda”. *Global Food Security*, 32, 100620.
- Georganas, A., Giamouri, E., Pappas, A. C., Zoidis, E., Goliomytis, M., y Simitzis, P.** (2023). “Utilization of agro-industrial by-products for sustainable poultry production”. *Sustainability*, 15(4), 3679.
- Hai, T. M., Tung, N. T., Duong, N. T., Tu, N. C., Quan, N. T., y Chau, N. H.** (2023). “The effects of ammonium loading rates and salinity on ammonium treatment of wastewater from super-intensive shrimp farming”. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 61(5), 854-864.
- Hernández, C., González-Santos, A., Valverde-Romero, M., González-Rodríguez, B., y Domínguez-Jiménez, P.** (2016). “Reemplazo parcial de la harina de pescado con harina de carne y hueso, y harina de subproductos de atún en dietas para juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*”. *Revista latinoamericana de investigaciones acuáticas*, 44 (1), 56-64.
- Husain Nottanalan, Rajesh Kumar Maharana, Hafeef Roshan, Rameez Roshan P.M, Ashutosh D. D.** (2024) "REVOLUTIONIZING PENAEID SHRIMP FEEDING MONITORING: AN AI-BASED APPROACH TO FEEDING BEHAVIOUR ANALYSIS", Artificial Intelligence and Emerging Technologies, IP Series, Vol. 3, (35-61), e-ISBN: 978-93-6252-164-4,
- Hussain, S. M., Bano, A. A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A. F., ... y Naeem, A.** (2024). “Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability”. *Heliyon*.
- INDEXMUNDI** (2024). Precios de mercado. <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=harina-de-pescado&meses=180>
- Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable (IMIPAS)** (2018). Acuicultura. Pargo lunarejo. <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-pargo-lunarejo>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)** (2023) *Cultivo de soya aun con poblaciones de mosca blanca en Sinaloa*. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/cultivo-de-soya-aun-con-poblaciones-de-mosca-blanca-en-sinaloa>
- Iskakov, R., y Sugirbay, A.** (2023). “Technologies for the rational use of animal waste: A review”. *Sustainability*, 15(3), 2278.

- Kari, Z. A., Mat, K., Kabir, M. A., ZAL, W. A., Munir, M. B., Wei, L. S., y Téllez, I. G.** (2023). “Soybean by-product: As an alternative to fish meal as protein source for aquaculture industry”. *Journal of Sustainability Science and Management*, 18(5), 177-200.
- Kok, B., Malcorps, W., Tlustý, M. F., Eltholth, M. M., Auchterlonie, N. A., Little, D. C., ... y Davies, S. J.** (2020). “Fish as feed: Using economic allocation to quantify the Fish In: Fish Out ratio of major fed aquaculture species”. *Aquaculture*, 528, 735474.
- Krogdahl, Å., Kortner, T. M., y Hardy, R. W.** (2022). “Antinutrients and adventitious toxins”. In *Fish nutrition* (pp. 775-821). Academic Press.
- Kumar, R., y Goswami, M.** (2024). “Harnessing poultry slaughter waste for sustainable pet nutrition: a catalyst for growth in the pet food industry”. *J Dairy Vet Anim Res*, 13(1), 31-33.
- Leguizamón, N. Z. P., y Parra, M. Á. G.** (2017). “Empoderamiento de las comunidades rurales a través de la proyección social del conocimiento científico”. *Cultura científica*, (15), 124-133.
- León-Balderrama, J. I., Carrasco-Escalante, J. C., y Leyva-León, E.** (2020). “La topología y algunas características clave de la Red de Conocimiento de la acuicultura de camarón desarrollada en Ahome, Sinaloa”. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 30(56).
- Leyva-López, N., Osuna-García, E., Hernández, C., Gómez-Gil, B., Soto-Rodríguez, S., y Guerrero, A.** (2020). “A preliminary study of the effect of total fishmeal replacement with different dietary sources on the gut microbiota of spotted rose snapper juvenile (*Lutjanus guttatus* Steindachner, 1869)”. *Aquaculture Research*, 51(11), 4771-4784.
- Liang, Q., Yuan, M., Xu, L., Lio, E., Zhang, F., Mou, H., y Secundo, F.** (2022). “Application of enzymes as a feed additive in aquaculture”. *Marine Life Science & Technology*, 4(2), 208-221.
- López Soto, N., y Rodríguez Apodaca, J. R.** (2024). “Caracterización de abonos orgánicos elaborados de desperdicios de la industria alimentaria en el norte de Sinaloa, México: una alternativa para las prácticas agrícolas sustentable”. *Revista Ra Ximhai*, 20(3 Especial), 153-169.
- Macusi, E. D., Cayacay, M. A., Borazon, E. Q., Sales, A. C., Habib, A., Fadli, N., y Santos, M. D.** (2023). “Protein fishmeal replacement in aquaculture: A systematic review and implications on growth and adoption viability”. *Sustainability*, 15(16), 12500.
- Makkar, H. P.** (2016). “Animal nutrition in a 360-degree view and a framework for future R&D work: towards sustainable livestock production”. *Animal Production Science*, 56(10), 1561-1568.
- Malaweera, B.O., Wijesundara, W.M.N.M.** (2014). “Use of Seafood Processing By-products in the Animal Feed Industry”. In: Kim, SK. (eds) *Seafood Processing By-Products*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9590-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9590-1_15)
- Maldonado Hernández, I.** (2024). *Análisis de la sustentabilidad de sistemas de producción camaronícola en México* (Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo). Recuperado

del repositorio institucional: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/9c8d22a6-4b0b-4aeb-abb0-fa4762117320>

- Miranda, L. F., Albuérne, A. L. T., y Martínez, F. D. J. G.** (2023). “Un futuro de océanos desiertos: pesca, acuicultura y cambio climático”. *Revista Digital Universitaria*, 24(2).
- Monroy Dosta, M. del C.** (2022). “Alimentos Funcionales y su Aplicación en Organismos Acuáticos”. *Avances En Nutrición Acuicola*, 1(1), 455–471.
- Munguti, J. M., Nairuti, R., Iteba, J. O., Obiero, K. O., Kyule, D., Opiyo, M. A., ... y Ogello, E. O.** (2022). “Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) culture in Kenya: Emerging production technologies and socio-economic impacts on local livelihoods”. *Aquaculture, Fish and Fisheries*, 2(4), 265-276.
- Muñoz-Peñuela, M., García-Ulloa, M., Medina-Godoy, S., Rodríguez-González, H.** (2021). “Cull-chickpea meal as a partial substitute for fishmeal in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)”. *J. of Aquatic Science*, 12(2), pp. 1791-1796
- Nambo-Santiago, N.N, Herrera-Camacho, J., y Yahuaca-Juárez, B.** (2023). “Propiedades nutrimentales y funcionales de lenteja (*Lens culinaris*), haba (*Faba vicia L.*) y garbanzo (*Cicer arietinum*) como alternativa en la alimentación animal”. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31 (Suplemento), 103-108.
- Naspirán-Jojoa, D. C., Fajardo-Rosero, A. G., Ueno-Fukura, M., y Collazos-Lasso, L. F.** (2022). “Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA): una revisión”. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(1), 75-97.
- Núñez Sarango, F. A.** (2021). “Importancia de la harina de pescado como insumo proteico en elaboración de dietas balanceadas para camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Machala. Recuperado de repositorio institucional: <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17518/1/ECUACA-2021-IAC-DE00017.pdf>
- Ordaz-Rodríguez, S. B., Abadía-García, L., Femat-Díaz, A., y Mendoza-Sánchez, M.** (2022). “Learning to Revalue By-Products and their Application in Meat Products”. *Epistemus (Sonora)*, 16(33), 55-62.
- Partelow, S., Asif, F., Béné, C., Bush, S., Manlosa, A. O., Nagel, B., ... y Turchini, G. M.** (2023). “Aquaculture governance: five engagement arenas for sustainability transformation”. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 65, 101379.
- Péron, G., Mittaine, J. F., y Le Gallic, B.** (2010). “Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry”. *Marine policy*, 34(4), 815-820.
- Quesada, D., y Gómez, G.** (2019). “¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente”. *Revista de nutrición clínica y metabolismo*, 2(1), 79-86.
- Rehbein, H.** (2002) “Identification of the Fish Species Processed to Fish Meal”, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 11(3–4), pp. 45–56. Doi: 10.1300/J030v11n03\_05.

- Rimbaldo Luzon, C. A., Prado Carpio, E., Valarezo Macías, C. A., y Carvajal Romero, H.** (2024). “Análisis de la Producción y Exportación del Sector Camaronero en Ecuador”. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(1), 6682-6695.
- Russo, G. L., Langellotti, A. L., Oliviero, M., Sacchi, R., y Masi, P.** (2021). “Sustainable production of food grade omega-3 oil using aquatic protists: Reliability and future horizons”. *New Biotechnology*, 62, 32-39.
- Samtiya, M., Aluko, R. E., y Dhewa, T.** (2020). “Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview”. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2, 1-14.
- Sánchez-Alcalde, M. C., García-Ulloa, M., Montaña, E. M., Castro-Martínez, C., Álvarez-Ruíz, P., y González, H. R.** (2023). “Use of Enzyme Mixtures in Diets Based on Animal and Plant Ingredients for *Litopenaeus vannamei*: Effect on Digestibility, Growth, and Enzyme Activity”. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(10).
- Sánchez-Muros, M. J., Rentería, P., Vizcaino, A., y Barroso, F. G.** (2020). “Innovative protein sources in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) feeding”. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 186-203.
- Schedle K.** (2016) “Sustainable pig and poultry nutrition by improvement of nutrient utilisation – A review”. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, Vol.67 (Issue 1), pp. 45-60. <https://doi.org/10.1515/boku-2016-0005>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]** (2020). Exitosos, los procesos sustentables de producción de maíz y soya en Sinaloa. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/exitosos-los-procesos-sustentables-de-produccion-de-maiz-y-soya-en-sinaloa?idiom=es>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)** (2018). Infografía Agroalimentaria 2018. <https://estadisticas.sinaloa.gob.mx/documentos/Infografiasagroalimentarias/Sinaloa-Infografia-Agroalimentaria-2018.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)** (agosto, 2020). La importancia del sector primario en México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-importancia-del-sector-primario-en-mexico?idiom=es>
- Sonea, C., Gheorghe-Irimia, R. A., Tapaloaga, D., Gurau, M. R., Udrea, L., y Tapaloaga, P. R.** (2023) “Optimizing Animal Nutrition and Sustainability Through Precision Feeding: A Mini Review of Emerging Strategies and Technologies”. *Annals of "Valahia" University of Târgoviște. Agriculture*, 15(2), 7-11.
- Sumantra, I. K., Soken, M. G., Wiryawan, I. W. G., y Wijaya, I. M. W.** (2022). “Marine Water Pollution Index in Intensive Shrimp Cultivation System in Jembrana”. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 18(6), 726-736.
- Tejeda-Miramontes, J. P., García-Ulloa, M., Rodríguez-Quiroz, G., y Rodríguez-González, H.** (2023). “Substituting fishmeal with extruded cull chickpea meal in diets for the white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone): A preliminary study of the effect on production parameters”. *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*. 2023;75(2):1-8. doi:10.46989/001c.87519

- Verdugo Araujo, L. M., y Lara Ponce, E.** (2023). “Estrategias de seguridad alimentaria: Contribuciones al desarrollo sostenible de jornaleras agrícolas de Navolato y El Fuerte, Sinaloa, México”. *Contextualizaciones Latinoamericanas*, 2(29).
- Woyengo, T. A.** (2022). “Antinutritional Factors in Feedstuffs”. *Sustainable Swine Nutrition*, 411-427.
- Wu, Y., y Song, K.** (2021). “Source, treatment, and disposal of aquaculture solid waste: a review”. *Journal of Environmental Engineering*, 147(3), 03120012.

