



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i2.1786>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de revisión

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

New findings in the use of Sacha Inchi as a protein source for the feeding of aquatic organisms

Novas considerações sobre o uso de Sacha Inchi como fonte de proteína na alimentação de organismos aquáticos

Jordy Enrique Rodríguez-Alburqueque ^I
jerodrigueza_est@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4884-6617>

Jorge Patricio Rentería-Minuche ^{II}
prenteria@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3992-9063>

Correspondencia: jroman0386@pucesm.edu.ec

***Recibido:** 25 de febrero del 2021 ***Aceptado:** 20 de marzo del 2021 * **Publicado:** 03 de abril del 2021

- I. Ingeniería Acuícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- II. Diploma Superior en Biotecnología Acuícola y Vegetal, Magister en Docencia Universitaria, Doctor en Química Industrial, Químico Industrial, Ingeniería Acuícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Resumen

En el mercado nacional e internacional existe una gran demanda de productos acuícolas comestibles que genera y produce el desarrollo de las actividades acuícolas. Dada esta gran demanda es necesario que en la industria se utilicen algunas alternativas para mejorar la producción, las cuales deben incluirse a través del proceso de la alimentación de los organismos acuáticos, dado que éste influye en más del 50 % de los costos de producción de cultivo de estos organismos. Uno de los productos que más se emplean en la fabricación de alimentos balanceados es la harina o el aceite de pescado, dado que los organismos acuáticos necesitan componentes esenciales como proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas y lípidos para desarrollarse y crecer en el menor tiempo posible. Sin embargo, pese a las medidas que se toman para disminuir el tiempo de cultivo, mejorar la producción y cumplir con la demanda, existe una presión pesquera o una pesca excesiva que está afectando gravemente el medio marino y generando un desequilibrio en la cadena trófica, lo que abre las posibilidades para el uso de la sachá inchi en diferentes formas — ya sea en harina, torta o aceite— como una alternativa para reducir el uso de la harina o del aceite de pescado en los alimentos balanceados. Esto se debe a que la sachá inchi contiene un elevado aporte nutricional, que los organismos acuáticos pueden utilizar para crecer y desarrollarse, con lo cual se puede acortar el tiempo y el costo de producción, sin perjudicar la calidad del producto y tampoco al medio ambiente. Así pues, el objetivo de este trabajo investigativo es resaltar las nuevas consideraciones sobre el uso de la sachá inchi, como un aporte importante en la nutrición de los organismos acuáticos.

Palabras clave: Harina de pescado; proteínas; alimentación; sachá inchi; nutrición.

Abstract

In the national and international market there is a great demand for edible aquaculture products that generates and produces the development of aquaculture activities. Given this great demand, it is necessary that the industry use some alternatives to improve production, which must be included through the process of feeding aquatic organisms, since this accounts for more than 50% of the production costs of culturing these organisms. One of the products that are most used in the manufacture of feedstuffs is fish meal or fish oil, since aquatic organisms need essential components such as proteins, carbohydrates, minerals, vitamins and lipids to develop and grow in

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

the shortest possible time. However, despite the measures taken to reduce the culturing time, improving the production and meet the market demand, there is a notorious fishing pressure or excessive fishing that is seriously affecting the marine environment and generating an imbalance in the trophic chain. This opens up the possibilities for the use of sachu inchi in different forms — be it in meal, cake or oil— as an alternative to reduce the use of fishmeal or fish oil in feedstuffs. This is due to the fact that sachu inchi has a high nutritional profile that aquatic organisms can use to grow, so that the production time and cost can be shortened, without harming the quality of the product or the environment. Thus, the objective of this research work is to highlight the new considerations on the use of sachu inchi, as an important contribution for the nutrition of aquatic organisms.

Keywords: Fish meal; proteins; food; sachu inchi; nutrition.

Resumo

No mercado nacional e internacional existe uma grande demanda por produtos aquícolas comestíveis que geram e produzem o desenvolvimento das atividades aquícolas. Diante dessa grande demanda, é necessário que a indústria utilize algumas alternativas para melhorar a produção, que devem ser incluídas por meio do processo de alimentação dos organismos aquícolas, já que isso influencia mais de 50% nos custos de produção do cultivo desses organismos. Um dos produtos mais utilizados na fabricação de alimentos balanceados é a farinha ou o óleo de peixe, pois os organismos aquícolas precisam de componentes essenciais como proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas e lipídios para se desenvolver e crescer no menor tempo possível. No entanto, apesar das medidas tomadas para reduzir o tempo de cultivo, melhorar a produção e atender a demanda, existe pressão pesqueira ou pesca excessiva que está afetando gravemente o meio marinho e gerando um desequilíbrio na cadeia trófica, o que abre possibilidades para o uso da sachu inchi em diferentes formas - seja em farinha, bolo ou óleo - como alternativa para reduzir o uso de farinha ou óleo de peixe em alimentos balanceados. Isso se deve ao fato de que sachu inchi contém um alto aporte nutricional, com o qual os organismos aquícolas podem crescer e se desenvolver, com o qual o tempo e o custo de produção podem ser encurtados, sem prejudicar a qualidade do produto ou o meio ambiente. Assim, o objetivo deste trabalho de pesquisa é evidenciar as novas

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

considerações sobre o uso da sachá inchi, como importante contribuição na nutrição de organismos aquáticos.

Palavras-chave: Farinha de peixe; proteínas; alimentando; Sacha Inchi; nutrição.

Introducción

El mercado global de la harina de pescado es muy considerable debido a la aplicación que tiene en actividades acuícolas, como también las ganaderas y avícolas. Sin embargo, su producción causa en el ambiente un gran impacto negativo porque contamina el agua, el aire y el suelo (Cruz, 2016). Por otro lado, Hanachi et. al. (2019) en un estudio de la harina de pescado de origen marino en la alimentación de la carpa común (*Cyprinus carpio*) para determinar el porcentaje de micro plásticos que contiene la harina de pescado y el porcentaje consumido por la especie, en el cual resultó el 67 % en la harina y 65 % en la carpa común, encontrándose mayor cantidad de fragmentos en las branquias y gastrointestinal, por el cual resulta preocupante el alto contenido de micro plásticos en la especie y más aún si es de importancia de consumo humano causando una gran preocupación a nivel mundial en la acuicultura que tiene influencia con los peces de interés comercial y con los peces cultivados por el hombre. Además de la contaminación de los recursos hídricos, la fabricación de harina de pescado tiene un impacto negativo, dado que en el proceso de producción se generan vertidos contaminantes como aceites y grasas, que son descargados especialmente en aguas superficiales causando acumulación de la materia orgánica y la formación de compuestos tóxicos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura — FAO (2020) con relación a la captura de peces hasta el año 1980 se mantenía entre 86 - 93 millones de toneladas por año, pero en el 2018 alcanzó 96.4 millones de toneladas con una tendencia de captura de 87.4 % en agua marinas y 12.6 % en aguas continentales, sin embargo si no se mantiene o aumenta la captura en los próximos años, puede significar un impacto muy grave al ecosistema marino debido a que se pueden extinguir los recursos limitados con los que se cuenta en la actualidad. Sin embargo, en la captura de peces, el pescado entero no comercial tiene mayor aceptación y genera un gran porcentaje de recortes para el procesamiento, ya sea en harina o en aceite de pescado, se espera que para el año 2025 su demanda aumente al 40 %, según lo indicado por Mallison (2017).

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

A pesar de lo descrito anteriormente, la harina de pescado, sigue siendo uno de los insumos más requeridos a nivel mundial para mejorar la calidad de los alimentos balanceados en el sector acuícola, ya sea en atractabilidad o palatabilidad. En cuanto a la alimentación animal, existen ciertos problemas como la formulación alimenticia ya que no es específica y tiende a variar, generando de esta forma problemas en el aumento de los costos. Cabe recalcar que estos costos representan del 55 al 70% del costo total de producción en granja acuícola.

El impacto negativo al medioambiente es muy fuerte puesto que la actividad extractiva es excesiva. A pesar de que la elaboración de las harinas de pescado está orientada a la utilización de los desperdicios de la pesca, no supe los requerimientos por la gran demanda que existe de esta materia prima, teniendo que recurrir a la pesca de especies con menor valor comercial y de menor tamaño, pero que sin duda genera un daño ambiental ya que son parte de la cadena trófica.

La pesca excesiva ha generado una sobreexplotación de los recursos marinos a nivel mundial del 31.4 % de la población de peces no sostenible, un 58.1 % de población plenamente explotada y un 10.5 % de población que ha desaparecido (FAO, 2016), datos que indican que se necesita una fuente alternativa de proteína vegetal; esta tendencia viene desde tiempos atrás y representa un gran desafío porque se busca un sustituto total de la harina o del aceite de pescado para no acabar con los recursos marinos limitados.

Problemática de la harina de pescado en la alimentación animal

Debido al crecimiento y demanda de harina y aceite de pescado por parte de la actividad acuícola, se usa el 56 % de harina y 87 % de aceite para complementar en la nutrición acuícola. Organismos internacionales como FAO, publican una disminución de la producción a nivel mundial, por la baja disponibilidad de recursos marinos pesqueros en los océanos, debido a la pesca excesiva marina que limita la disponibilidad del producto fabricado y eleva los costos de producción (Toyes, 2016). La acuicultura es un sistema controlado que utiliza la harina de pescado como fuente principal proteica para alimentar los peces de cultivo, y balancear los aminoácidos y ácidos grasos esenciales necesarios para su desarrollo. Sin embargo, considerando la importancia de contrarrestar la sobrepesca y los altos costos de producción de harina de pescado, Malcorp et al. (2019) proponen utilizar subproductos e ingredientes vegetales relacionados con harinas proteicas.

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

Por otro lado, según Corti (2020), la problemática de la harina de pescado es que no se toma en cuenta que especie es “ideal” para la elaboración de la harina, y por tanto se relaciona con la sobreexplotación pesquera debido a que se capturan diferentes especies, en diferentes etapas reproductivas y, también involucrando a otras especies marinas (no sólo peces), alterando el ecosistema marino. Esto sin considerar que el 25 % de la harina de pescado disponible proviene de “desperdicios” del procesamiento de pescado para consumo humano.

Importancia de la proteína en la alimentación de organismos acuáticos

Para entender la importancia de las proteínas en la alimentación acuícola se debe tener muy claro los conceptos que Luna (2017) menciona, y recordar que las proteínas están formadas por aminoácidos que actúan en la formación y reparación de tejidos (músculos, órganos internos, huesos, sistema nervioso, etc.) y diferenciar las proteínas completas e incompletas, las completas contienen los 9 aminoácidos esenciales y las incompletas carecen de algunos aminoácidos (Fernández y Rainieri, 2019). En cuanto a esto, hay que mencionar que las proteínas vegetales son denominadas incompletas porque contienen aminoácidos limitantes o en menor cantidad (Quesada y Gómez, 2019).

En la actualidad existen cada vez más alternativas nutricionales de origen vegetal, que permiten cumplir con las demandas de crecimiento en la industria acuícola y obtener precios económicos para el productor, puesto que su busca disminuir el uso de la harina de pescado por sus altos costos, y se ha encontrado una oportunidad en el uso de proteína vegetal (soya, trigo, cebada, sachá inchi, entre otros) que es mucho más rentable (Malcorp y Palmer, 2019).

Un mayor porcentaje de proteína se usa en las primeras etapas de vida de los peces, el cual se reduce conforme va creciendo la especie cultivada hasta que llega la cosecha (Craig, 2017). Esta disminución progresiva de la cantidad de contenido proteico a medida que crecen los peces, es sumamente importante porque “tener altos niveles de proteínas en la parte final del cultivo” incide en:

1. aumenta el costo del alimento,
2. influye en la eficiencia de la asimilación de la proteína y
3. causa un impacto ambiental negativo que puede dañar la calidad de agua por el alto contenido de proteína.

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

En términos generales se debe diferenciar dos aspectos, que es la alimentación y la nutrición, en la primera consiste en estudiar las raciones correctas por día y la fase que se encuentre el cultivo durante la producción animal, mientras la segunda enfoca en estudiar el aprovechamiento de los nutrientes de la dieta para invertir en crecimiento o en energía (González, 2019).

Otra razón por la cual es importante implementar adecuadamente el contenido de proteína en la especie de interés comercial, es la posibilidad de obtener mayor eficiencia del elemento proteico. Así, por ejemplo, se ha demostrado en organismos juveniles de *Dormitator latifrons* al comparar la eficiencia proteica de dos alimentos balanceados con porcentajes de 30 % y 40 % de proteína, donde los organismos con un 30 % de proteína tuvieron un mejor crecimiento, es decir, mejor eficiencia proteica comparados con los que tenían un 40 % de proteína (Badillo et al., 2018).

A pesar de lo anterior, en cuanto al alimento la industria acuícola se impulsa por el precio y los ingredientes vegetales que lo componen, con el propósito de potenciar su producción; pero también toma en cuenta la especie cultivada, debido a que no todos los organismos tienen la misma capacidad para asimilar ingredientes vegetales. De ahí la importancia de que la industria se enfoque en otras fuentes vegetales para no afectar el suministro agrícola y sus recursos, tal y como ocurre con el uso de la sachá inchi, que se presenta como una nueva alternativa para la alimentación acuícola.

Sin embargo, la necesidad de proteína ya sea de origen animal o vegetal va a depender de la especie cultivada, como por ejemplo el caso de la *Clarias gariepinus* que consume alto contenido de proteína animal y pocos carbohidratos como fuente de energía, lo cual puede no hacer recomendable el reemplazo de la harina de pescado en algunas especies (Ahmad e Ibraim, 2016). Por otro lado en la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) se experimentó con la harina de pescado y un alimento preparado de vegetales (harina de maíz, soya, yuca, garbanzo, quinoa y afrecho de trigo) con 32% de proteína con el objetivo de evaluar el crecimiento de la tilapia y resultó buena aceptación del alimento preparado pero con baja eficiencia de crecimiento y además presentando una alta mortalidad que probablemente hubo ausencia de una enzima que incitó a la depredación entre ellos a diferencia de la harina de pescado que mostró buen crecimiento y sin mortalidad, sin embargo no se puede dar la inexistencia de una proteína animal en el balanceado por su palatabilidad y es el agrado de las tilapias ayudando en su apetito y aumento de peso en menor tiempo a diferencia de la proteína vegetal, que en el cual se recomienda una formulación de proteína

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

animal con proteína vegetal ya que esta especie es omnívora con inclinación de dietas vegetarianas (Solís, 2018).

Gutiérrez et al. (2019) investigando la alimentación de peces de la familia Pimelodidae, los silúridos más conocidos como “bagres” mostraron que se deben recopilar las necesidades nutricionales de cada especie para su mantenimiento, regeneración de músculos desgastados y fortalecer algunas funciones esenciales, tal y como concuerda Gilbert (2018), mencionando que al implementar la proteína ideal en la dieta alimenticia se estudia su calidad y composición, más que la cantidad para así mejorar la producción y rentabilidad en el cultivo.

Sin embargo, la cantidad de proteína depende de la especie y en la fase en la que se quiere reforzar o complementar, tal como lo demostraron Ctaqua (2017) quienes usaron el 40 % - 45 % de proteína, en la tilapia nilótica en fase de engorde con fines reproductivos.

Interés en el uso de sachá inchi en la nutrición acuícola

La torta de sachá inchi se obtiene de la extracción de aceite a partir de la semilla, por lo que contiene compuestos fenólicos, ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles, fitosteroles y los principales aceites omegas 3 y 6, los cuales son importantes añadir a la dieta alimenticia ya que el organismo no consigue sintetizarlos. Por ejemplo, el omega 3 da origen a los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) que son esenciales para el desarrollo del individuo. En otros aspectos de su riqueza biológica, la composición de ácidos grasos esenciales de la torta de sachá inchi en la nutrición acuícola va más allá del alto contenido proteico en efecto benéfico del organismo acuático como en mejorar la digestibilidad y lo demostró Hurtado (2013) en determinar el porcentaje de digestibilidad de la torta de sachá inchi sin procesar y resultando el 88.49 % (Henao y Barreto, 2016).

La sachá inchi es una planta oleaginosa que tiene aproximadamente 61 géneros y 323 especies, las más reconocidas en orden ascendente son: la *Plukenetia volubilis*, seguida de la *Plukenetia lorentensis* ule, *Plukenetia polyandenia* muell, *Plukenetia brachybotrya* muell, y la *Plukenetia huallabambana* que fue descubierta en el año 2009. Del género *Plukenetia* se encuentran 12 especies en Sudamérica, 7 en Europa y posibles existencias en África Occidental; aunque la *P. volubilis* está distribuida por diversos países como México, Panamá, Colombia, Venezuela, Bolivia, Perú, Brasil y Ecuador (Orrala y Simbala, 2019).

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

En el proceso agroindustrial, la primera forma de aprovechamiento es la extracción de aceite de la semilla de sachá inchi, del que se benefician las industrias alimentaria, farmacéutica y jabonera. La segunda forma de aprovechamiento corresponde a la industria alimentaria, la cual utiliza subproductos como es la harina y torta de sachá inchi, los cuales son una alternativa para complementar dietas alimenticias de organismos acuáticos con potencial comercial y, posible sustituto de la harina de pescado en la acuicultura y en la ganadería.

La evidencia positiva sobre el uso de la torta de sachá inchi en la nutrición animal demuestra que, es posible implementar mejores alternativas en la nutrición de los organismos acuáticos de interés comercial como sustitutos de la harina de pescado para enriquecer las dietas de estos. El estudio realizado por Colquehuanca (2017) en la alimentación de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) con inclusiones de 10 %, 20 % y 30% de torta de sachá inchi, con el objetivo de evaluar la ganancia de peso, longitud y la conversión alimenticia, resultando que el 20 % de inclusión promovió la digestibilidad y palatabilidad del paco e incrementando el peso (231.81 g) y talla (36.55 cm) y conversión alimenticia de 2.85 durante 5 meses.

Alcívar et al. (2020) realizaron la caracterización bromatológica de la composición de la torta de sachá inchi, determinando altos contenidos de materia seca (89.24 %) y proteína bruta (41.49 %), abundante cantidad de saponinas y grupos alfa aminos y alcaloides, los cuales tienen incidencia en la nutrición acuícola como mejoradores de absorción de nutrientes, de la capacidad digestiva, así como también refuerzo del sistema inmunológico y resistencia de patógenos (Acosta et al., 2019). El análisis de Mora et al. (2020) realizado a la torta seca de sachá inchi, misma que fue sometida a diferentes procesos (deshidratación, molienda y tamizado) para obtener harina de semilla de sachá inchi, dio como resultados un contenido proteico, fibroso y lipídico de 47%, 20% y 10%, respectivamente, ninguna actividad microbiológica y algunos aminoácidos esenciales (valina, treonina, fenilalanina, leucina).

Según Vera (2020) al año se producen aproximadamente entre 800 y 1000 kg/ha de sachá inchi, la primera cosecha se realiza pasados los 6 meses y la segunda se lleva a cabo entre los 3 - 4 meses siguientes, dando un costo de producción de \$3.000/ha. La planta tiene un periodo de vida de 5 años y desde el cuarto año en adelante su producción es de 5000 - 6000 kg/ha, sin embargo, el precio de la fruta cosechada es de \$1 y el de su semilla es de \$1.50. En los cultivos se rinden aproximadamente 250 kg/ha de semilla seca en el primer año.

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

A pesar de que en el país no se tiene un amplio conocimiento de la sachá inchi ni se cuenta con grandes centros de procesamiento, en el Ecuador existen plantas industriales que trabajan en el procesamiento de la sachá inchi para extraer aceite y torta de sachá inchi, que representan una cantidad importante que es exportada (a Colombia o Perú); también se obtienen las semillas de la planta para comercializarlas internamente, tanto a las personas como para la elaboración de productos naturales.

La sachá inchi representa un potencial económico para el desarrollo del país, además, las alternativas que ofrece esta planta ayudan a promover la agroindustria ecuatoriana, especialmente potencia la actividad acuícola en lo referente a la nutrición, porque de ella se obtienen varios subproductos y alternativas para la alimentación de los organismos de cultivo.

En la agroindustria ecuatoriana, la harina de sachá inchi que se obtiene de la torta de sachá inchi, tiene un precio de \$2.50 por kilo, la cual se utiliza para enriquecer los suplementos de otras harinas. Si bien su vida útil es de 12 - 18 meses por lo general, su conservación también depende de las condiciones en las que sea almacenada, por lo que se recomienda mantenerla en un ambiente fresco y seco apartado de la luz (Agroindustrias Ecuador, 2018).

Determinación de proteína cruda en sachá inchi

Tabla 1: Determinación de proteína cruda en sachá inchi por gramo de muestra

	% proteína
Fruto	21.0 ± 0.5
Cáscara	5.6 ± 1.3
Almendra	27.7 ± 0.4
Torta	50.1 ± 0.6

Fuente: (Rodríguez, 2020)

Según la determinación de proteína cruda realizado por Rodríguez (2020), indica el 50.1 % de proteína en la torta de sachá inchi y la parte de sachá inchi no procesada con mayor contenido proteico resalta la almendra con 27.7 %, mientras que el fruto y la cáscara muestra el 21 % y 5.6 % de proteína. Sin embargo, esta determinación relevante nos da la seguridad para el aprovechamiento de la materia prima como es la torta de sachá inchi en la nutrición acuícola y mejorando la sostenibilidad económica del productor.

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

En un estudio diferentes autores citados por (Ríos, 2019) determinaron la siguiente composición química de la torta de sachá inchi.

Tabla 2: Composición química de la torta de sachá inchi

Componentes	Mondragón (2009)	Alvarado (2014)	Mercado et al. (2015)	Pascual y Mejía (citado por Alvarado, 2014)
Humedad	5.09 %	6.80 %	12.36 %	0.70 %
Proteína	32.53 %	40.70 %	47.09 %	58.72 %
Grasas	35.44 %	7.50 %	18.22 %	6.88 %
Carbohidratos	20.87 %	42.50 %	14.28 %	7.86 %
Cenizas	3.07 %	2.50 %	5.32 %	8.66 %

Fuente: (Ríos, 2019)

La variación de los resultados presentados por estos autores se debe a los métodos que usaron y la selección de la materia prima.

Investigaciones de los resultados de análisis de casos de aplicaciones de sachá inchi en la nutrición de organismos acuáticos

Gamez (2018) trabajó con diferentes inclusiones de torta de sachá inchi de 8 %, 16 %, 24 % y 32 % en la alimentación de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) con el objetivo de determinar la inclusión óptima de la torta de sachá inchi en la alimentación, implementando 20 jaulas en un estanque de 1000 m² y 1.5 m de profundidad con densidad de 10 pacos/jaula, resultando que la inclusión de 24 % de torta de sachá inchi en la dieta resalta el crecimiento (14.30 cm a 19.81 cm) y peso (82.4 g a 208.8 g) en 61 días.

Torrez (2017) realizó inclusiones de 10 %, 20 % y 30 % de torta de sachá inchi en la alimentación de alevines de paco (*Piaractus brachypomus*), con la meta principal de evaluar los efectos de las inclusiones en base al crecimiento y composición corporal de los alevines, organizando doce corrales de 200 m² con densidad de 1 pez/m² con peso inicial de 33.29 g y talla inicial de 11.68 cm, y los resultados de los diferentes porcentajes de inclusión no afecta la composición corporal del paco y además este experimento resalta que el 20 % de inclusión de torta de sachá inchi en la dieta tuvo peso final de 125.03 g y talla final de 18.3 cm durante 120 días.

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

Sánchez (2017) evaluó las inclusiones de torta de sachu inchi de 20 % y 30 % en la alimentación de la gamitana (*Colossoma macropomum*), con el objetivo de determinar el comportamiento productivo y el coeficiente de digestibilidad de la especie, cuyo experimento la realizó en nueve acuarios de 50 litros, con densidad de 12 alevinos/acuario, de peso promedio inicial de 5.56 g, resultando que las inclusiones de torta de sachu inchi tuvo buena ganancia de peso en ambos porcentajes con 23.11 g (20%) y 24.48 g (30%), además la inclusión de 30 % presentó buena digestibilidad aparente en materia seca (84.91 %) y en proteína (95.57 %) durante 35 días de experimento.

Marlo (2019) efectuó la sustitución de harina de pescado con torta de sachu inchi en la alimentación de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en fase de engorde, con porcentajes de 20 %, 40 % y 60 % de sustitución, con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de la especie alimentadas con torta de sachu inchi, desarrollándose en un estanque de 1000 m² con densidad de 2 peces/m² con peso inicial de 2.8 g y talla inicial de 3.4 cm, y dicho experimento concluye que la sustitución del 20 % de harina de pescado en la dieta demostró un peso final de 226.7 g y talla final de 17.20 cm en 100 días.

Por otro lado, Carrillo y Quinteros (2016) determinaron el porcentaje de proteína de la torta de sachu inchi en 57.6 %, y la utilizaron en la alimentación del pez cebrá (*Danio rerio*) para determinar la digestibilidad, citotoxicidad y capacidad antiinflamatoria de la proteína de la torta, no encontrando ningún efecto tóxico, pero sí una actividad antiinflamatoria de 78.13 % de inhibición en el pez cebrá.

Una de las principales trascendencias de la sachu inchi es aprovechar el uso total de la materia prima, ya que la hoja, semilla y cáscara de semilla presentan propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, antioxidantes y anti proliferativas según Quino et al. (2016), que no presentan ningún efecto secundario y que se pueden utilizar en el tratamiento cutáneo de los organismos acuáticos, por medio de baños de inmersión. Por otro lado, también se pueden aprovechar los antioxidantes para prolongar y evitar el deterioro del alimento balanceado, además el aceite de semilla de sachu inchi complementaría los requerimientos de ácidos grasos insaturados para el desarrollo de las especies cultivadas, siendo por lo tanto una alternativa para el reemplazo del aceite de pescado (Wang et al., 2018). Siendo así que, los resultados de Alayón y Echeverri (2016)

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

respaldan la utilización de sachá inchi como un aditivo para el cultivo de especies de interés comercial, por sus altos contenidos de antioxidantes y tocoferoles.

Conclusiones

- Sachá inchi ha sido aplicado en su estado de torta residual como insumo proteico en varias formulaciones de dietas alimenticias principalmente de peces, obteniendo buenos resultados en el índice de crecimiento de los organismos en cultivo.
- La torta de sachá inchi, debido a su alto contenido nutricional tiene mayor incidencia en la alimentación de peces y logrando sustituir hasta el 30% de harina de pescado, tal como lo demostró Sánchez (2017) en la alimentación de la gamitana (*Colossoma macropomum*).
- El uso de torta de sachá inchi proporciona excelentes contenidos de omega 3 y omega 6 que, además de ser antioxidantes, son esenciales para el desarrollo en peso y talla de la especie que lo consume.
- Reportes obtenidos en cuanto a su digestibilidad aparente, cuando se trata de tilapia principalmente, la torta de sachá inchi presenta muy buenas posibilidades de ser aprovechadas sus nutrientes y mejor aún como mezclas con otros insumos vegetales como torta de soya.
- La torta de sachá inchi puede ser utilizada como insumo en las dietas para de la especie a alimentar, en cualquier fase de producción.
- La implementación de un alimento vegetal como la torta de sachá inchi en la formulación de dietas, tiende a mejorar la producción de cultivo en menor tiempo y ahorrar costos de alimentación por balanceados a más de ser amigable con el medio ambiente.

Recomendaciones

- Se recomienda que antes de implementar la torta de sachá inchi en la alimentación de cualquier especie de interés, se debe investigar sus hábitos alimenticios para no tener contradicciones en los resultados sobre el crecimiento y peso.
- Facilitar y promover más conocimientos e investigación sobre las demás variedades de sachá inchi, para evaluar su contenido nutricional y lograr una sustitución total de la harina de pescado.

- Recomiendo el uso de pre mezclas del alimento balanceado en reproductores por su alto valor nutricional de la torta de sachu inchi.

Referencias

1. Acosta, R., Rosen, Y., y Ra'anan A. (2019). El uso de saponinas en acuicultura. International Aquafeed. <https://aquafeed.co/entrada/el-uso-de-saponinas-en-acuicultura--20648/>.
2. Ahmad, M., & Ibraim, S. (2016). Local fish meal formulation: Its principles, prospects and problems in fishery industry. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 4(1), 276-279. DOI: <https://www.fisheriesjournal.com/>.
3. Alayón, N., & Echeverri, I. (2016). Sachu inchi (*Plukenetia volubilis* hneeo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. Revista ScieLO, 43(2), 1-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>.
4. Alcívar, J., Martínez, M., Lezcano, P., Scull, I., & Valverde, A. (2020). Technical note on physical-chemical composition of sachu inchi (*Plukenetia volubilis*) cake. Cuban Journal of Agricultural Science, 54(1), 1-5. DOI: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802020000100019&lng=es&tlng=es.
5. Agroindustrias Ecuador. (2018). Harina proteica de sachu inchi super food-cruda (1kg). <https://agroindustriasg2.com/producto/harina-proteica-de-sachu-inchi/>.
6. Badillo, D., De Jesús, F., Ega, F., Loez, J. H., Cueto, L., & Guerrero, S. (2018). Ecosistemas y recursos agropecuarios: requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons*. Revista ScieLO 5(14), 345-351. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1554>.
7. Carrillo, W., & Quinteros, M. (2016). Estudio de la Digestibilidad gastrointestinal, citotoxicidad y Actividad antiinflamatoria de proteínas extraídas de la torta de Sachu Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23823/1/AL608.pdf>.

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

8. Centro Tecnológico de la Acuicultura [Ctaqua]. (2017). Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. <https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf>.
9. Colquehuanca, Y. (2017). Efecto de diferentes niveles de dietas alimentarias en base a torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) en la alimentación de paco (*Piaractus brachypomus*) en la región madre de Dios. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de Universidad Nacional del Altiplano*, 6(3), 264-270. DOI: <http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2017.49>.
10. Corti, H. (2020). Reemplazo de aceite y harina de pescado en la industria de alimentos para salmones en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile: <https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/48236/Actividad%20Integradora%20de%20Graciaci%C3%B3n%20Humberto%20Corti.pdf?sequence=1>.
11. Craig, S. (2017). Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. *Revista Virginia Tech – Virginia State University*, 420-256. DOI: <https://www.pubs.ext.vt.edu/FST/FST-269/FST-269.html>.
12. Cruz, M. (2016). Análisis de la producción y exportación de la harina de pescado periodo 2012 – 2014. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11926/1/TESIS%20FINAL%20MONICA%20CRUZ%20%281%29.pdf>.
13. FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. <http://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf>.
14. FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. <http://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>.
15. Fernández, M., & Rainieri, M. (2019). Importancia de las proteínas en la alimentación. CONAVE: <https://www.conave.org/importancia-de-las-proteinas-en-la-alimentacion/>.
16. Gamez, Y. (2018). Desempeño bioeconómico del paco (*Piaractus brachypomus*) en fase de crecimiento, alimentados con dietas con inclusión de torta de sachu inchi

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

- (*Plukenetia volubilis* L). Universidad Nacional Agraria de la Selva:
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1405>.
17. Gilbert, P. (2018). Proteínas en nutrición animal. <https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/proteinas-en-nutricion-animal---dr-p-m-gibert-1770556.html>.
 18. González, F. (2019). Principios de la Alimentación en la Acuicultura “introducción y proteínas”. Revista Piscicultura Global: <https://www.pisciculturaglobal.com/principios-de-la-alimentacion-en-la-acuicultura-introduccion-y-proteinas/>.
 19. Guevara, J., Rojas, S., Carcelén, F., Bezada, S., y Arbaiza, T. (2016). Parámetros productivos de cuyes criados con dietas suplementadas con aceite de pescado y semillas de sachá inchi. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 27(4), 715-721. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i4.12560>.
 20. Gutiérrez, M., Velasco, J., y León, C. (2019). Revisión: necesidades nutricionales de peces de la familia Pimelodidae en Sudamérica (Teleostei: Siluriformes). Revista de Biología Tropical, 67(1), 146-163. DOI: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v67n1/0034-7744-rbt-67-01-146.pdf>.
 21. Hanachi, P., Karbalaie, S., Walker, T.R. et al. (2019). Abundance and properties of microplastics found in commercial fish meal and cultured common carp (*Cyprinus carpio*). Environ Sci Pollut Res 26, 23777–23787. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05637-6>.
 22. Henao, J., & Barreto, O. Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). Revista de investigación Agraria y Ambiental, 7(1), 83-92. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.1544>.
 23. Luna, R. (2017). Proteína Animal. La importancia de su consumo. Código: <https://codigof.mx/proteina-animal-la-importancia-consumo/>.
 24. Malcorps, W., & Palmer, R. (2019). El enigma de la sostenibilidad de los alimentos para camarones: sustitución de harina de pescado. Revista Global Aquaculture: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/el-enigma-de-la-sostenibilidad-de-los-alimentos-para-camarones-sustitucion-de-harina-de-pescado/>.

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

25. Malcorps, W ., Kok, B ., van't Land, M ., Fritz, M ., van Doren, D ., Servin, K ., van der Heijden, P ., Palmer, R .; Auchterlonie, NA; Rietkerk, M ., Santos, MJ., Davies, SJ. (2019). The Sustainability Conundrum of Fishmeal Substitution by Plant Ingredients in Shrimp Feeds. *Sustainability*, 11, 1212. <https://doi.org/10.3390/su11041212>.
26. Mallison, A. (2017). IFFO: Futuras contribuciones de los ingredientes marinos a los alimentos acuícolas. *Revista Global Aquaculture*: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/iffo-futuras-contribuciones-de-los-ingredientes-marinos-los-alimentos-acuicolas/>.
27. Marlo, J. (2019). Influencia de sustitución de harina de pescado por torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre los parámetros de crecimiento, composición bromatológica y características sensoriales de tilapia (*Oreochromis niloticus*) dura. Universidad Nacional de San Martín: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3467/FIAI%20-%20Josu%20Marlo%20Montenegro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
28. Mora, P., Romero, L., Landines, E., Ordóñez, R., & Valdez, M. (2020). Obtention, yields, chemical-microbiological properties and amino acids profile in a flour from Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(4), 5723-5728. DOI: <https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i4.3215>.
29. Orrala, M., & Simbala, K. (2019). Estudio del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y su aplicación en la repostería ecuatoriana. Universidad de Guayaquí: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/42169>.
30. Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medioambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(1), 1-8. DOI: <https://cpncampus.com/biblioteca/files/original/3d406a1c20>.
31. Quino, C., Espinoza, D., Herreros, C., Mirando, G. y otros. (2016). Características fitoquímicas y capacidad antioxidante in vitro de Aloe vera, *Plukenetia volubilis*,

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

- Caiophora carduifolia, Cecropia membranacea. Revistas de investigación UNMSM, 77(1), 9-3. DOI: <https://doi.org/10.15381/anales.v77i1.11546>.
32. Ríos, G. (2019). Obtención de concentrados proteicos de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), mediante tres métodos de extracción para su empleo en alimentos de consumo humano. Universidad Nacional de Ucayali: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4265>.
33. Rodríguez, L. (2020). Aislamiento de la proteína a partir de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Universidad Santo Tomás: <http://hdl.handle.net/11634/23229>.
34. Sánchez, C. (2017). Evaluación de dos niveles de inclusión de torta de sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana*) en la dieta para alevinos de *Colossoma macropomum*. Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3285>.
35. Solís, R. (2018). Desarrollo de un balanceado no tradicional con tres niveles de proteína vegetal para el crecimiento de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10266/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-40.pdf>.
36. Torrez, H. (2017). Inclusión de la torta de sachá inchi, *Plukenetia volubilis* (euphorbiaceae) en dietas para alevinos de paco, *Piaractus brachypomus* (cuvier, 1818) criados en corrales en el Centro de Investigación “Carlos Miguel Castañeda Ruiz”. Universidad Nacional De La Amazonía Peruana: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_e596d2721c45beee47027b49a93c06b3
37. Toyés, E. (2016). Aprovechamiento de subproductos marinos para la alimentación de camarón de cultivo y gallinas ponedoras. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/215/1/toyes_e.pdf.
38. Vanegas-Azuero, A. M., & Gutiérrez, L. F. (2018). Physicochemical and sensory properties of yogurts containing sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and β -

Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos

- glucans from *Ganoderma lucidum*. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1020–1033.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13235>.
39. Vera, P. (2020). Avances en nutrición acuícola con *Plukenetia volubilis* (sache-inchi) como sustituto proteico en formulación de alimento balanceado. Universidad Técnica de Machala:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15327/1/ECUACA-2020-IAC-DE00004.pdf>.
40. Wang, S., Zhu, F., Kakuda, Y., (2018). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chemistry*, 265(2018), 316–328. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).