

Ácidos grasos omega-3: sostenibilidad ambiental de fuentes marinas y cultivo de plantas

Omega-3 fatty acids: environmental sustainability from marine sources and
plant cultivation

Ácidos graxos ômega-3: sustentabilidade ambiental de fontes marinhas e cultivo de plantas

López Riveroll Angel Sebastián¹, Martínez Rendón Noemí², Ariza Ortega José Alberto³

Recibido: 07/05/2024, Revisado: 12/06/2024, Aceptado: 29/06/2024, Publicado: 15/07/2024

Cita sugerida (APA, séptima edición):

Resumen

Contexto: los ácidos grasos omega-3 son esenciales para la salud, pero las fuentes tradicionales, como el pescado y las fuentes vegetales, no permiten la sostenibilidad ambiental del planeta. **Objetivo:** analizar ácidos grasos omega-3 de fuentes marinas y cultivos de plantas para determinar su sostenibilidad ambiental. **Metodología:** se realizó una revisión sistemática cualitativa para analizar la relación entre el omega 3 y la sostenibilidad ambiental, se buscaron estudios en bases de datos reconocidas, se seleccionaron de acuerdo a criterios rigurosos y se analizaron cualitativamente para identificar patrones, temas emergentes y relaciones entre las variables. **Resultados:** los ácidos grasos omega-3, se consumen principalmente mediante

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, estudiante, México, <https://orcid.org/0000-0002-8181-9901>, lo419907@uaeh.edu.mx

² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, estudiante, México, <https://orcid.org/0000-0001-9047-2324>, 354705@uaeh.edu.mx

³ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, Profesor Investigador, México, <https://orcid.org/0000-0002-2163-4593>, jose_ariza@uaeh.edu.mx



alimentos marinos, sin embargo, la sobrepesca es una problemática global, la cual, afecta al medio ambiente, calentando los océanos, generando hasta una reducción del 36% en el omega 3 en los pescados, las alternativas basadas en alimentos vegetales, como semillas y microalgas, proporcionan una fuente sostenible de omega-3, también, permitiendo una ingesta adecuada de omega-3. **Conclusión:** el omega-3 es crucial para la salud pública, pero las fuentes tradicionales enfrentan retos ambientales, la pesca responsable y la agricultura sostenible son prometedoras, pero se necesita reducir el consumo general y explorar alternativas como las microalgas para una producción sostenible.

Palabras clave: Conservación ambiental, cambio climático, sobrepesca, nutrición, biodiversidad.

Abstract

Context: Omega-3 fatty acids are essential for health, but traditional sources such as fish and plant sources do not allow for the environmental sustainability of the planet. **Objective:** To analyze omega-3 fatty acids from marine sources and plant crops to determine their environmental sustainability. **Methodology:** A qualitative systematic review was conducted to analyze the relationship between omega-3 and environmental sustainability. Studies were searched in recognized databases, selected according to rigorous criteria, and qualitatively analyzed to identify patterns, emerging themes, and relationships between variables. **Results:** Omega-3 fatty acids are primarily consumed through marine foods; however, overfishing is a global issue that impacts the environment, warming the oceans and reducing omega-3 levels in fish by up to 36%. Plant-based alternatives, such as seeds and microalgae, provide a sustainable source of omega-3, also allowing for adequate omega-3 intake. **Conclusion:** Omega-3 is crucial for public health,

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, estudiante, México, <https://orcid.org/0000-0002-8181-9901>, lo419907@uaeh.edu.mx

² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, estudiante, México, <https://orcid.org/0000-0001-9047-2324>, 354705@uaeh.edu.mx

³ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, Profesor Investigador, México, <https://orcid.org/0000-0002-2163-4593>, jose_ariza@uaeh.edu.mx



but traditional sources face environmental challenges. Responsible fishing and sustainable agriculture are promising, but it is necessary to reduce overall consumption and explore alternatives like microalgae for sustainable production.

Keywords: Environmental conservation, climate change, overfishing, nutrition, biodiversity.

Resumo

Este artigo tem como objetivo fornecer uma abordagem a partir de uma revisão bibliográfica dos processos de trabalho, alianças estratégicas, cooperação local, desenvolvimento sócio-político e principais resultados que consolidarão e incentivarão novos gestores de mudanças no desenvolvimento local sustentável. No entanto, há a necessidade de capacitar as comunidades mais vulneráveis que enfrentam obstáculos significativos ao longo do caminho. O objetivo foi identificar as barreiras e desafios enfrentados por alianças sociais em comunidades em situação de vulnerabilidade. A metodologia envolveu uma revisão sistemática da literatura em bases de dados como Scielo, Wos e Scopus. Critérios de inclusão e exclusão foram aplicados para a seleção de estudos, e uma análise temática dos resultados foi realizada. Os principais achados do artigo revelaram barreiras financeiras, violência simbólica, dinâmicas de poder na governança local e desafios relacionados à falta de treinamento e formação dos atores envolvidos em alianças sociais. Finalmente, destaca-se a importância de abordar esses obstáculos para fortalecer as alianças sociais no processo de reconstrução e avançar em direção a um desenvolvimento mais equitativo e sustentável em comunidades de recursos limitados.

Palavras-chave: alianças sociais, barreiras financeiras, desafios em comunidades, empoderamento local.

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, estudiante, México, <https://orcid.org/0000-0002-8181-9901>, lo419907@uaeh.edu.mx

² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, estudiante, México, <https://orcid.org/0000-0001-9047-2324>, 354705@uaeh.edu.mx

³ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Nutrición, Profesor Investigador, México, <https://orcid.org/0000-0002-2163-4593>, jose_ariza@uaeh.edu.mx

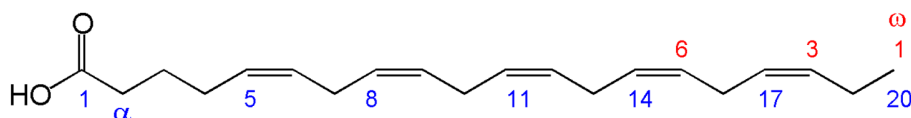
Introducción

Los ácidos grasos, son ácidos carboxílicos compuestos de cadenas de hidrocarburos, con 4 hasta 36 átomos, clasificándose mediante sus dobles enlaces en la cadena hidrocarbonada, siendo ácido graso saturado si no tiene dobles enlaces y ácido graso insaturado, si contiene dobles enlaces, otra clasificación de los ácidos grasos, son los ácidos grasos monoinsaturados cuando tienen solamente doble enlace, y poliinsaturados cuando tienen más dobles enlaces (García, 2019).

Los ácidos grasos omega 3, son ácidos grasos poliinsaturados, y en los alimentos, podemos encontrarlos en tres formas: ácido eicosapentaenoico (EPA), con cadena de 20 carbonos con cinco dobles enlaces (Figura 1), ácido docosaheptaenoico (DHA), con cadena de 22 carbonos con seis dobles enlaces (Figura 2) y alfa linolénica (ALA), con cadena de 18 carbonos con tres dobles enlaces (Figura 3). Las formas EPA y DHA se encuentran en pescados de aguas frías como el salmón, el atún y las sardinas, por otro lado, el ALA se halla en algunos vegetales, como, semillas de chía, nueces, cacahuate y aceitunas (Tabla 1) (Lyssia y Rodríguez, 2015).

Figura 1.

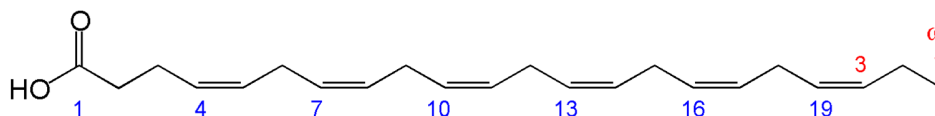
Estructura química del ácido eicosapentaenoico "EPA" (Ácido (5Z,8Z,11Z,14Z,17Z)-eicosapentaenoico).



Fuente. Realizada con Chem 3D versión 17.0.0.206 (Perkin Elmer Informatics, Inc. 1998 – 2017).

Figura 2.

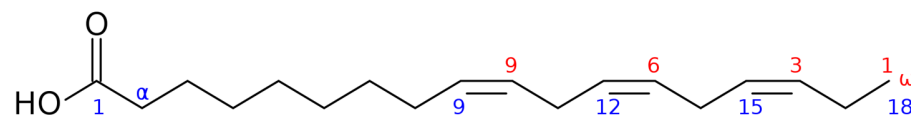
Estructura química del ácido docosahexaenoico "DHA" (Ácido (4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z)-docosa-4,7,10,13,16,19-hexaenoico)



Fuente. Realizada con Chem 3D versión 17.0.0.206 (Perkin Elmer Informatics, Inc. 1998 – 2017).

Figura 3.

Estructura química del alfa linoléico "ALA" (Ácido(9Z,12Z,15Z)-octadeca-9,12,15-trienoico).



Fuente. Realizada con Chem 3D versión 17.0.0.206 (Perkin Elmer Informatics, Inc. 1998 – 2017).

Los ácidos grasos se clasifican como esenciales, lo que significa que deben ser ingeridos de acuerdo a la Ingesta Diaria Recomendada (Tabla 2), a través de productos alimenticios, ya que el cuerpo humano no los produce, y su consumo ha demostrado tener beneficios significativos para la salud, entre estos, destaca su capacidad para reducir una variedad de enfermedades y afecciones comunes en la población, como la capacidad para disminuir procesos inflamatorios en el cuerpo, lo que puede tener un impacto positivo en condiciones inflamatorias crónicas, además, se ha demostrado que el omega-3 tiene efectos beneficiosos en enfermedades cardiovasculares, como la hipertensión, al ayudar a regular la presión arterial y promover la salud del corazón.

También, hay evidencia que sugiere que el omega-3 puede tener efectos protectores contra ciertos tipos de cáncer y puede prevenir procesos cancerígenos, por lo que, estos beneficios hacen que el omega-3 sea un componente importante en la promoción de la salud y el bienestar general (Laurett, Paço y Mainardes 2021). Sin embargo, Lyssia y Rodríguez, (2015), refieren que estudios en humanos, han sugerido que EPA y DHA tienen más efectos metabólicos que ALA, aunque este último también ha mostrado beneficios anabólicos en la salud.

Tabla 1.

Fuentes alimenticias de ALA, DHA y EPA.

Productos de origen animal marino				
Alimento	Porción (g)	ALA (g)	DHA (g)	EPA (g)
Aceite de linaza	8	7.26	NR	NR
Salmón	85	NR	1.24	0.59
Salmón salvaje	85	NR	1.22	0.35
Salmón rosado	85	0.04	0.63	0.28
Sardina	85	NR	0.74	0.45
Camarón	85	NR	0.12	0.12
Productos derivados de plantas				
Nueces	28	2.57	NR	NR
Linaza entera	8	2.35	NR	NR
Aceite de canola	8	1.28	NR	NR
Aceite de soja	8	0.92	NR	NR
Tuna	85	NR	0.17	0.02
Semilla de chía	28	5.06	NR	NR
Leche de soja	85	NR	0.03	NR
Jugo de naranja	85	NR	0.03	0.02
Productos de origen animal ganadero				
Huevo (g)	60	0.048	0.002	0.1 - 0.5

Leche fortificada	85	NR	0.03	NR
-------------------	----	----	------	----

Fuente. International Food Information Council (2020, p. 5)

Tabla 2.

Ingesta diaria recomendada (IDR) de ácido alfa-linolénico (ALA), precursor de los ácidos grasos de cadena larga EPA y DHA.

Etapa en la vida	Cantidad recomendada (g)
Del nacimiento a los 12 meses	0.5
Niños de 1 a 3 años	0.7
Niños de 4 a 8 años	0.9
Niños de 9 a 13 años	1.0
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años	1.6
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años	1.1
Adultos (hombres)	1.6
Adultos (mujeres)	1.1
Mujeres y adolescentes embarazadas	1.4
Mujeres y adolescentes en periodo de lactancia	1.3

Fuente. National Institutes of Health (2018, p. 1-4).

Como se observa en la tabla 1, las principales fuentes de omega 3 se encuentran en animales acuáticos, especialmente pescados grasos de aguas frías como el salmón y la sardina, los cuales, se obtienen mediante la pesca, definida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2022), como la actividad de capturar peces y otros seres vivos acuáticos, tanto en ecosistema de agua dulce y de agua salada (ríos, lagos, mares y océanos), de forma intencional, alimenticios, comerciales o recreativos.

En años recientes, la contaminación y la sobrepesca de los seres humanos, se han vuelto una problemática mundial, debido a que ha generado un desequilibrio en la cadena

alimenticia, dando como resultado un rompimiento del ciclo de su ecosistema, como lo reportó la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2022), aproximadamente el 73% de las especies marinas comerciales son sobreexplotadas, con el fin de satisfacer la demanda poblacional, más de 90 millones de toneladas de pescado son utilizadas anualmente; sin embargo, por cada 500 g de peces capturados, se estima que más de 2 kilos son de especies protegidas, como delfines, ballenas, tortugas o tiburones (Dimitrova, 2021).

Sin embargo, y sustentado en la información anterior, se ha demostrado que los alimentos marinos, no son una fuente sostenible ambientalmente para alimentar a la población mundial; debido a que uno de cada cinco peces capturados proviene de la pesca ilegal o no regulada (UNAM, s.f.), cuando consumimos ese pescado, nos convertimos en cómplices involuntarios de prácticas insostenibles, estas prácticas no solo amenazan nuestro bienestar futuro, sino también la sostenibilidad de nuestro planeta.

Este impacto, puede ser contrarrestado con lo sustentado por Dimitrova (2021), quien explica que los nutrientes presentes en el pescado pueden ser sustituidos por alimentos de origen vegetal como, la quinoa, las semillas de soja o chíá, las legumbres, los frutos secos, las nueces, el tofu, las aceitunas y otros alimentos vegetales, como las microalgas, que, proporcionan una amplia gama de vitaminas, minerales, proteínas y lípidos necesarios para el organismo, sin los impactos ambientales asociados con la pesca excesiva.

Asimismo, Šimat et al., (2020), refiere que las microalgas, siendo organismos fotosintéticos y autótrofos, representan una adecuada fuente de aceites, que pueden ser modificados para la síntesis de triglicéridos estructurados, destinados para las industrias alimentarias, nutracéuticas, farmacológicas, cosmetológicas, química, entre otras.

Asimismo, los aceites derivados de microalgas son una fuente de lípidos, en comparación con otros productos, destacando que tienen una mayor productividad de lípidos en términos de gramos por litro por día, resistencia a cambios estacionales, requerimientos mínimos de mano de obra, facilidad de escalado y la presencia de omega-3, que son, ácidos grasos poliinsaturados esenciales (Ramírez, 2015).

De igual forma, Patel, Mikes y Matsakas (2018) explican que las microalgas se cultivan en fotobiorreactores de alta eficiencia y en condiciones controladas, incluyendo temperatura, pH y nutrientes, lo que asegura una alta y adecuada productividad sin dañar al ambiente. En cuanto a sus valores nutricionales, Abou-Shanab y Stephanopoulos (2018) refieren que el análisis de la composición química de las microalgas demuestra un alto contenido de proteínas, polisacáridos, micro y macro minerales, vitaminas, así como compuestos bioactivos como carotenoides, fitoesteroles y polifenoles. Además, algunas microalgas contienen ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega-3, como el ácido linolénico (ALN), EPA y DHA (Tabla 5).

De manera similar a las microalgas, algunas semillas también ofrecen una fuente sostenible de omega-3 para la dieta, estas, representan una alternativa significativa para obtener estos ácidos grasos esenciales, representando el órgano inicial de las plantas, tienen un papel crucial en la renovación, persistencia y dispersión de las mismas. En su composición estructural, contienen embrión, endospermo y epispermo, para la nutrición humana, el endospermo es de importancia, pues en este se encuentra la reserva de alimento de la semilla, principalmente almidón, hidratos de carbono, proteínas y lípidos, los cuales, son el mayor macronutriente dentro del endospermo, aportando ácidos grasos insaturados, siendo los dos principales el omega-3 y omega-6 (Estella, Gómez, Parra,

Romero y López, s.f.). Por lo tanto, el consumo de semillas ofrece una alternativa saludable y sostenible.

De igual manera, en la industria alimentaria, se extrae el aceite de las semillas; para que este proceso pueda continuar siendo respetuoso con el medio ambiente, es necesario que se extraiga con tecnologías limpias, recomendándole, el uso de disolventes como el acetato de etilo, el etanol o el agua, en lugar de disolventes peligrosos y altamente tóxicos, como el cloroformo, el metanol o el hexano, que se utilizan comúnmente en métodos tradicionales de extracción de aceites y grasas.

Por lo tanto, reducir el uso de disolventes orgánicos tóxicos y reemplazar el hexano con disolventes más limpios desde el punto de vista ambiental es una prioridad para la industria alimentaria como lo refiere el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2017), por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue analizar ácidos grasos omega-3, de fuentes marinas y cultivos de plantas para determinar su sostenibilidad ambiental.

Impacto ambiental en la obtención de omega-3

Pesca desmedida y sobreexplotación de especies marinas

La pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR, por sus siglas en inglés), es definida por la FAO (2022), como una serie de actividades pesqueras que se llevan a cabo al margen de la ley o fuera de los límites establecidos por las autoridades pesqueras, debido a que es, una de las principales amenazas para los ecosistemas marinos debido a su capacidad para debilitar los esfuerzos de gestión sostenible de la pesca, a nivel internacional, nacional y regional, así como a las iniciativas de conservación de la biodiversidad marina.

Los productos derivados de países emergentes, a menudo se dirigen a los mercados de países desarrollados, lo que puede afectar negativamente el suministro local

de alimentos, con graves consecuencias, ya que la pesca INDNR amenaza los medios de subsistencia de las comunidades locales, agrava la pobreza y aumenta la inseguridad alimentaria, y ha aumentado significativamente en las últimas dos décadas, especialmente en áreas marinas de alta mar, originando un impacto que sobre el medio ambiente, que es, la sobreexplotación de los océanos y la pérdida del ecosistema marino, comenzando con la amenaza de llevar a las especies marinas al peligro de extinción (FAO, 2022).

La FAO (2016), también refiere, que esta sobreexplotación de especies marinas, está relacionada al consumo global de animales marinos, que ha aumentado a una tasa anual promedio del 3.0% desde 1961, en comparación con una tasa de crecimiento de la población del 1.6%. En términos per cápita, el consumo de alimentos acuáticos ha aumentado de un promedio de 9.9 kg en la década de 1960 a un máximo histórico de 20.5 kg en 2019, aunque ha descendido ligeramente a 20.2 kg en 2020. Se proyecta que el aumento de los ingresos y la urbanización, junto con mejoras en las prácticas posteriores a la cosecha y cambios en las tendencias dietéticas, impulsarán un aumento del 15% en el consumo de alimentos acuáticos, alcanzando un promedio de 21.4 kg por persona en 2030.

Sin embargo, países desarrollados, con un gran porcentaje de población mundial (Asia con 60%), presentan el consumo más elevado de este tipo de productos (Figura 4), dejando a los países emergentes, con una menor disponibilidad de estos alimentos pesqueros, provocando así un mayor índice de inseguridad alimentaria, esto justificándose en las cifras presentadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2019, de los 158 millones de toneladas de alimentos acuáticos disponibles para consumo humano, Asia representó el 72% total. También, en el mismo año, el porcentaje de consumo de alimentos acuáticos de los cinco principales países

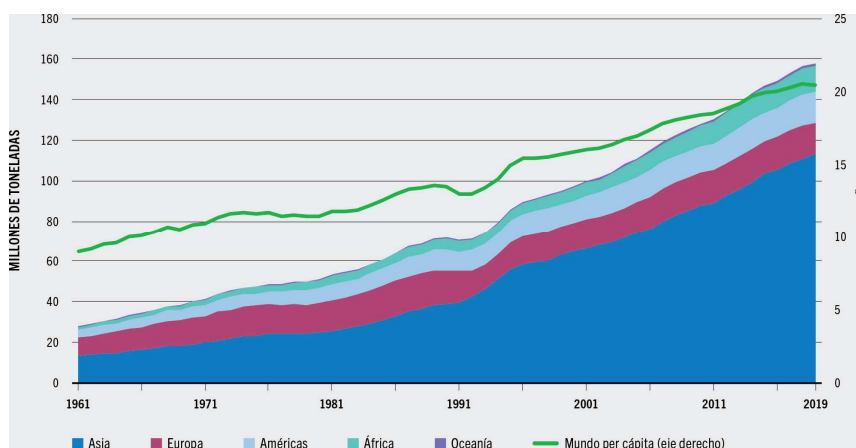
consumidores (China, Indonesia, India, Estados Unidos y Japón) aumentó hasta alcanzar el 59% (FAO, 2022).

El hecho de que los cinco principales países consumidores de alimentos acuáticos sean China, Indonesia, India, Estados Unidos y Japón, destaca una dinámica compleja en el comercio de alimentos acuáticos, esto también sugiere, que los países emergentes, que a menudo son ricos en recursos pesqueros, pueden enfrentar barreras comerciales que dificultan aprovechar el potencial de la globalización para avanzar en la seguridad alimentaria.

En el continente americano, el principal consumidor de productos pesqueros, es Estados Unidos, dejando a los demás países del continente, con un menor consumo. América, es el tercer continente que más consume productos pesqueros, como puede analizarse en la Figura 4.

Figura 4.

Consumo de alimentos acuáticos por continente, 1961-2019.



Fuente. Adaptado de AQUATIC FOOD CONSUMPTION BY CONTINENT 1961–2019, 2022, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Mientras que, la FAO en 2021, refirió que en Latinoamérica y el Caribe, los esfuerzos por crear una sostenibilidad en la pesca aumentaron en los últimos años, los gobiernos proporcionan un estimado de 22 mil millones de dólares, cada año en subsidios perjudiciales para la pesca. Estos subsidios aumentan la capacidad pesquera, fomentan prácticas de pesca INDNR, y van en contra de los esfuerzos por restaurar la pesca mundial y los empleos asociados a ella.

En lugar de apoyar la sostenibilidad y la conservación de los recursos marinos, estos subsidios contribuyen a la sobreexplotación de los océanos y al deterioro de los ecosistemas marinos, es necesario que los gobiernos revisen y reformen sus políticas de subsidios para promover prácticas pesqueras responsables y proteger el medio ambiente marino para las generaciones futuras (Machado Valdivia & Sotolongo Díaz, 2023; Rivas de García, 2023).

A pesar de que México se encuentra entre los 15 países con mayores capturas de pescados y mariscos, el consumo per cápita de productos del mar en el país es relativamente bajo. En 2020, el consumo aparente per cápita de productos del mar, fue de 12 kg, en comparación con el promedio mundial de 20.2 kg. Esto significa que, aunque México tiene una importante actividad pesquera, su población consume menos productos del mar en comparación con otros países, esto, pudiéndose explicar por lo sustentado por Flores, Yasiri y Crespo (2023), quienes mencionan que el poco consumo de alimentos pesqueros, se debe a tres situaciones: disminución en la capacidad para producir y obtener

alimentos de manera autosuficiente, salarios bajos y falta de una variedad de canales nacionales de comercialización.

La reciente preocupación, por la búsqueda de medidas sustentables en todos los países (Ultreras Rodríguez, 2024), para cuidar los océanos, es que, durante el siglo XXI, se prevé que la tierra alcance su capacidad máxima de producción, lo que significa que el océano se convertirá en la principal fuente de alimentos para la población mundial (García García & Roman-Acosta, 2024). Por lo tanto, es crucial tomar medidas urgentes para garantizar la pesca sostenible y el desarrollo de actividades profesionales que respeten el medio marino (Dimitrova, 2021; Roman Santana et al., 2023; Sosa Sánchez, 2023; Roman Acosta, 2023).

Alternativas sostenibles para obtener ácidos grasos omega-3 en productos marinos

A pesar de lo expuesto con anterioridad, la pesca puede ser sostenible para el medio ambiente, existen diversas iniciativas de pesca sostenible y certificaciones que promueven prácticas responsables en la industria pesquera y acuícola, entre las cuales se destacan el Marine Stewardship Council (MSC) y el Aquaculture Stewardship Council (ASC). Estas organizaciones establecen estándares rigurosos para evaluar y certificar la sostenibilidad ambiental y social de las operaciones pesqueras y acuícolas, asegurando que los productos provengan de fuentes gestionadas de manera responsable.

Marine Stewardship Council (MSC)

La Marine Stewardship Council (2023), es una organización internacional de Reino Unido, sin fines de lucro, establecida para contribuir a abordar el problema de la pesca insostenible y salvaguardar el suministro de productos marinos para el futuro.

El MSC administra un programa de certificación y etiquetado ecológico para las pesquerías de captura salvaje que cumplen con las mejores prácticas internacionales en cuanto a estándares de sostenibilidad, en el año de 2023, generaron una guía, que permite a los pescadores de países emergentes, tener un conocimiento y comprensión de los requisitos para la certificación y cómo demostrar el cumplimiento con el estándar, también es importante apoyar los esfuerzos para acercar a las pesquerías en países emergentes y de pequeña escala a la sostenibilidad.

Para que esta certificación se otorgada la MSC (2024), refiere que se debe cumplir con normas específicas, siendo estas las principales:

- La pesquería debe mantener las poblaciones de peces objetivo a niveles saludables y por encima de los puntos de referencia biológicos establecidos.
- La pesquería debe evitar la sobrepesca y la pesca ilegal.
- La pesquería debe minimizar su impacto en las especies no objetivo, los hábitats marinos y el ecosistema en general.
- La pesquería debe implementar medidas para proteger las especies amenazadas y en peligro de extinción.
- La pesquería debe ser transparente y accesible ante sus inversionistas.

Aquaculture Stewardship Council (ASC)

La Aquaculture Stewardship Council (2023), es una organización independiente de Estados Unidos y sin fines de lucro, con la misión de transformar la acuicultura hacia la

sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social utilizando mecanismos de mercado eficientes que generen valor en toda la cadena.

La certificación satisface las necesidades del mercado al ofrecer los estándares más sólidos, creíbles y basados en la ciencia del mundo para el marisco criado de manera responsable, estos estándares, fueron desarrollados mediante una iniciativa multiparticipativa abierta y transparente, con más de 2,000 participantes, y se basan en el mejor conocimiento científico y las prácticas de la industria.

La principal norma para la certificación de ASC (2024), es que las granjas aseguren mediante procesos administrativos adecuados, que los productos certificados ASC se puedan rastrear desde la granja hasta el consumidor y que el etiquetado sea correcto en todos los productos, en las granjas, las principales normativas son:

- Minimizar la destrucción de manglares, la contaminación del agua y el uso de recursos.
- Asegurar la calidad del agua, la bioseguridad y el bienestar de los peces.
- Implementar prácticas laborales justas y seguras, y respetar las comunidades locales.

La búsqueda de una pesca sostenible, es de suma importancia para mantener nuestra ingesta de omega-3, y no degradar al planeta, sin embargo, no es la única opción. Laurett, Paço, y Mainardes (2021) explican, que podemos buscar obtener el omega-3, mediante el consumo de alimentos más sostenibles, como las fuentes vegetales, entre las que se encuentran, el aceite de chía (<60%), linaza (57%), soja, germen de trigo y nueces (7-13%), por lo que a continuación, se analizará el impacto ambiental que estas tienen.

Sostenibilidad ambiental de los cultivos de plantas.

Los cultivos de plantas, como el consumo de chía, ha sido uno de las principales recomendaciones para evitar el consumo de productos pesqueros, sin embargo, para analizarlo, debemos comenzar desde el concepto básico, estos alimentos, provienen de la tierra, mediante la agricultura, que es, es una actividad realizada por el ser humano, y consiste, en cultivar la tierra para producir alimentos destinados a la población humana (Wadsworth, 1997).

Al respecto de los cultivos, la FAO (2018), refiere que debido a la degradación de todos los ecosistemas, la búsqueda de una agricultura que disminuya el deterioro del planeta ha sido un tema de importancia, pues, la agricultura sostenible, tiene el potencial de revertir las tendencias que conducen a la pérdida de biodiversidad, la degradación de los ecosistemas, la deforestación y el deterioro general de nuestros recursos naturales.

Si los ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce se gestionan de manera sostenible, los sectores agrícolas pueden contribuir al suministro de servicios ecosistémicos, que incluye, el mantenimiento de la calidad del agua, el ciclo de nutrientes, la formación y rehabilitación del suelo, el control de la erosión, extracción de dióxido de carbono, el suministro del hábitat de especies salvajes, el control biológico de plagas y la polinización (FAO, 2018).

Sin embargo, la búsqueda de una agricultura sostenible es aún un tema controversial, pues los principales países exportadores de alimentos basados en la agricultura de la tierra, buscan sostener las necesidades alimentarias y económicas, a un bajo costo, Laurett, Paço y Mainardes (2021), afirman que tanto la falta de información, conocimiento, planificación y apoyo económico, obstaculizan los esfuerzos para implementar una agricultura sostenible, esta idea, también es apoyada por López et al. (2021), quienes refieren, que la transición hacia modelos agrícolas sostenibles y los

sistemas alimentarios es un desafío complejo que requiere acciones políticas, jurídicas y culturales, con la participación activa de la comunidad científica y la innovación tecnológica.

Los sistemas alimentarios, sufren una demanda exhaustiva con el aumento de la población mundial, permitiendo que la actividad sobre el medio ambiente, aumente de forma exponencial, rompiendo con la sostenibilidad; el sistema capitalista con el que los países desarrollados compiten, ha generado la explotación de los recursos naturales, incluso, de los de los países emergentes.

El consumo de omega-3, popularizado por su importancia, es un evidente ejemplo de la búsqueda no de la salud humana, ni ambiental, si no, de un proceso económico, donde los países desarrollados, obtengan la mejor ganancia, siendo necesaria una transición alimentaria.

Para que esta transición alimentaria sea posible, es necesario un cambio en las políticas de los países, donde la gobernanza, se enfoque en la búsqueda no solo de la ganancia económica, sino, en el cuidado medioambiental, es esencial encontrar un equilibrio entre la calidad y la producción de los alimentos, garantizando que su producción sea capaz de proporcionar los nutrientes necesarios para todas las personas, sin dañar al medio ambiente.

Viana et al. (2022), sugiere que la búsqueda de una agricultura sostenible no solo permitiría la disminución en la degradación del planeta, si no que, el aporte a la seguridad alimentaria y el impacto en el desarrollo sostenible que esta actividad conlleva, es un factor determinante para mantener un equilibrio ambiental y social.

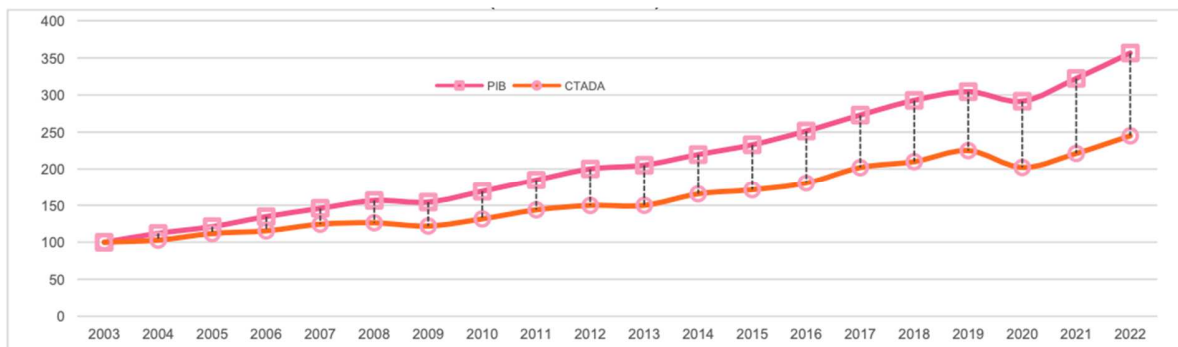
Sin embargo, una de las principales problemáticas mundiales que enfrenta la búsqueda de una agricultura sostenible, es el crecimiento poblacional y los patrones insostenibles de producción y consumo que la globalización ha implementado en los países,

Díaz et al. (2017), reportaron que la agricultura desempeña un papel determinante en los problemas actuales relacionados con la degradación del suelo, en gran parte debido al uso desmesurado de productos químicos, para obtener de forma veloz y a menor costo los cultivos de plantas.

En México, la degradación del ambiente también influye en la pérdida económica, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año de 2022, reportó que los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) ascendieron a 1.2 billones de pesos, lo que representa aproximadamente el 4.1% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional (INEGI, 2023), de este 4.1%, el 0.5% está enfocado en la degradación del suelo, siendo 154,194.9 millones de pesos (Figura 6).

Figura 5.

Comportamiento del PIB y de los CTADA (índice 2003=100)



Fuente. Adaptado de COMPORTAMIENTO DEL PIB Y DE LOS CTADA, 2023, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

En la Figura 5, se puede analizar como los CTADA tienen una tendencia creciente apegada al PIB, a mayor degradación, asciende el PIB invertido, y de 2003 a 2022, la CTADA, ha aumentado de manera exponencial, lo cual, afectará la actividad agrícola, tanto

en su rendimiento como en su variedad, es la principal fuente de ingresos para los pequeños agricultores que producen para su propio consumo, y venta a pequeña escala, el deterioro de los suelos, afecta la seguridad alimentaria y económica, reforzando una “trampa de pobreza” para los pequeños productores, permitiendo la limitación en la adopción de nuevas tecnologías y la reducción en el valor nutricional de los alimentos (Barbosa y Carrao, 2017, Brevik y Sauer, 2015 y Beristain, 2023).

No obstante, el surgimiento de tecnología y la introducción de nuevas políticas públicas, están transformando los suelos de cultivo, lo cual está vinculado con la adopción de fuentes sostenibles de nutrientes, como es el omega-3 para el consumo en la dieta humana, siendo un ejemplo de estas, las microalgas y semillas (Tabla 3).

Metodología

En el presente trabajo, se llevó a cabo una revisión sistemática utilizando una metodología de búsqueda exhaustiva en español e inglés. Esta búsqueda se realizó en varias bases de datos reconocidas, incluyendo: PubMed, ScienceDirect, Scielo, Dialnet y la biblioteca digital de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, empleando las palabras clave “Conservación ambiental”, “cambio climático”, “sobrepesca”, “nutrición”, “biodiversidad”.

Los criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos, libros o tesis se establecieron de acuerdo con los estándares reconocidos en la investigación académica. Se incluyeron aquellos artículos indexados y publicados, así como libros con reconocimiento internacional y nacional, también, se consideraron tesis de maestría o

doctorado en inglés, portugués o español. El período de inclusión abarcó desde 2010 hasta 2024, garantizando así la relevancia temporal de la información recopilada.

Tabla 3.

Criterios de inclusión y exclusión.

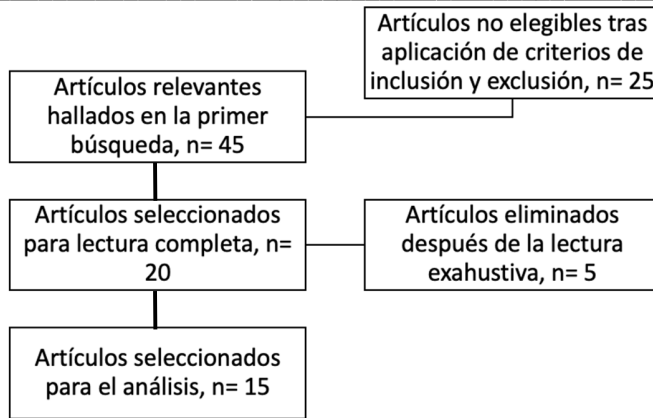
<i>Inclusión</i>	<i>Exclusión</i>
Artículos indexados y publicados	Publicaciones no indexadas o sin revisión por pares
Libros con reconocimiento internacional y nacional	Libros no reconocidos o sin relevancia académica
Tesis de maestría o doctorado en inglés, portugués o español	Tesis sin título académico o fuera de los idiomas especificados
Período de inclusión: 2010 - 2024	Publicaciones anteriores a 2010.
Artículos publicados en revistas indexadas y con factor de impacto.	Artículos no publicados en revistas indexadas y sin factor de impacto.

Fuente. *Elaboración propia.*

Se encontraron un total de 15 referencias que cumplieron con los requisitos de inclusión y exclusión, en la figura 6, se muestra el proceso de cribado para la selección de referencias.

Figura 6.

Proceso de cribado.



Fuente. *Elaboración propia.*

En la Tabla 4 se presentan los quince artículos seleccionados, con sus respectivos títulos y autores. Estos artículos serán comparados y analizados en la sección de discusión y resultados.

Tabla 4.

Artículos seleccionados.

Artículo	Autores
Los efectos del cambio climático y los cambios atmosféricos conexos en los océanos.	UNICEF, 2017
Projected declines in global DHA availability for human consumption as a result of global warming	Colombo, Rodgers y Diamond, 2020.
Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales	Méndez-Espinoza y Vallejo-Reyna, 2019.
Respuestas al estrés por calor en los cultivos y aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos	Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2018.
Plant Unsaturated Fatty Acids: Biosynthesis and Regulation	He, Qin, Wang, Ding, 2020.
Towards sustainable sources for omega-3 fatty acids production	Adarme-Vega, Thomas-Hall y Schenk, 2014.

Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review	Chemat et al., 2017.
New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents	Cvjetko-Bubalo et al., 2018.
Efecto y consecuencias del cambio climático en el contenido de omega 3 en el pescado: Análisis de la viabilidad de otras fuentes de omega 3 para la nutrición humana	Murgadas, 2021.
Simple Glycolipids of Microbes: Chemistry, Biological Activity and Metabolic Engineering.	Abdel-Mawgoud y Stephanopoulos, 2018
Nuevas fuentes de aceites ricos en omega-3 para la producción de lípidos saludables mediante tecnologías limpias de extracción y modificación enzimática	Caballero, 2018.
Ultrasonic-pretreated lipase-catalyzed synthesis of medium-long-medium lipids using different fatty acids as sn-2 acyl-site donors	Wang et al., 2019.
Enzymatic modification to produce health-promoting lipids from fish oil, algae and other new omega-3 sources: a review.	Castejón y Señoráns, 2020.
An overview of current pretreatment methods used to improve lipid extraction from oleaginous microorganisms.	Patel, Mikes y Matsakas 2018.

Fuente. *Elaboración propia.*

Resultados y discusión

Para establecer una relación comparativa de la sostenibilidad ambiental de los ácidos grasos omega-3 provenientes de fuentes marinas y cultivos de plantas, se deben considerar varios factores, como el impacto del cambio climático, la eficiencia de

producción, y las prácticas sostenibles utilizadas, en términos de sostenibilidad ambiental, las fuentes vegetales de omega-3 presentan ventajas sobre las fuentes marinas, sin embargo, las microalgas, en particular, ofrecen una solución prometedora al proporcionar directamente EPA y DHA, similar a los pescados, pero con un impacto ambiental menor, además, la implementación de técnicas de extracción verde puede hacer que la producción de omega-3 a partir de plantas y microalgas sea aún más sostenible, a continuación esto se explicará de manera detallada, comenzando con el análisis de la cantidad de omega-3 disponible en pescados y alimentos de origen vegetal después de los efectos que tiene el calentamiento global en el planeta.

Los cambios en la temperatura del planeta y el incremento del calentamiento global en los océanos (durante el período comprendido entre 1971 y 2010) han permitido que los océanos absorban aproximadamente el 93% del exceso de calor generado por el calentamiento del aire (UNICEF, 2017). Además, National Jewish Health (2023) y Salvino (2016) explican que el calentamiento del mar modifica la cantidad de ácidos grasos que contiene el fitoplancton, definido como un organismo microscópico autótrofo (López et al. 2016).

El fitoplancton tiene la capacidad de fluctuar ante los cambios de temperatura mediante la adaptación de la estructura de sus membranas. Por ejemplo, cuando la temperatura en su ambiente disminuye, aumenta el contenido de PUFA para mantener la fluidez de su estructura en la membrana, por lo que, si la temperatura aumenta, disminuirán los PUFA (Hixson y Arts, 2016). Esta información también está sustentada por Colombo, Rodgers y Diamond (2020), quienes emplearon modelos predictivos basados en datos del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica, Modelo 8 del Sistema Climático, así como información sobre la población a nivel mundial y la disponibilidad de DHA. Ellos

concluyen que el incremento de la temperatura del agua del mar resultaría en una reducción estimada del 10 al 58% en los niveles de DHA para el año 2100 (Murgadas, 2021).

De igual forma, las semillas y plantas, ante el aumento de temperatura en la tierra, sufren estrés abiótico. Méndez-Espinoza y Vallejo-Reyna (2019) explican que el aumento del estrés fisiológico y metabólico de las semillas y plantas es causado por factores ambientales, siendo el principal el incremento de la temperatura terrestre. Este estrés provoca la disminución del crecimiento, desarrollo y rendimiento de los vegetales, afectando en un 50% a los cultivos y en un 95% a la superficie cultivada. Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto (2018) también refieren que temperaturas superiores a 50 °C son extremadamente altas para las plantas, lo que conlleva al daño y destrucción de las células en la estructura de las semillas y plantas, afectando posteriormente los nutrientes que aportarán al ser humano y convirtiéndolas en un alimento que no satisficará las necesidades nutricionales esperadas.

Así mismo, la reducción de omega-3 en pescados debido al calentamiento global de los océanos y la pérdida de nutrientes en las semillas plantea desafíos significativos. La pesca responsable y la promoción de una agricultura sostenible requieren la atención conjunta de todos los países para abordar estos problemas. Este esfuerzo colectivo es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental en el consumo de ácidos grasos omega-3, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. En este contexto, se realizará una comparación de la calidad de los ácidos grasos omega-3 entre el pescado capturado de manera responsable y las alternativas basadas en plantas.

Tabla 5.

Contenido de omega 3 y reducción de omega 3 por cambio climático de principales fuentes alimenticias.

Alimento	ALA (g)	DHA+EPA (g)	Productos marinos		Fuente	Reducción del 36% del contenido omega-3 por cambio climático (g/100g) (32)
			Total n-3 (g)			
Atún blanco (Thunnus alalunga)	NR	NR	1,3 - 3,5		Castro Gonzalez (2002) y Popovic, et al. (2012)	0,832 - 2,24
Atún rojo (Thunnus thynnus)	NR	NR	2,78 - 3,342		Popovic, et al. (2012)	1,779 - 2,139
Sardina (Sardinops pilchardus)	NR	NR	1,74 - 2,83		Šimat, Hamed, Petričević y Bogdanovic (2020) y Zlatanov y Laskaridis (2007)	1,134 - 1,811
Boquerón (Engraulis encrasicolus)	NR	0,75 - 2,03	0,75 - 2,03		Kaya y Turan (2010) y Zlatanov y Laskaridis (2007)	0,48 - 1,299
Salmón (Salmo salar)	NR	NR	1,5 - 1,64		Atehortúa, Velásquez y López (2017) y Jensen, et al. (2020)	0,96 - 1,049
Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)	NR	NR	0,616 - 1,626		Izquierdo, et al. (2000)	0,394 - 1,041
Salmón de granja	NR	NR	1,36 - 4,3		Jensen, et al. (2020) y Sprague, Dick y Tocher (2016)	
Trucha de granja	NR	NR	0,4		OZ y Dikel (2015) y Yeşilayer y Genç (2013)	
Productos derivados de plantas						
Semilla de chía (Salvia hispánica L.)	6,3 - 7,6	NR	6,3 - 7,6		Carrillo-Gómez, Gutiérrez-Cuevas, Muro-Valverde, Martínez-Horner y Torres-Bugarín (2017)	
Semilla de lino (Linum)	15,3 - 19	NR	15,3 - 19		Valero, Alonso, Moreno, Torres y	

usitassimum L.)				Moreiras (2018)
Nuez (Juglans regia)	6,43 - 7,15	NR	6,43 - 7,15	Fuentes Soriano (2019)
Aceite de girasol	NR	NR	3,3	Lizaur y González (2022)
Aceite de oliva extra virgen	NR	NR	3,7	Lizaur y González (2022)
Aceituna negra sin hueso	NR	NR	3,8	Lizaur y González (2022)
Aceite de alga	0,09	43,88	43,97	Conchillo, Valencia, Ansorena y Astiasarán (2006)

Fuente. Murgadas (2021, p. 26).

Como se analiza en la tabla 5, la mayor cantidad de omega-3 se encuentra en alimentos provenientes de plantas, como la semilla de lino y chía. Sin embargo, también se pueden encontrar cantidades significativas de omega-3, proveniente de DHA y EPA, en pescados como el salmón, la sardina y el atún. Estos aportes de los animales marinos, principalmente pescados de agua azul, tienen beneficios mayores para el cuerpo en comparación con los alimentos vegetales. Esto se debe a que los alimentos de origen vegetal contienen omega-3 en forma de ALA, que no se acumula en niveles significativos, incluso cuando se consume en grandes cantidades dietéticas. La conversión de ALA en EPA y DHA a través de la β -oxidación en las mitocondrias es limitada, lo que resulta en una disponibilidad reducida de ALA. Por lo tanto, los alimentos funcionales enriquecidos con EPA y DHA, como las algas marinas, son una opción adecuada para obtener los beneficios ofrecidos por los omega-3 (He, Qin, Wang, Ding, 2020).

En general, la principal fuente de omega-3 proviene de las algas marinas debido a la cadena alimenticia (tabla 5), ya que los pescados las consumen y posteriormente los seres humanos consumen a los pescados. Sin embargo, como se explicó en párrafos

anteriores, la búsqueda de una opción más sostenible para el medio ambiente implica limitar el consumo de pescados, con la excepción de aquellos obtenidos mediante fuentes sostenibles como las granjas de peces. Por lo tanto, una opción que proporciona a nuestro cuerpo las fuentes de DHA y EPA necesarias para sus beneficios son las microalgas o algas marinas. Estas, además, protegen al medio ambiente debido a su fácil obtención (Chisti, 2018).

Para Chisti (2018), las microalgas son microorganismos eucariotas fotosintéticos adaptables a medios marinos. En los últimos años, el ser humano ha comenzado a utilizarlas en diversos productos derivados debido a su capacidad ecológica y de fácil acceso. Como se observa en la tabla 3, el aceite de alga contiene las tres formas de ácidos grasos poliinsaturados en grandes cantidades.

La implementación de microalgas como una óptima forma de consumo para obtener omega-3 y proteger al ambiente ha comenzado a ser estudiada por diversos autores. Adarme-Vega, Thomas-Hall y Schenk (2014) reportaron que las microalgas marinas son los productores primarios más abundantes de moléculas de alto valor, como los ácidos grasos omega-3 y omega-6. Esto es importante para la producción masiva de EPA y DHA, que se producen como componentes de lípidos estructurales debido a sus propiedades esenciales para las funciones celulares de las membranas.

Como se expresó en el párrafo anterior, este amplio espectro de lípidos y nutrientes presentes en las microalgas, justifica su importancia en la producción de extractos enriquecidos destinados a la nutrición humana, debido a su potencial para ser utilizados como ingredientes funcionales en alimentos gracias a su diversidad de moléculas bioactivas con posibles aplicaciones biomédicas y farmacéuticas (Abdel-Mawgoud y Stephanopoulos, 2018), la selección de las especies de microalgas a utilizar, dependerá del fin último que se

busque, como el tratamiento de aguas residuales, alimentación humana o de ganado, sin embargo, Caballero (2018), explica que la especie más utilizada es la perteneciente a las líneas evolutivas de *Estramenopilos (Stramenopiles)*, *Haptista* o *Archaeplastida*, utilizando para obtener EPA y DHA, a los géneros de esta línea, *Nannochloropsis*, *Isochrysis* y *Phaeodactylum*.

La información anterior, es sustentada, por lo mencionado por Wang et al. (2019), quienes mencionan a las principales algas utilizadas en la industria y aprobadas por la Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos y el Reglamento Europeo, siendo estas, las siguientes: *Crypthecodinium cohnii*, *Chlorella sp.*, *Diacronema lutheri*, *Haematococcus sp.*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis sp.*, *Odontella aurita*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Porphyridium cruentum* y *Schizochytrium sp.*

A pesar de la gran diversidad de especies de microalgas disponibles para la producción de aceites y alimentos, gran parte de ellas aún se encuentran en fase de investigación para la aprobación de su uso en humanos, debido a los estrictos controles sanitarios en materia de seguridad alimentaria (Castejón y Señoráns, 2020). A continuación, en la tabla 6, se puede analizar la composición de ácidos grasos de las principales microalgas, incluyendo ácido linolénico (ALN), ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA).

Tabla 6.

Composición de ácidos grasos de las principales microalgas

Especie	ALN (g)	EPA (g)	DHA (g)
<i>Botryococcus terribilis</i>	5,2	1,24	2,26
<i>Chaetoceros muelleri</i>	2,84	0,12	2,12
<i>Chlamydomonas pitschmannii</i>	23,0	NR	NR

<i>Chlorella minutissima</i>	NR	45,0	NR
<i>Chlorella vulgaris</i>	22,17	0,43	0,86
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	NR	NR	30,0
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>	20,24	NR	NR
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	41,4	0,4	NR
<i>Gonyaulax digensis</i>	2,0	8,0	25,0
<i>Isochrysis galbana</i>	5,54	NR	3,92
<i>Leptolyngbya sp.</i>	1,56	NR	NR
<i>Lyngbya sp.</i>	5,15	NR	NR
<i>Nannochloropsis</i>	0,9	29,7	NR
<i>Nostoc muscorum</i>	11,24	NR	NR
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	1,71	28,4	NR
<i>Porphyridium cruentum</i>	NR	17,0	NR
<i>Scenedesmus obliquus</i>	23,0	NR	NR
<i>Synechococcus sp</i>	1,94	NR	NR
<i>Tetraselmis chunii</i>	17,57	NR	NR
<i>Tetraselmis suecica</i>	14,57	5,24	NR
<i>Thalassiosira fluviatilis</i>	6,69	NR	NR
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	3,99	2,15	NR

Fuente. Regalado (2021, p. 14-15). Xue et al. (2020, p. 13-14). Ohse et al. (2015 p. 93-101). Abou-Shanab et al. (2011, p. 95). Sahu et al. (2013, p. 53). y Ramírez (2015, p. 29-30).

Las principales microalgas, con alto contenido de ALN, EPA y DHA, son *Botryococcus terrebilis*, *Chaetoceros muelleri*, *Chlorella vulgaris* y *Gonyaulax digensis*, sin embargo, los autores refieren que, para el consumo de estas algas, la mejor opción es la extracción de aceites, por lo que a continuación, se buscará la sostenibilidad en la extracción de aceites provenientes de microalgas, mediante tecnologías avanzadas de extracción y el empleo de disolventes medioambientalmente limpios.

Patel, Mikes y Matsakas (2018) explican que la extracción de aceites de microalgas debe cumplir con requisitos estrictos para ser viable a escala industrial, destacando la necesidad de que sea rápida, eficiente, no reactiva, respetuosa con el ambiente, económica y que no comprometa la seguridad alimentaria.

Extracción verde

La extracción verde se refiere a la reducción del consumo energético en los procesos de extracción mediante el uso de disolventes alternativos y sostenibles, manteniendo la calidad y seguridad del producto. Este enfoque se define como procesos limpios y ecológicos para la extracción de productos naturales y compuestos bioactivos, basados en seis principios clave (Chemat et al., 2017): innovación en la selección de recursos vegetales renovables, uso de disolventes alternativos como el agua o derivados del petróleo, optimización de unidades de producción para asegurar procesos seguros y controlados, reducción del consumo energético, aplicación de tecnologías innovadoras, obtención de extractos finos de alta calidad y seguridad sin contaminantes, y aprovechamiento de subproductos en lugar de generar residuos.

Caballero (2018) señala que la implementación de tecnologías limpias y sostenibles en la extracción es crucial para garantizar prácticas sostenibles. El uso de disolventes verdes, como el agua, que tiene la menor puntuación global entre los disolventes comunes, se presenta como la opción más segura, ecológica y económica. Técnicas avanzadas como la Extracción Asistida por Presión (PLE), la Extracción Asistida por Ultrasonido (UAE) y la Extracción Asistida por Microondas (MAE) permiten reducir el tiempo de extracción, minimizar el uso de disolventes y disminuir el consumo de energía (Chemat et al., 2017; Cvjetko-Bubalo et al., 2018).

Esta información se apoya en el trabajo de Caballero (2018), quien desarrolló un método de extracción verde utilizando la microalga *Nannochloropsis gaditana*, que incluyó fraccionamiento y pretratamiento enzimático con agua, etanol y el método de PLE, logrando obtener omega-3 con un 53% de EPA. Además, este investigador aplicó estas técnicas en semillas como la chía (con un contenido de ALA del 65%), la camelia (con ALA del 30%) y la echium (con ALA del 35%), demostrando su eficacia en la obtención de aceites ricos en omega-3. Caballero concluyó que métodos tradicionales como la extracción Soxhlet, que utilizan disolventes orgánicos derivados del petróleo, pueden ser sustituidos por técnicas más eficientes en tiempo, disolvente y energía, como el uso de agua, etanol, acetato de etilo o isopropanol.

Conclusiones

La comparación entre las fuentes marinas y los cultivos de plantas en términos de sostenibilidad ambiental revela matices importantes. La adopción de prácticas como la pesca responsable certificada es crucial para mantener la biodiversidad marina y asegurar un suministro constante de omega-3. Sin embargo, esta estrategia enfrenta desafíos significativos, como la sobreexplotación de recursos y los impactos negativos en los ecosistemas marinos.

Por otro lado, la agricultura sostenible, especialmente a través del cultivo de plantas ricas en omega-3 como las semillas de lino y chía, presenta una alternativa menos agresiva para el medio ambiente, estas plantas pueden ser cultivadas utilizando técnicas agrícolas que minimicen el uso de pesticidas y fertilizantes químicos, reduciendo así la huella ecológica, es de importancia destacar, que una alternativa emergente y prometedora es el cultivo de microalgas, que pueden producir omega-3 de manera eficiente y sostenible,

las microalgas pueden ser cultivadas a gran escala bajo condiciones controladas, utilizando menos tierra y agua en comparación con los cultivos tradicionales y sin afectar los ecosistemas marinos, aunque la investigación en este campo aún está en desarrollo, el impulso hacia su adopción podría generar productos innovadores que beneficien tanto la salud humana como el medio ambiente.

Si bien las fuentes marinas y los cultivos de plantas ofrecen beneficios y desafíos únicos, la búsqueda de alternativas sostenibles como las microalgas podría marcar un avance significativo en la producción de omega-3. Es esencial continuar investigando y promoviendo estas alternativas para garantizar un suministro adecuado de omega-3 en la dieta, protegiendo al mismo tiempo los ecosistemas y promoviendo la sostenibilidad ambiental.

Referencias

- Abdel-Mawgoud, A., & Stephanopoulos, G. (2018). Simple Glycolipids of Microbes: Chemistry, Biological Activity and Metabolic Engineering. *Synthetic and Systems Biotechnology*, 3, 3-19. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2017.12.001>
- Abou-Shanab, R., Matter, I., Kim, S., Oh, Y., Choi, J., & Jeon, B. (2011). Characterization and identification of lipid-producing microalgae species isolated from a freshwater lake. *Biomass and Bioenergy*, 35(79), 95. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.04.021>
- Adarme-Vega, C., Thomas-Hall, S., & Schenk, P. (2014). Towards sustainable sources for omega-3 fatty acids production. *ELSEVIER*, 26, 14-18. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.08.003>
- Aquaculture Stewardship Council (ASC). (2024). *Getting certified: Producers ASC*. <https://asc-aqua.org/producers/get-certified/>
- Aquaculture Stewardship Council. (2023). *ASC Feed Standard (1st ed.)*. Londres: ASC.

- Atehortúa, A., Velásquez, C., & López, B. (2017). Caracterización de diversas especies de peces como fuente de PUFAs y omega 3 según su perfil de ácidos grasos. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 19(1), 93-108. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v19n1a08>
- Bahadar, A., & BilalKhan, M. (2013). Progress in energy from microalgae: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 128-148. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.029>
- Barbosa, P., & Carrao, H. (2017). Migración ambiental: Efecto de la sequía y desertificación de tierras en el desplazamiento de comunidades rurales de América Latina y el Caribe [Informe]. Joint Research Centre of the European Commission.
- Barrett, B., & Bevis, L. (2015). The self-reinforcing feedback between low soil fertility and chronic poverty. *Nature Geoscience*, 8, 907-912. <https://doi.org/10.1038/ngeo2591>
- Beristain, R., & Álvarez, M. (2023). Microalgas, alternativa biotecnológica. *Universitaria*, 6(44), 36-38. <https://revistauniversitaria.uaemex.mx/article/view/21261>
- Brevik, C., & Sauer, J. (2015). The past, present and future of soils and human health studies. *SOIL*, 1, 35-46. <https://doi.org/10.5194/soil-1-35-2015>
- Caballero, N. (2018). Nuevas fuentes de aceites ricos en omega-3 para la producción de lípidos saludables mediante tecnologías limpias de extracción y modificación enzimática [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Madrid], 24-50.
- Carrillo-Gómez, C., Gutiérrez-Cuevas, M., Muro-Valverde, M., Martínez-Horner, R., & Torres-Bugarín, O. (2017). La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *Medigraphic*, 12(1), 18-24. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=73512>
- Carrillo-Gómez, C., Gutiérrez-Cuevas, M., Muro-Valverde, M., Martínez-Horner, R., & Torres-Bugarín, O. (2017). La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *Medigraphic*, 12(1), 18-24. <https://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr171c.pdf>
- Castejón, N., & Señoráns, F. (2020). Enzymatic modification to produce health-promoting lipids from fish oil, algae and other new omega-3 sources: a review. *New Biotechnology*, 57, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.02.006>

- Castro González, M. (2002). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27(3), 128-136. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000300005
- Chaves-Barrantes, N., & Gutiérrez-Soto, M. (2018). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 237-253. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21903>
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound Assisted Extraction of Food and Natural Products. Mechanisms, Techniques, Combinations, Protocols and Applications. A Review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540-560. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- Chisti, Y. (2018). Society and Microalgae: Understanding the Past and Present. En I. A. Levine & J. Fleurence (Eds.), *Microalgae in Health and Disease Prevention* (pp. 11-21). San Diego, USA: *Elsevier Academic Press*.
- Colombo, S., Rodgers, T., & Diamond, M. (2020). Projected declines in global DHA availability for human. *The Royal Swedish Academy of Science*, 49, 865-880. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01234-6>
- Conchillo, A., Valencia, P., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2006). Alimentos funcionales: Componentes funcionales en aceites de pescado y alga. *Nutrición Hospitalaria*, 21(3), 369-373. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000300013
- Cvjetko-Bubalo, M., Vidović, S., Radojčić Redovniković, I., & Jokić, S. (2018). New Perspective in Extraction of Plant Biologically Active Compounds by Green Solvents. *Food and Bioproducts Processing*, 109, 52-73. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.03.001>
- Díaz, A., Gebler, L., Maia, L., Medina, L., & Trelles, S. (2017). Buenas prácticas agrícolas para una agricultura más resiliente: Lineamientos para orientar la tarea de productores y gobiernos [Informe]. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1073646>
- Dimitrova, M. (2021). Efectos negativos del sector pesquero en el medio marino [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Valencia], 50-58. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/158361/Dimitrova%20->

- [%20Efectos%20negativos%20del%20sector%20pesquero%20en%20el%20medi
o%20marino..pdf?sequence=2&isAllowed=y](#)
- Estella, A., Gómez, M., Parra, F., Romero, A., & López, L. (s.f.). Semillas de girasol, lino, chía y sésamo. Compuestos nutricionales y su efecto sobre la salud. *Revista Nutrición Investigación*, 5-6. https://escuelanutricion.fmed.uba.ar/revistani/pdf/21a/rb/911_c.pdf
- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. <https://www.fao.org/3/cc0461es/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture-production.html>
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation [Informe]. Roma: FAO. <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>
- Flores, M., Yasiri, M., & Crespo, J. (2023). Hábitos de consumo y valor nutricional de los recursos marinos entre los pescadores de Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas*, 110. <https://doi.org/10.14350/rig.60690>
- Fuentes Soriano, P. (2019). Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases para la diferenciación de nueces (*Juglans regia*) según su origen [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Cádiz], 1-52. https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García García FJ, Roman-Acosta D. Deindustrialization: efficiency and local development. *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations*. 2024; 2:312. DOI: <https://doi.org/10.56294/piii2024312>
- García, A. (2019). Los ácidos grasos esenciales: prevención y tratamiento de la inflamación [Documento de trabajo, Universidad de Cantabria], 10-11. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/16516/lba%C3%B1ezGarciaAlejandro.pdf?sequence=1>
- He, M., Qin, C., Wang, X., & Ding, N. (2020). Plant unsaturated fatty acids: biosynthesis and regulation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 390. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00390>

- Hixson, S., & Arts, M. (2016). Climate warming is predicted to reduce omega-3. *Global Change Biology*, 22, 2744-2755. <https://doi.org/10.1111/gcb.13295>
- INEGI. (2023). Cuentas económicas y ecológicas de México (CEEM) (pp. 2-3). <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CEEM/CEEM2022.pdf>
- International Food Information Council. (2020). Omega-3 fatty acids. <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2020/12/IFIC-Omega-3-Fact-Sheet.pdf>
- Izquierdo, P., Torres, G., Barboza de Martínez, Y., Márques, E., & Allara, M. (2000). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200013
- Jensen, J., Eilertsen, K., Otnæs, C., Mæhre, H., & Elvevoll, E. (2020). An Update on the Content of Fatty Acids, Dioxins, PCBs and Heavy Metals in Farmed, Escaped and Wild Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods*, 9, 1-17. <https://doi.org/10.3390/foods9121901>
- Kaya, Y., & Turan, H. (2010). Comparison of protein, lipid and fatty acids composition of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) during the commercial catching season. *Journal of Muscle Foods*, 21, 474-483. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00196.x>
- Laurett, R., Paço, A., & Mainardes, E. (2021). Measuring sustainable development, its antecedents, barriers, and consequences in agriculture: An exploratory factor analysis. *Environmental Development*, 37, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100583>
- Lizaur, A., & González, B. (2022). SMAE Sistema Mexico de Alimentos Equivalentes (5ta ed.). Ciudad de México: *Fomento de Nutrición*.
- López, M., Mercedes, S., Oliva, M., Valdez, P., Almeida, O., Zatarain, O., & Sandoval, E. (2016). Fitoplancton: pequeños centinelas del océano. *Ciencia*, 1, 1-2. <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/FitoPlancton.pdf>

- López-Sánchez, A., Luque-Badillo, A., Orozco-Nunnely, D., Alencastro-Larios, N., Ruiz-Gómez, J., García-Cayuela, T., & Gradilla-Hernández, M. (2021). Food loss in the agricultural sector of a developing country: transitioning to a more sustainable approach. The case of Jalisco, Mexico. *Environmental Challenges*, 5(2021), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100327>
- Lyssia, T., & Rodríguez, M. (2015). El efecto de omega 3 en la salud humana y consideraciones en la ingesta. *Revista chilena de nutrición*, 42(1), 90-95. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000100012>
- Machado Valdivia, A. ., & Sotolongo Díaz, D. . (2023). Impacto del cambio climático en la hidrología de regiones criohidrológicas: una revisión sistemática. *Journal of Scientific Metrics and Evaluation*, 1(1), 12-25. <https://doi.org/10.69821/JoSME.v1i1.1>
- Marine Stewardship Council. (2023). Working towards MSC certification: A practical guide for fisheries improving sustainability. Londres: MSC.
- Marine Stewardship Council. (2024). El Estándar de Pesquerías MSC. <https://www.msc.org/es/estandares-y-certificacion/los-estandares-de-msc/el-estandar-de-pesquerias-msc>
- Méndez-Espinoza, C., & Vallejo Reyna, M. (2019). Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56), 33-64. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.567>
- Murgadas, M. (2021). Efecto y consecuencias del cambio climático en el contenido de omega 3 en el pescado: Análisis de la viabilidad de otras fuentes de omega 3 para la nutrición humana [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Valencia], 15-31. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/170863/Puchades%20-%20Efecto%20y%20consecuencias%20del%20cambio%20climatico%20en%20el%20contenido%20de%20omega%203%20en%20el%20pescado%20A....pdf?sequence=2>
- National Institutes of Health. (2020). Datos sobre los ácidos grasos omega-3 (pp. 1-4). <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-DatosEnEspañol/>
- National Institutes of Health. (2022). Datos sobre los ácidos grasos omega-3. <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Omega3-DatosEnEspañol.pdf>

- National Jewish Health. (2023). Fish Oil and Omega-3 Fatty Acids. <https://www.nationaljewish.org/conditions/medications/supplements/fish-oil-and-omega-3#:~:text=Although%20fish%20is%20a%20source,plankton%20consumed%20in%20their%20diets.>
- Ohse, S., Bianchini, R., Ávila, R., Gordo, R., Badiale, E., & Cunha, P. (2015). Lipid content and fatty acid profiles in ten species of microalgae. *Idesia*, 33(1), 93-101. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000100010>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). La pesca ilegal, no declarada y no reglamentada [Documento técnico]. <https://www.fao.org/3/i6069s/i6069s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Biodiversidad para una agricultura sostenible [Informe]. <https://www.fao.org/3/CA2227ES/ca2227es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2021). ¿Qué dice la evidencia sobre los efectos de los subsidios perjudiciales a la pesca en América Latina y el Caribe? [Reunión Virtual]. https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/reporte_subsidios_pesca_v4_04112021_final.pdf
- Oz, M., & Dikel, S. (2015). Comparison of Body Compositions and Fatty Acid Profiles of Farmed and Wild Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Science and Technology*, 3(4), 56-60. <https://doi.org/10.13189/fst.2015.030402>
- Patel, A., Mikes, F., & Matsakas, L. (2018). An overview of current pretreatment methods used to improve lipid extraction from oleaginous microorganisms. *Molecules*, 23(7), 1-22. <https://doi.org/10.3390/molecules23071562>
- Popovic, N., Kozacinski, L., Strunjak-Perovic, I., Coz-Rakovac, R., Jadan, M., Cvrtita-Fleck, Z., & Barisic, J. (2012). Fatty acid and proximate composition of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) muscle with regard to plasma lipids. *Aquaculture Research*, 43, 722-729. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02880.x>

- Ramírez, A. (2015). Purificación de ácido eicosapentaenoico (EPA) mediante reacciones enzimáticas [Tesis doctoral, Universidad de Almería]. Almería, España. <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/91/MEMORIA.pdf?sequence=1>
- Regalado, H. (2021). Obtención de lípidos estructurados a partir de microalgas [Tesis de maestría, Universidad de Almería], 4-39. <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13489/CAIROS%20REGALADO,%20HECTOR%20SALVADOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivas de García, B. L. . (2023). Capital social y empoderamiento: estrategias de trabajo social en comunidades rurales. *Journal of Scientific Metrics and Evaluation*, 1(1), 31-48. <https://doi.org/10.69821/JoSME.v1il.3>
- Román Santana, W. M., López, L. del C., y Román Acosta, D. (2023). Potencialidades de América Latina en el sector turístico. *Negonotas Docentes*, (21), 57-69. <https://revistas.cun.edu.co/index.php/negonotas/article/view/950>
- Roman-Acosta, D. (2023). Intersectoral collaboration for the development of rural entrepreneurship in Latin America and the Caribbean. *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations*, 1, 224. <https://doi.org/10.56294/piii2023224>
- Sahu, A., Pancha, I., Jain, D., Paliwal, C., Ghosh, T., Patidar, S., Bhattacharya, S., & Mishra, S. (2013). Fatty acids as biomarkers of microalgae. *Phytochemistry*, 89, 53-58. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.02.001>
- Salvino, T. (2006). Psychrophilic microorganisms: challenges for life. *Embo Reports*, 7, 385-389. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400662>
- Šimat, V., Hamed, I., Petričević, S., & Bogdanović, T. (2020). Seasonal Changes in Free Amino Acid and Fatty Acid Compositions of Sardines (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) Implications for Nutrition. *Foods*, 9(7), 867. <https://doi.org/10.3390/foods9070867>
- Sosa Sánchez, V. J. (2023). Virtud en gobernantes y ciudadanos: Análisis según Tomás de Aquino y Marsilio de Padua. *Actas Iberoamericanas En Ciencias Sociales*, 1(1), 9-14. <https://plagcis.com/journal/index.php/aicis/article/view/5>

- Sprague, M., Dick, J., & Tocher, D. (2016). Impact of sustainable feeds on omega-3 long-chain fatty acid levels in farmed Atlantic salmon, 2006-2015. *Scientific Reports*, 6, 1-9. <https://doi.org/10.1038/srep21892>
- Ultreras Rodríguez, A. . (2024). Accesibilidad a la investigación multidisciplinaria. *Revista Multidisciplinaria Voces De América Y El Caribe*, 1(1), 11-13. <https://remuvac.com/index.php/home/article/view/14>
- UNAM. (s.f.). Combatir la pesca irregular en México requiere consumidores más informados. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/combater-la-pesca-irregular-en-mexico-requiere-consumidores-mas-informados/
- UNICEF. (2017). Los efectos del cambio climático y los cambios atmosféricos conexos en los océanos (1st ed.). UNICEF.
- Valenzuela, A. (2015). Las microalgas: una fuente renovable para la obtención de ácidos grasos omega-3 de cadena larga para la nutrición humana y animal. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(3), 306-310. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000300013>
- Valero, T., Alonso, P., Moreno, E., Torres, J., & Moreiras, G. (2018). La alimentación española, características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta (2da ed.). Madrid: ROAL.
- Viana, C., Freire, D., Abrantes, P., Rocha, J., & Pereira, P. (2022). Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 806(3), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150718>
- Wadsworth, J. (1997). Análisis de sistemas de producción animal, tomo 1: Las bases conceptuales [Libro]. FAO, 21-42.
- Wang, Q., Xie, Y., Johnson, D., Li, Y., He, Z., & Li, H. (2019). Ultrasonic-pretreated lipase-catalyzed synthesis of medium–long–medium lipids using different fatty acids as sn-2 acyl-site donors. *Food Science & Nutrition*, 7, 2361–2373. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1083>
- Xue, Z., Yu, Y., Yu, W., Gao, X., Zhang, Y., & Kou, X. (2020). Development prospect and preparation technology of edible oil from microalgae. *Frontiers in Marine Science*, 7(402), 13-14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00402>

Yeşilayer, N., & Genç, N. (2013). Comparison of proximate and fatty acid compositions of wild brown trout and farmed rainbow trout. *South African Journal of Animal Science*, 43(1), 88-97. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i1.11>

Zlatanov, S., & Laskaridis, K. (2007). Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish – sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and picarel (*Spicara smaris*). *Food Chemistry*, 103, 725-728. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.013>

Sobre el autor Principal

Como Licenciado en Nutrición por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, he completado mi formación académica con un enfoque especializado en el campo de la nutrición y la salud. Durante mi servicio social en la misma universidad, colaboré estrechamente con investigadores de tiempo completo en la elaboración de diversos artículos y proyectos de investigación. Esta experiencia me ha brindado una sólida base en la aplicación de metodologías de investigación y análisis de datos, así como un profundo conocimiento en mi área de especialización.

Declaración de intereses

Declaro no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Financiamiento

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro.

Declaración de responsabilidad autoral

López Riveroll Angel Sebastián: Conceptualización y sistematización de ideas; formulación de objetivos y fundamentos teóricos y metodológicos del tema expuesto. Redacción del manuscrito original; preparación, creación y presentación del trabajo.



Martínez Rendón Noemí: Recopilación de datos; aplicación de técnicas estadísticas para analizar o sintetizar datos de estudio; conclusiones.

Ariza Ortega José Alberto: Conceptualización y sistematización de ideas; Revisión y edición.

