

TRABAJO FIN DE GRADO

Doble grado en Farmacia y Óptica y Optometría

EMPLEO EN NUTRICIÓN Y FITOTERAPIA DE ACEITES DE SEMILLAS RICOS EN ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES OMEGA-3. EVIDENCIAS CIENTÍFICAS.



Autora: Beatriz de la Puente Cobacho

Lugar y fecha de presentación: Sevilla, junio 2020

Departamento: Farmacología

Tutora: Ana María Quílez Guerrero

Tipología del proyecto: Revisión bibliográfica



UNIVERSIDAD DE SEVILLA



FACULTAD DE FARMACIA

RESUMEN

Introducción: El aporte de los ácidos grasos omega-6 (ácido linoleico) y omega-3 (ácido linolénico) en la dieta es esencial para el desarrollo de determinadas funciones biológicas, sin embargo, en la actualidad hay un desequilibrio en la relación de omega-6/omega-3 hasta valores mayores de 20/1, en comparación con la recomendación menor a 5/1. Estudios recientes indican que el omega-3 es importante en la prevención de enfermedades no contagiosas, contribuyendo este mal balance a la producción de eicosanoides proinflamatorios y el desarrollo de enfermedades inflamatorias, cardiovasculares o cáncer. Las especies marinas son la forma más eficiente de obtener los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, pero el aumento de la población mundial y la sobreexplotación pesquera, pueden limitar estos suministros, por ello, se están buscando alternativas más sostenibles que sean fuentes de omega-3 como microalgas, plantas y semillas. **Objetivos:** Identificar las semillas y aceites derivados más comunes que contienen omega-3 y evidencias que avalen su uso, así como otras especies con posible potencial para su utilización como fuentes de omega-3 y propuestas de recursos sostenibles. **Metodología:** Para la elaboración de esta revisión se emplearon bases de datos como PubMed, Scholar Google, Scielo y ScienceDirect, así como sitios web, monografías y textos científicos. **Resultados:** Entre las especies encontradas con mejor ratio omega-6/omega-3 y evidencias científicas en relación con sus beneficios terapéuticos, destacan las semillas de *Cannabis sativa*, *Linum usitatissimum*, *Salvia hispanica*, *Glycine max* y *Juglans regia*. Además, algunos estudios recogen el potencial de otras especies como *Buglossoides arvensis* y *Echium plantagineum* por contener ácido estearidónico, con mejor conversión a los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga que el ácido linolénico. **Conclusiones:** Las semillas y aceites de semillas se pueden considerar una buena fuente de omega-3 con efectos beneficiosos sobre la salud, destacando el potencial del ácido estearidónico presente en algunas especies, siendo necesarios más estudios y ensayos clínicos que apoyen su utilización en Fitoterapia y Nutrición.

PALABRAS CLAVE

Semillas, omega-3, ácido estearidónico, enfermedades inflamatorias.

ACRÓNIMOS

- **AGPI:** ácidos grasos poliinsaturados
- **AGPICL:** ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga
- **n-3:** omega-3
- **n-6:** omega-6
- **ALA:** ácido α -linolénico
- **LA:** ácido linoleico
- **AA:** ácido araquidónico
- **EPA:** ácido eicosapentaenoico
- **DHA:** ácido docosahexaenoico
- **SDA:** ácidos estearidónico
- **AO:** ácido oleico
- **FAO:** Food and Agriculture Organization
- **FESNAD:** Federación Española de sociedades de nutrición, alimentación y dietética
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud
- **PGE₂:** Prostaglandina E₂
- **PGI₂:** Prostaciclina I₂
- **TXA₂:** Tromboxano A₂
- **LTB₄:** Leucotrieno B₄
- **PGE₃:** Prostaglandina E₃
- **PGF₃:** Prostaglandina F₃
- **PGI₃:** Prostaciclina I₃
- **TXA₃:** Tromboxano A₃
- **TXB₃:** Tromboxano B₃
- **PGE₁:** Prostaglandina E₁
- **LTB₅:** Leucotrieno B₅
- **PGE₁:** Prostaglandina E₁
- **PGF₁:** Prostaglandina F₁
- **TXA₁:** Tromboxano A₁
- **15-HETE:** ácido 15-hidroxeicosatetraenoico
- **EFSA:** European Food Safety Authority

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	ÁCIDOS GRASOS	1
1.1.1.	Definición y clasificación	1
1.1.2.	Ácidos grasos poliinsaturados	2
1.2.	ÁCIDOS GRASOS OMEGA-6	7
1.3.	ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3	8
1.3.1.	Características de los principales ácidos grasos omega-3.....	8
1.3.2.	Importancia de los ácidos grasos omega-3 en la salud.....	10
1.3.3.	Situación de los recursos actuales de omega-3.....	14
2.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	15
3.	METODOLOGÍA	15
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1.	SEMILLAS Y ACEITES DE SEMILLAS FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3.....	16
4.1.1.	<i>Cannabis sativa</i>	16
4.1.2.	<i>Linum usitatissimum</i>	18
4.1.3.	<i>Perilla frutescens</i>	19
4.1.4.	<i>Plukenetia volubilis</i>	20
4.1.5.	<i>Salvia hispanica</i>	21
4.2.	SEMILLAS Y ACEITES DE SEMILLAS QUE CONTIENEN ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3	22
4.2.1.	<i>Glycine max</i>	23
4.2.2.	<i>Juglans regia</i>	24
4.2.3.	<i>Triticum aestivum</i>	25
4.3.	OTRAS SEMILLAS Y ACEITES DE SEMILLAS CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3.....	27
4.3.1.	Semillas y aceites de semillas ricas en ácidos grasos omega-3 con menores evidencias científicas.....	27
4.3.2.	Otras semillas encontradas con alto contenido de omega-3.....	29
5.	CONCLUSIONES.....	31
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	31

1. INTRODUCCIÓN

Los lípidos de la dieta son una fuente principal de energía cuya calidad tiene una importante influencia sobre la salud. Las guías nutricionales y recomendaciones nacionales e internacionales aconsejan que las grasas totales se encuentren entre el 20 y 35% de la energía diaria aportada en la dieta. La calidad de la grasa viene definida por su composición en ácidos grasos, recomendándose los siguientes valores: 7-8% de ácidos grasos saturados, 15-20% de ácidos grasos monoinsaturados y 5% de ácidos grasos poliinsaturados. Diferentes estudios realizados han proporcionado resultados sobre el impacto beneficioso o perjudicial de los distintos ácidos grasos sobre la salud (Mataix, 2002b; Ros et al., 2015).

Uno de los retos actuales es lograr el equilibrio en la ingesta de los ácidos grasos, destacando el desequilibrio existente de las dietas occidentales hacia un consumo excesivo de omega-6 y escaso de omega-3, que se asocia con la incidencia y severidad de algunas enfermedades. La importancia nutricional de los ácidos grasos omega-3 ha sido especialmente documentada en los últimos años y, aunque no necesitan estar en grandes cantidades, son esenciales (Panse y Phalke, 2016).

Estos ácidos grasos se obtienen principalmente de los animales de origen marino, sin embargo, el aumento de la población mundial y las limitaciones de la sobreexplotación pesquera han impulsado la necesidad de buscar fuentes de origen vegetal adicionales a las ya conocidas (vegetales de hoja verde y algunas especies de semillas) así como el desarrollo biotecnológico mediante modificación genética de algunas de estas para aumentar la acumulación de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 de cadena larga (Mataix, 2002a; Panse y Phalke, 2016).

1.1. ÁCIDOS GRASOS

1.1.1. Definición y clasificación

Se define a los ácidos grasos como biomoléculas orgánicas de naturaleza lipídica, formadas por una cadena hidrocarbonada lineal, de diferente longitud o número de átomos de carbono, en cuyo extremo final hay un grupo carboxilo (R-COOH) (Oleñik Memmel, 2015).

Los ácidos grasos son constituyentes tanto de los triglicéridos como de los lípidos complejos y pueden esterificar también el colesterol. Los ácidos grasos de interés biológico son

ácidos carboxílicos, muy débiles, de número par de átomos de carbono (fundamentalmente entre 4 y 26). Son compuestos muy insolubles en agua y ricos en energía metabólica.

Se pueden clasificar en cuatro grupos según la longitud de su cadena (nº de átomos de carbono): de cadena corta (4-6), de cadena media (8-12), de cadena larga (14-18) y de cadena muy larga (20 o más). Así mismo, los ácidos grasos pueden ser saturados, tener un doble enlace (monoinsaturados o monoenoicos) o más dobles enlaces (poliinsaturados o polienoicos) (Mataix, 2002b).

1.1.2. [Ácidos grasos poliinsaturados](#)

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) pueden clasificarse, según la posición en que se encuentre su primer doble enlace en el tercer carbono (Omega-3 o n-3) o en el sexto carbono (Omega-6 o n-6). El ácido linoleico (LA) es el precursor de los ácidos grasos de la familia n-6 y el ácido α -linolénico (ALA) es el precursor de los ácidos grasos de la familia n-3 (Mataix, 2002b; Calviello y Serini, 2010).

LA y ALA se consideran “ácidos grasos esenciales” debido a que nuestro organismo no tiene las desaturasas capaces de introducir un doble enlace en los átomos de carbono 12 (Δ 12-desaturasa) y 15 (Δ 15-desaturasa) de los ácidos grasos, de manera que se deben incorporar a nuestro metabolismo mediante la ingesta de alimentos (Muriana, 2002a; Oleñik Memmel, 2015).

El papel biológico de los ácidos grasos se puede dividir en:

- Función energética: Son moléculas muy energéticas y necesarias en procesos celulares que tienen lugar en presencia de oxígeno, ya que por su contenido en hidrógenos tienen una mayor capacidad de oxidación que los glúcidos u otros compuestos.
- Función estructural: Son componentes fundamentales de fosfolípidos y esfingolípidos, formando la bicapa lipídica de las membranas celulares del organismo.
- Función reguladora: Algunos son precursores de los eicosanoides, moléculas con una gran actividad biológica y que intervienen en procesos vitales como la respuesta inflamatoria, regulación de la temperatura corporal, procesos de coagulación sanguínea, contracción del músculo liso, etcétera (Oleñik Memmel, 2015; Ros et al., 2015).

1.1.2.1. Metabolismo

En la figura 1 se representa una estimación de las rutas metabólicas más significativas que pueden seguir los ácidos grasos esenciales. La β -oxidación es la principal ruta hasta CO_2 , afectando al resto de rutas en función del déficit energético. En este sentido, hasta el 100% de los ácidos grasos esenciales podrían convertirse en CO_2 (Muriana, 2002a).

Por otro lado, en el ser humano, la metabolización de LA y ALA, se da por un mismo sistema enzimático microsomal y consiste en sucesivos procesos de desaturación y elongación (Figura 2) para la producción de ácidos grasos poliinsaturados de cadena más larga, con funciones energéticas, estructurales y reguladoras. Estas cascadas metabólicas son rutas competitivas debido a que la catálisis es realizada por las mismas enzimas. A pesar de que la $\Delta 6$ -desaturasa tiene mayor afinidad por el ALA, se aporta en la dieta más cantidad del LA, de manera que la predominancia de este da lugar a la continuación de la ruta de la familia n-6, formándose más araquidónico (AA) (Muriana, 2002a; Ayuso y Sánchez, 2010).

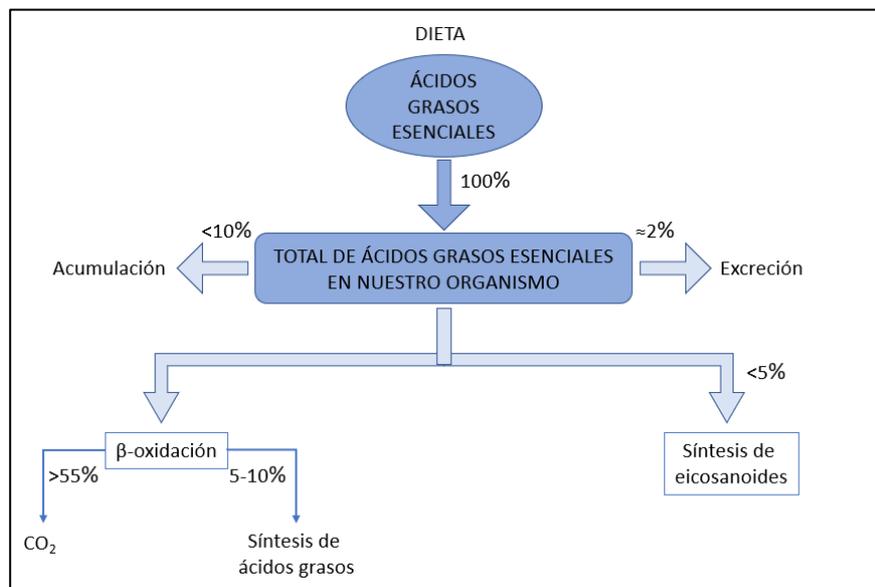


Figura 1. Utilización metabólica de los ácidos grasos esenciales. Elaborada a partir de: Muriana, 2002a.

La conversión de los ácidos grasos esenciales en sus derivados permite que los AGPI n-6 y n-3 se incorporen rápidamente en los fosfolípidos, formando parte de las membranas y almacenándose preferentemente en los fosfoglicéridos. Los procesos de síntesis tienen lugar en la superficie del retículo endoplásmico liso y los fosfoglicéridos sintetizados pueden

permanecer en la membrana de dicho orgánulo, sin embargo, la mayoría son transportados a otros destinos celulares (Muriana, 2002a).

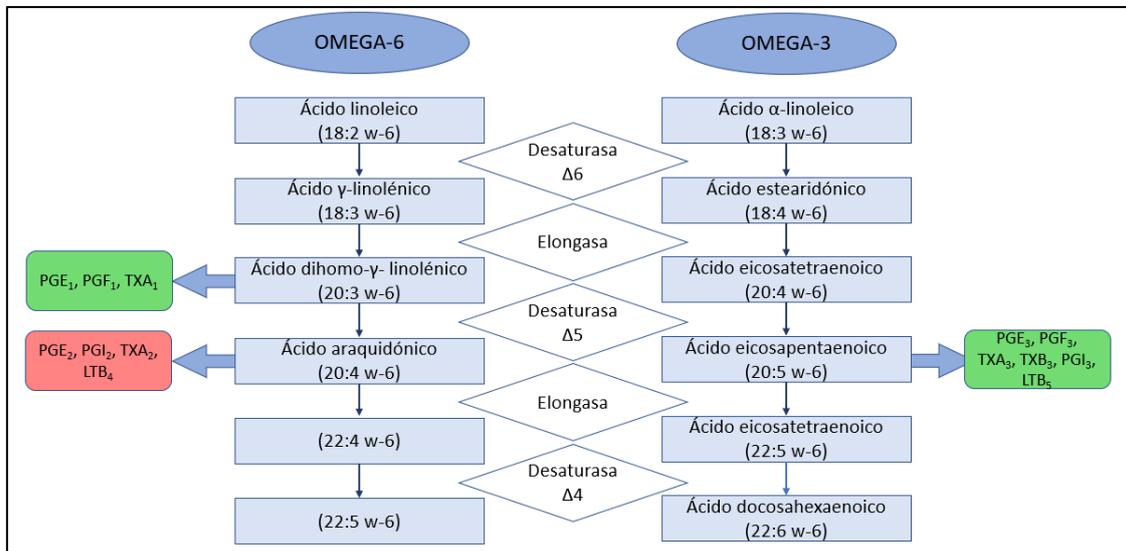


Figura 2. Esquema de la biosíntesis y el metabolismo de ácidos grasos poliinsaturados w-6 y w-3. En verde los productos finales asociados con la salud menos inflamatorios y en rojo los más inflamatorios.

Elaborada a partir de: Muriana, 2002a; Herrera et al., 2006.

1.1.2.2. Biosíntesis e importancia de los eicosanoides

Cuando las células reciben estímulos específicos, las enzimas encargadas de la hidrólisis de los fosfolípidos de las membranas se activan. La fosfolipasa A₂ rompe de forma específica el enlace éster en posición 2 del fosfoglicérido produciendo principalmente AA. Esta reacción es primordial para los posteriores procesos en los que los AGPI n-6 y n-3 son el sustrato de metabolitos lipídicos funcionales. En este sentido, a partir de los productos obtenidos del proceso de biosíntesis, los AGPI resultantes dan lugar a productos finales asociados con la salud (Figura 2). El AA da lugar, mediante ciclooxigenasas a la serie 2 de prostaglandinas (PGE₂), prostaciclina (PGI₂), tromboxanos (TXA₂) y mediante lipooxigenasas a la serie 4 de leucotrienos (LTB₄). La mayoría de los prostanoides de las series 2 y 4 tienen una existencia efímera, pero de efecto poderoso con actividades biológicas variadas. Por un lado, las prostaglandinas, prostaciclina y los tromboxanos están relacionados con funciones secretoras, digestivas, reproductivas, circulatorias, ...; mientras que los leucotrienos y las lipoxinas intervienen en respuestas alérgicas, inflamatorias e inmunes, así como en la quimiotaxis.

La regulación de estos compuestos depende de los precursores y posibles competidores que se incorporan al organismo mediante la dieta, como es el caso del ALA, que impide la conversión del LA por inhibición competitiva de la $\Delta 6$ -desaturasa. Así mismo, los ácidos grasos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) también desplazan el AA de los compartimentos intracelulares de ácidos grasos, reduciendo su metabolismo y disponibilidad.

Estos ácidos grasos de la familia omega-3 tienen efecto sobre la capacidad de adhesión de proteínas de las membranas y la expresión de moléculas de histocompatibilidad y de proteínas intracelulares básicas para el crecimiento y la división de las células. Adicionalmente, su metabolismo puede afectar a los mecanismos de transducción intracelular y expresión de los genes asociados al metabolismo de los AGPI n-6, ya que el EPA puede competir con el AA por las ciclooxigenasas y lipooxigenasas, dando lugar a la serie 3 de prostanoïdes (PGE_3 , PGF_3 , TXA_3 , TXB_3 , PGI_3) y la serie 5 de leucotrienos (LTB_5) respectivamente. Estos últimos productos son beneficiosos para la salud y se asocian con la regulación homeostática y vasomotilidad, por lo que una dieta rica en ácidos grasos n-3 tiene efectos antiinflamatorios, antiagregantes y vasodilatadores.

Por otro lado, otro ácido graso de la familia n-6, que proviene del GLA, el ácido dihomo- γ -linolénico (DGLA) es susceptible de actuar como sustrato de las ciclooxigenasas y la 15-lipoxigenasa, dando lugar a los prostanoïdes de la serie 1 y ácidos 15-HETE, respectivamente. Los prostanoïdes de la serie 1 aumentan la concentración intracelular del AMP cíclico que inhibe la fosfolipasa A2 y consecuentemente la liberación de AA. Estos metabolitos tienen actividades biológicas importantes ejerciendo como moduladores en diferentes enfermedades, incluyendo la supresión de la inflamación crónica, vasodilatación y disminución de la presión arterial, inhibición de la agregación plaquetaria y trombosis, e inhibición de la proliferación de las células de la musculatura lisa asociada al desarrollo de la placa aterosclerótica (Muriana, 2002a; Herrera et. al, 2006).

1.1.2.3. Relación omega-6/omega-3

Publicaciones recientes indican que el omega-3 juega un papel crucial en la prevención de enfermedades no contagiosas, sin embargo, en la dieta moderna actual se observa un desequilibrio entre la ingesta excesiva de omega-6 y escasa de omega-3, que tiene como resultado el aumento la producción de eicosanoides proinflamatorios que pueden contribuir en la patogénesis de múltiples enfermedades incluyendo enfermedades cardiovasculares,

cáncer, osteoporosis, y enfermedades inflamatorias y autoinmunes; mientras que el aumento de AGPI n-3 lo suprimiría mediante la producción de eicosanoides antiinflamatorios (Stark et al., 2008; Chirmade et al., 2016; Hedge et al., 2016).

En la actualidad, la ratio omega-6/omega-3 se encuentra excesivamente cargada siendo de 10/1, 20/1 e incluso 50/1, en comparación con el valor máximo recomendado de aproximadamente 5/1 o inferior, para el cuál una mayor cantidad de omega-6 no afectaría a la conversión del omega-3 a EPA y DHA, por la afinidad de las enzimas a los omega-3 (Hedge et al., 2016).

No obstante, las recomendaciones a la población para el consumo de AGPI n-3 son diversas según las distintas organizaciones nacionales e internacionales. En este sentido, en el “Consenso sobre las grasas y aceites” de 2015 llevado a cabo por la *Federación Española de Nutrición, Alimentación y Dietética* en el que se comparan diferentes recomendaciones internacionales, se recoge:

- Recomendaciones para el ALA: 2g/ día o el 0.5% de la energía. Basadas en la prevención de una deficiencia de ALA.
- Recomendaciones para EPA+DHA: mínimo 250 mg/día. Basadas en la prevención de la mortalidad por enfermedades coronarias del corazón (EFSA, 2009; Ros et al., 2015).

Por otro lado, de acuerdo con la recomendación conjunta de la *Food and Agriculture Organization (FAO)* y la *Organización Mundial de la Salud (OMS)* la relación ideal de omega-6/omega-3 debe estar entre 5/1 y 10/1. Sin embargo, estudios adicionales indican que esta proporción puede variar en condiciones de enfermedad, dependiendo la dosis terapéutica de AGPI n-3 del grado de severidad de la patología resultante de la predisposición genética del individuo. En cualquier caso, una ratio más baja es preferible para reducir los riesgos de muchas enfermedades crónicas prevalentes, tanto en las sociedades occidentales como en los países en desarrollo. Por ello, para promover un crecimiento y desarrollo normal y el mantenimiento adecuado de la salud, es esencial rectificar el desequilibrio existente restaurando las fuentes de omega-3 en la dieta (Chirmade et al., 2016).

1.2. ÁCIDOS GRASOS OMEGA-6

Son ácidos grasos de cadena larga o muy larga que pueden tener desde 2 hasta 5 dobles enlaces. Entre los tipos de AGPI n-6 encontramos: ácido linoleico (LA), ácido γ -linolénico (GLA), ácido dihomo- γ -linolénico (DGLA) y ácido araquidónico (AA) (Martínez et al., 2003).

Las principales fuentes alimentarias de LA son las semillas y aceites derivados (girasol, maíz, soja, cártamo, sésamo y pepita de uva), los frutos secos (nueces, pecanas, piñones y pipas de girasol) y los cereales integrales. Adicionalmente, los aceites de grosella negra, borraja y prímula (onagra), contienen ácido γ -linolénico (GLA), que deriva del LA. Por otro lado, el AA predomina en fuentes animales como las carnes de pollo, pavo, huevos y carnes rojas (Mataix, 2002b; Ros et al., 2015).

Tabla 1. *Indicaciones/ Recomendaciones del uso de aceite de grosella negra, onagra, y borraja.*

Elaborada a partir de: Fitoterapia, 2020; García y Solís, 2007.

Onagra	<ul style="list-style-type: none">- Síndrome premenstrual.- Mastalgia.- Eccemas atópicos.- Nefropatías diabéticas.- Hipercolesterolemias.- Trastornos circulatorios.- Procesos autoinmunes (como la artritis reumatoide).- Afecciones del sistema nervioso.- Trastornos de la conducta.- Alivio sintomático del prurito en afecciones agudas o crónicas de la piel que cursen con sequedad.
Borraja	<ul style="list-style-type: none">- Trastornos cardiovasculares (hipertensión, infarto de miocardio, etc.).- Síndrome premenstrual.- Dermocosmética y mantenimiento del buen estado de la piel.
Grosella negra	<ul style="list-style-type: none">- Hiperlipemias.- Prevención de la aterosclerosis.- Síndrome premenstrual y trastornos del climaterio.- En uso tópico, en dermatitis, ictiosis, psoriasis, sequedad y envejecimiento cutáneo.

A pesar de los efectos proinflamatorios ya comentados, existen diversos estudios sobre los diferentes efectos de los AGPI n-6 sobre la salud. Se ha observado que su ingesta puede tener efecto hipocolesteromiantes y ser beneficioso para el riesgo cardiovascular y de diabetes (Ros et al., 2015).

Particularmente, en relación con el GLA anteriormente mencionado, al transformarse en DGLA hay estudios que han mostrado su capacidad para disminuir signos y síntomas en

algunas enfermedades inflamatorias crónicas como la artritis reumatoide, la dermatitis atópica y el asma (Sergeant et al., 2016). En la Tabla 1 se reflejan otras indicaciones y recomendaciones para el uso de los aceites de borraja (*Borago officinalis*), onagra (*Oenothera biennis*) y grosella negra (*Ribus nigra*).

1.3. ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

Los ácidos grasos omega-3, son ácidos grasos poliinsaturados (tienen desde 3 hasta 6 dobles enlaces) de cadena larga o muy larga. Existen 6 tipos de ácidos grasos omega-3 cuyos nombres comunes y sistémicos, acrónimos y fórmulas se reflejan en la tabla 1 (Mataix, 2002b).

Tabla 2. Tipos de ácidos grasos omega-3. Elaborada a partir de: Mataix, 2002b; Ayuso y Sánchez, 2010.

Nombre común	Nombre sistemático	Acrónimo	Fórmula
Alfa-Linolénico	9cis, 12cis, 15cis Octadecatricoenoico	ALA	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Estearidónico	6c, 9c, 12c, 15c Octadecatetraenoico	SDA	C ₁₈ H ₂₈ O ₂
Eicosatetraenoico	8c, 11c, 14c, 17c Eicosatetraenoico	ETA	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Timnodónico	5c, 8c, 11c, 14c, 17c Eicosapentaenoico	EPA	C ₂₀ H ₃₀ O ₂
Clupanodónico	7c, 10c, 13c, 16c, 19c Docosapentaenoico	DPA	C ₂₂ H ₃₄ O ₂
Clupadónico o cervónico	4c, 7c, 10c, 13c, 16c, 19c Docosahexaenoico	DHA	C ₂₂ H ₃₂ O ₂

1.3.1. Características de los principales ácidos grasos omega-3

De los 6 tipos de ácidos grasos omega-3, destacan los siguientes:

- Ácido alfa-linolénico (ALA): ácido graso de 18 átomos de carbono y 3 dobles enlaces (Figura 3). Se encuentran principalmente en vegetales de hoja verde, frutos secos y aceites de semillas. El porcentaje de ALA absorbido en el tracto digestivo llega a niveles de 96% o más, teniendo diferentes destinos metabólicos posibles comentados anteriormente (Figura 1).

El ALA es crítico para mantener los niveles de AGPI en los tejidos, es el precursor de ácidos grasos de cadena larga, siendo su conversión a EPA parcial en humanos entre 8-20%, mientras que a DHA se estima entre 0.5-9%, de manera que la ausencia de ALA resultaría en un déficit de estos. Esta capacidad de transformación depende

parcialmente de la ingesta de otras grasas como el consumo excesivo de AGPI n-6 o un aporte insuficiente de ciertos nutrientes como: vitaminas (B3, B6 y C) y minerales (magnesio y zinc). Además, se conoce una diferencia del metabolismo según el sexo, mostrando las mujeres una mayor ratio de conversión del ALA a EPA y a DHA que los hombres, esto puede deberse a un menor fraccionamiento del ALA a la β -oxidación, o al efecto directo de los estrógenos, quizás estimulados por las demandas de DHA fetales durante el embarazo (Stark et al., 2008; Oleñik Memmel, 2015; Panse y Phalke, 2016; Hegde et al., 2016).

- Ácido eicosapentaenoico (EPA) y Ácido docohexaenoico (DHA): ácidos grasos de 20 átomos de carbono y 5 dobles enlaces (EPA) y 22 átomos de carbono y 6 dobles enlaces (DHA). Están presentes en los animales marinos, siendo el aceite de pescado la fuente comercial más usada de omega-3, debido a su alto contenido en EPA/DHA. Ambos ácidos grasos han sido ampliamente investigados destacando el EPA por sus efectos beneficiosos en la salud cardiovascular y el DHA como componente estructural importante y abundante en las células nerviosas del cerebro y la retina, así como del corazón. No obstante, cabe destacar que los peces no son los productores de EPA y DHA, sino que lo consumen de las algas y el fitoplancton, pudiendo considerarse estos, fuentes de omega-3 (Mataix, 2002b; Panse y Phalke, 2016).

Adicionalmente, estudios recientes destacan la relevancia de otro ácido graso:

- Ácido estearidónico (SDA): ácido graso de 18 átomos de carbono y 4 dobles enlaces. La transformación de ALA en SDA constituye el primer paso de la cadena metabólica, esta reacción es catalizada por la enzima $\Delta 6$ -desaturasa, enzima más limitante del proceso de bioconversión de ALA a EPA y DHA, que puede ser potencialmente bloqueada por múltiples factores. En este sentido, se ha comprobado que la conversión metabólica de SDA en AGPI n-3 es más efectiva que la de ALA, de manera que para obtener entre 200 y 300 mg de EPA es necesario ingerir 1g de SDA, mientras que de ALA serían necesarios 4.3g. Su carácter precursor de EPA y DHA en el metabolismo humano ha suscitado recientemente el interés de la industria alimentaria, apoyándose su uso en la dieta por los efectos beneficiosos observados en diferentes estudios. El SDA está presente de forma natural en ciertas especies de algas, hongos y en los aceites de semilla de algunas especies vegetales, haciéndolo una alternativa como fuente alimentaria de EPA y DHA, más sostenible y renovable que los tradicionales aceites de pescado (Rincón et al., 2015; Panse y Phalke, 2016).

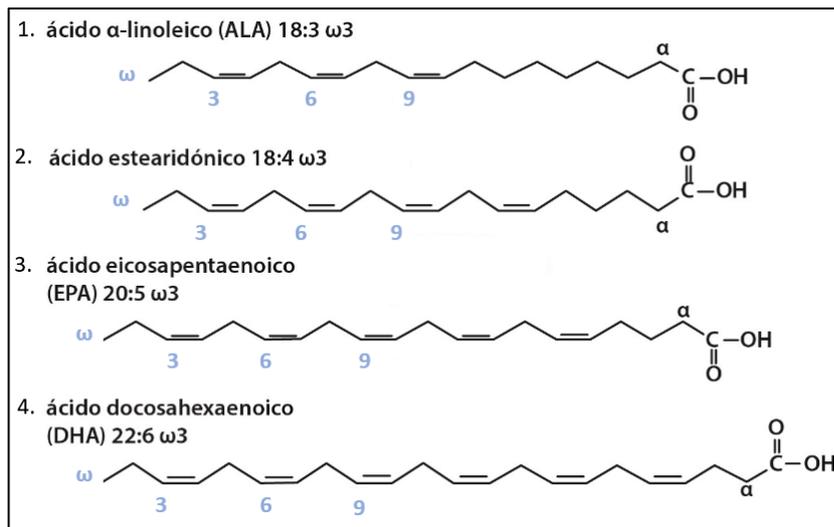


Figura 3. Estructura química convencional de 1. ALA, 2. SDA, 3. EPA y 4. DHA.

Elaborada a partir de: Gormaz et al., 2017.

1.3.2. [Importancia de los ácidos grasos omega-3 en la salud](#)

Los ácidos grasos omega-3 forman parte de las membranas celulares de tejidos, siendo responsables de diversas funciones como: el mantenimiento de la estructura de las membranas biológicas (son elementos constitutivos de los fosfolípidos), precursores de los eicosanoides antiinflamatorios y reguladores de los lípidos hemáticos (en especial del colesterol y los triglicéridos). En este sentido, se ha observado en diversos estudios su efecto fisiológico disminuyendo el riesgo de padecer diversas enfermedades expuestas a continuación.

1.3.2.1. [Enfermedades cardiovasculares](#)

Representan el mayor problema de salud en los países desarrollados y, junto con el cáncer y las complicaciones de la diabetes, suponen aproximadamente el 75% de la mortalidad total.

Los efectos beneficiosos y protectores de los ácidos grasos omega-3 en el sistema cardiovascular han sido ampliamente estudiados (Mata et al., 2002; Ros et al., 2015). Entre los efectos saludables dosis-dependientes se encuentran:

- Perfil lipídico favorable: especialmente reducción de la trigliceridemia por una reducción de la producción de VLDL y el aumento del aclaramiento.
- Reducción de la presión arterial y aumento de la vasodilatación arterial.
- Disminución de la trombosis: por el retraso de la infiltración de células sanguíneas en la pared vascular.
- Prevención de la arritmia y la muerte súbita: por la incorporación selectiva en las membranas de los cardiocitos, reduciendo la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno, y aumentando la reserva coronaria. Sin embargo, los ensayos no fueron concluyentes en pacientes con fibrilación auricular y fibrilación y taquicardia ventriculares.

1.3.2.2. Cáncer

Las causas por las que una célula normal se transforma y pierde el control de su crecimiento dependen de diversos factores, que pueden aumentar la probabilidad de su desarrollo en caso de persistir en el tiempo con una intensidad suficiente. Los factores químicos son los que más influyen, y dentro de estos destaca la influencia de los nutrientes de la dieta (Muriana, 2002b). Algunas investigaciones asocian el consumo de AGPI n-3 (ALA, EPA y DHA) con una disminución de los cánceres de mama, colon y próstata (Muriana, 2002b), mientras que otras consideran que las evidencias en humanos no son tan claras, al proceder la información de estudios epidemiológicos (Ros et al., 2015).

Los efectos de los AGPI n-3 están mediados por el desplazamiento del AA en los fosfolípidos de la membrana celular y la inhibición de la producción de eicosanoides proinflamatorios, proangiogénicos y prometastásicos. La peroxidación lipídica y el estrés oxidativo son los posibles mecanismos principales de los AGPI n-3 para inducir la muerte celular. EPA y DHA muestran atenuar las vías prosupervivencia y antiapoptosis de las células cancerígenas y actúan como moduladores inmunes que controlan la actividad de las células inmunes asociadas. Se ha observado que una ratio baja omega-6/omega-3:

- Regula la supervivencia y proliferación celular disminuyéndola mediante la inducción de la apoptosis y autofagia.
- Altera el metabolismo de las células y el microambiente tumorales mediante la inmunomodulación, restringiendo la neoangiogénesis y metástasis.

- Regula la disminución de mediadores de la inflamación en pro de la reducción de la masa tumoral e inducción de la apoptosis en las células cancerígenas (Calviello y Serini, 2010; Joshi et al., 2016).

1.3.2.3. Enfermedades inflamatorias

La inflamación es la causa de muchas enfermedades degenerativas y, aunque los antiinflamatorios esteroideos y no esteroideos son usados de forma efectiva para tratar la inflamación aguda, su uso para la inflamación crónica va seguida de efectos adversos, impulsando la búsqueda de agentes antiinflamatorios alternativos naturales y seguros (Gangal, 2016). Los AGPI n-3 han revelado un papel terapéutico en diferentes condiciones inflamatorias crónicas, algunas de las cuáles se encuentran reflejadas en la Tabla 3.

Tabla 3. *Enfermedades inflamatorias crónicas más frecuentes susceptibles de tratamiento con AGPI n-3.*

Elaborada a partir de las referencias.

Enfermedad	Efectos de los AGPI n-3	Referencias
Artritis reumatoide	Supresión del mediador LTB4.	Gangal 2016
	Disminución del dolor y sensibilidad de las articulaciones.	
	Reducción de IL-1.	
	El DHA es más efectivo que el EPA y juntos tienen efecto sinérgico.	
Asma	Supresión de la generación de mediadores inflamatorios.	Gangal, 2016
	Mejora la función pulmonar y los síntomas respiratorios.	
Enfermedad inflamatoria intestinal	Disminución de la necesidad del uso de corticoides.	Mir et al., 2016
	Mejora de los resultados de la sigmoidoscopia.	Gangal, 2016
	Disminución de la tasa de recaída en enfermedad de Crohn y colitis ulcerosa.	
Psoriasis	Control de los síntomas de la psoriasis y limitación de la inflamación por la suplementación con EPA y DHA.	Gangal, 2016
	Ayuda al tratamiento tópico reduciendo significativamente el área e índice de severidad.	
	Mejora del índice de calidad de vida dermatológica, lesiones en el cuero cabelludo, picazón, eritemas y descamación.	
Otras enfermedades susceptibles de tratamiento con ácidos grasos omega-3: Traumatismos de origen múltiple, Osteoartritis, Síndrome de distrés respiratorio, Neumonía bacteriana y viral, Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.		Gil, 2002b; Mir et al., 2016

1.3.2.4. Otras enfermedades

Adicionalmente, en otras patologías (Tabla 4) también se ha observado un efecto beneficioso derivado de la suplementación con omega-3. Sin embargo, se precisa más investigación para evaluar la efectividad de estos compuestos y poder obtener resultados concluyentes.

Tabla 4. *Enfermedades en las que se ha obtenido efecto beneficioso con la ingesta de AGPI n-3, pero precisan de mayor investigación. Elaborada a partir de las referencias.*

Enfermedades	Efectos observados	Referencias
Lupus eritematoso sistémico	Mejora de la patogénesis y recaída.	Gangal, 2016
Esclerosis múltiple	Relación inversa entre el consumo de pescado y el riesgo de padecer esclerosis múltiple.	Gangal, 2016
Diabetes Mellitus	Disminución del riesgo de complicaciones diabéticas y efecto protector modesto de ALA.	Ros et al., 2015; Mali et al., 2016
Enfermedades neurodegenerativas	Papel del DHA en la neurotransmisión, neurogénesis y protección del estrés oxidativo. Posible relevancia la profilaxis y el tratamiento del Alzheimer	Devkar y Katyare, 2016; Farooqui y Farooqui, 2016
Salud ocular	Papel del DHA en los fotorreceptores y funciones vitales de la retina. Regresión de la enfermedad y mejora de la agudeza visual en pacientes con retinopatías y ojo seco severo en tratamiento con AGPI n-3.	Georgiou y Prokopiou, 2016
Enfermedades de la piel	Beneficios modestos en el tratamiento del eczema, considerándose su administración junto a GLA una nueva perspectiva de tratamiento.	Gil, 2002a
Nefropatía por inmunoglobulina A	Estabilización de la función renal.	Gil, 2002a
Síndromes relacionados con alteraciones de los peroxisomas	En el síndrome de Zellwenger se recomienda la terapia con DHA al sugerir algunos estudios que este AGPI n-3 juega un papel esencial en la patogénesis de la enfermedad.	Gil, 2002a

1.3.2.5. Importancia durante la gestación, lactancia e infancia

Los AGPI de cadena larga desempeñan funciones importantes durante la gestación, lactación e infancia, puesto que constituyen los fosfolípidos de las membranas celulares y son precursores de los eicosanoides. Tanto el AA como el DHA forman parte de las estructuras neurales, y el DHA en particular, se encuentra en las membranas de las sinapsis neuronales y de los segmentos externos de los fotorreceptores. Durante la gestación y la infancia, los

períodos rápidos de crecimiento se asocian a un rápido crecimiento y desarrollo tisular, de forma que las necesidades de ácidos grasos esenciales son muy elevadas.

La ingesta de AGPI de cadena larga antes y durante el embarazo es crítico para la salud de la madre y un desarrollo óptimo del feto. El aumento del AA y el DHA en los tejidos maternos durante el embarazo es el mayor determinante de la longitud de la gestación, el parto, el crecimiento placentario y el desarrollo. La insuficiencia de los AGPI de cadena larga se asocia con resultados adversos como parto prematuro, retraso en el crecimiento intrauterino, preeclampsia y diabetes mellitus gestacional. Así mismo, el estado materno de AGPI de cadena larga influye en el crecimiento, desarrollo cognitivo y mejora de la salud del neonato.

En relación con el período de lactación, la madre pierde entre 70-80 mg/día de DHA en la leche, sin embargo, esto puede deberse a un cambio hormonal o a una utilización aumentada de las reservas. En este sentido existen pocas evidencias, de un lado, de los beneficios que puede suponer la suplementación con AGPI n-3 en madres lactantes, y de otro lado, de que su administración pueda ser un problema. Por todo ello, se requiere más investigación al respecto (Gil y Gil, 2002; Khaire y Joshi, 2016; Gormaz et al., 2017).

1.3.3. [Situación de los recursos actuales de omega-3](#)

Actualmente las especies marinas son la forma más eficiente y segura de obtener AGPI de cadena larga, usándose los aceites de pescado en numerosos suplementos comercializados. Sin embargo, debido al aumento de población mundial y la sobreexplotación pesquera en los mares, la aportación de API n-3 en la dieta se está viendo limitada. Por otro lado, el potencial peligro de los contaminantes encontrados en los alimentos marinos, como el mercurio, también pueden suponer un problema para la salud.

La necesidad de un aumento del consumo de omega-3 se ha recomendado por diferentes organismos internacionales, sin embargo, los suministros no parecen ser suficientes para la demanda que se prevé. En este sentido, se están buscando alternativas más sostenibles como posibles fuentes de omega-3, que incluyen el desarrollo de microalgas, la búsqueda de plantas y semillas ricas en omega-3 asociadas a una alta ratio de conversión a AGPI n-3 de cadena larga, y el uso de la biotecnología para producir aceites ricos en ácidos grasos omega-3 a partir de plantas terrestres modificadas genéticamente para conseguir la acumulación de EPA y DHA (Nichols et al., 2010; De Meester, 2013; Panse y Phalke, 2016).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El consumo de grasas ha aumentado en los últimos años en las poblaciones occidentales, derivando en un desequilibrio omega-6/omega-3 a valores entre 10/1 y 20/1. Diversos estudios, han relacionado una deficiencia de omega-3 con el desarrollo de enfermedades, especialmente con componentes inflamatorios. Una de las principales fuentes de omega-3 es el pescado, sin embargo, el constante aumento de la población mundial y la sobreexplotación de los recursos, podrían no ser suficientes para cubrir los requerimientos nutricionales de estos ácidos grasos esenciales.

Los objetivos perseguidos en este trabajo son:

- Realizar una revisión de las semillas y aceites derivados más comunes, que contienen omega-3, y evidencias científicas que avalen su uso, como propuesta de recursos sostenibles.
- Identificar semillas y aceites derivados con posible potencial para su uso como fuente de omega-3.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la presente revisión bibliográfica se han consultado diferentes fuentes de información: bases de datos (PubMed, Scholar Google, Lilacs, Scielo, ScienceDirect, Springer y Fitoterapia), sitios web de organismos oficiales y sociedades científicas (FAMA, FAO, USND, OMS, EMA y AEMPS), revistas científicas (African Journal y Asian Pac Journal Tropical Medicine), textos científicos (Libros de Nutrición y Fitoterapia, y manuales de Nutrición).

En primer lugar, se recopiló la información general relacionada con los ácidos grasos y su implicación en la salud, usando principalmente textos científicos. Posteriormente, se amplió la búsqueda a artículos científicos, estudios y ensayos clínicos, completando así la información general y obteniendo los resultados. Las palabras claves utilizadas fueron las siguientes: “polyunsaturated fatty acids”, “seed oil”, “omega-3” y “health benefits”. Adicionalmente, se llevó a cabo una búsqueda más precisa de algunas semillas que fueron apareciendo, mediante su nombre común o científico.

El período de recopilación de información fue de febrero a mayo de 2020. Se filtraron artículos principalmente a partir del año 2000, obteniéndose entre las diferentes bases de

datos aproximadamente 250 artículos y 12 libros. Tras analizar los resúmenes e índices, respectivamente, se incluyeron en la revisión bibliográfica 87 artículos y 27 citas pertenecientes a 7 libros. Como criterios de exclusión, se ha descartado la información de aquellas semillas cuya ratio omega-6/omega-3 difería del rango establecido con mayor valor nutricional y las que presentaban menores evidencias que avalasen su utilización.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SEMILLAS Y ACEITES DE SEMILLAS FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3.

Se han revisado las semillas y sus aceites derivados que contienen una mayor cantidad de omega-3 con una **ratio equilibrada de omega-6/omega-3 entre aproximadamente 0-3**. A continuación se presentan en orden alfabético, con una pequeña introducción, composición de las semillas y el aceite, aplicaciones y estudios que avalan su valor terapéutico.

4.1.1. *Cannabis sativa*

Nombre común: cannabis, cáñamo, marihuana	
Nombre botánico: <i>Cannabis sativa</i> L.	
Familia Cannabaceae	
Distribución geográfica: Asia central (destaca China), Rusia, algunos países europeos (como Francia, España y Europa del este) y Chile (Callaway, 2004; FAO, 2020)	

Figura 4. *Planta y semillas de cannabis* (Fuente: Fitoterapia, 2020).

- **Características:**

En 100g de semillas de cáñamo hay: Grasas (49g, de los cuáles 4.6g son saturadas), Proteínas (20-30g), Hidratos de Carbono (8.7g, de los cuáles 5g son Fibra dietética), Minerales (Fe, K, Ca, Mg, P, ...) y Vitaminas (A, C y E) (Montserrat-de la Paz et al., 2014; Nutritionvalue, 2020).

Para la obtención del aceite es necesario presionar la semilla hasta que el aceite sale del pericarpio, preferiblemente mediante presión en frío para que los compuestos no se dañen, con un rendimiento del 30-35%. El componente mayoritario es LA (55-60), ALA (16-20%), ácido oleico (11-12%) y GLA (aproximadamente 2-4%), resultando

una ratio n-6/n-3 de 3-4, el cual se considera un balance perfecto de AGPI esenciales. En algunos estudios también se ha identificado la presencia de SDA, aunque los valores varían entre 1-2%, que, junto con el contenido de GLA, aumentan sus posibles efectos beneficiosos en la salud. Además, contiene fitoesteroles y betacarotenos (Callaway, 2004; Kuhnt et al., 2012; Montserrat-de la Paz et al., 2014; Krist 2020).

- **Usos y aplicaciones:**

Las semillas de cáñamo y el aceite se han usado en la medicina y alimentación asiática tradicional (Callaway, 2004).

En la actualidad el aceite de cáñamo es de utilidad como aceite vegetal, aportando sabor a aliños y marinados. Por otro lado, destaca su uso en cosmética debido a la composición que produce beneficios en la piel. También se ha observado su uso como aceite industrial para la producción de jabones, acondicionadores, emulsificadores, solventes, pinturas, etcétera (Krist, 2020).

Además, diversos estudios avalan su uso en las dietas para la alimentación de animales, y posterior consumo humano, por aumentar la cantidad de AGPI en los productos (Goldberg et al., 2012; Neijat et al., 2016; Yalcin et al., 2018) y posible poder de revertir los efectos tóxicos de algunos metales en el perfil lipídico (Afridi et al., 2019).

- **Beneficio terapéutico:**

Tabla 5. *Beneficios de Cannabis sativa en la salud. Elaborada a partir de las referencias.*

Disminución de la ratio colesterol total-HDL y prevención de la agregación plaquetaria en hipercolesterolemia.	Montserrat-de la Paz et al., 2014
En la salud cardiovascular.	
En enfermedades dermatológicas (dermatitis atópica).	
Mejora la composición de AG de la membrana del eritrocito y probablemente en las membranas mitocondriales y de mielina en pacientes con esclerosis múltiple.	
Disminución de los niveles de colesterol sérico, TG e insulina (semilla completa).	
Potencial prevención del Alzheimer y enfermedades cardiovasculares (harina de cáñamo).	
Efectos antiespásmicos en casos de brotes epilépticos, esclerosis múltiples y dolor crónico. Además de posible influencia beneficiosa en pacientes con cáncer y SIDA.	Krist, 2020

4.1.2. *Linum usitatissimum*

Nombre común: lino, linaza	
Nombre botánico: <i>Linum usitatissimum</i> L.	
Familia Linaceae	
Distribución geográfica: Se cultiva en casi todos los climas, siendo los mayores productores Kazajistán, Rusia, Canadá, China, India, Estados Unidos, Etiopía, Ucrania, Reino Unido y Francia (Krist, 2020)	

Figura 5. *Planta y semillas de lino* (Fuente: *Fitoterapia*, 2020).

- **Características:**

La composición en 100g de semilla es la siguiente: Grasas (42g), Proteínas (18-20g), Hidratos de carbono (28g, de los cuáles 27.3g corresponden a fibra dietética), Minerales (Ca, K, Mg, P, ...) y Vitaminas (E, C y B6) (Nutritionvalue, 2020).

El aceite se obtiene a partir del prensado en frío de la semilla. Su principal componente es el ácido alfa-linolénico (50-60%), seguido del ácido linoleico (14-17%) y del ácido oleico (17-20%), siendo la ratio omega-6/omega-3 de aproximadamente 0.27 (Dubois et al., 2007; Jiménez et al., 2013; Krist, 2020).

- **Usos y aplicaciones:**

Tradicionalmente las semillas de lino se han usado como preparados mucilaginosos para el alivio sintomático de molestias gastrointestinales leves, mientras que el aceite ha sido usado de manera externa por sus propiedades emolientes, analgésicas y regeneradoras de las células epidérmicas.

Actualmente el aceite se usa en alimentación como aceite comestible, y en la industria en ingeniería química, como recubrimiento de maderas y fachadas o aditivo. Además, diversos estudios se han realizado en la industria alimentaria suplementando las dietas de animales con lino (Turner et al., 2014; Ehr et al., 2017; Khan et al., 2017), observándose un aumento de la disponibilidad de ALA, EPA y DHA en estos alimentos, pudiendo derivar en un mayor beneficio sobre la salud.

- **Beneficio terapéutico:**

En la siguiente tabla (Tabla 6) se reflejan algunas características observadas a partir de estudios y ensayos clínicos, destacando su acción beneficiosa en enfermedades cardiovasculares, cáncer, salud gastrointestinal y diabetes (Parikh et al.,

2019). Las indicaciones aceptadas por ESCOP y la EMA para su uso por vía interna son el estreñimiento crónico y otras molestias gastrointestinales, y por vía externa para inflamaciones cutáneas dolorosas (Fitoterapia, 2020).

Tabla 6. Beneficios de *Linum usitatissimum* en la salud. Elaborada a partir de las referencias.

Mejora de los síntomas del Síndrome metabólico.	Akrami et al., 2018
Prevención y tratamiento de la artritis reumatoide y otros desórdenes inflamatorios.	Singh et al., 2012
Pro- apoptótico y anti-angiogénico en células tumorales, como prevención o tratamiento adyuvante.	Pal et al., 2019
Reducción del estrés crónico leve.	Naveen et al., 2013
Prevención de enfermedades cardiovasculares, aumento de HDL, disminución de LDL.	Pacheco et al., 2011
Disminución del recambio óseo aumento de los depósitos de calcio y síntesis de colágeno.	Ribeiro et al., 2017
Aumento de ácidos grasos (incluido DHA en el tejido cerebral).	Almeida et al., 2011
Efecto antiinflamatorio, analgésico y antipirético.	Kaithwas et al., 2011
Reducción de la inflamación en la superficie ocular y mejora de la queratoconjuntivitis seca.	Matioli y Lacordia, 2009

4.1.3. Perilla frutescens

Nombre común: shiso (shiso verde o shiso rojo)	
Nombre botánico: <i>Perilla frutescens</i> (L.) Britton	
Familia Lamiaceae	
Distribución geográfica: China, India, Japón, Corea, Tailandia y otros países del este de Asia (Asif, 2011)	

Figura 6. Planta y semillas de perilla.

- **Características:**

En 100g de semillas hay: Grasas (40-43g), Proteína (24-25g) e Hidratos de Carbono (23-26g). El aceite de perilla se obtiene a partir del prensado en frío de las semillas y el aceite representa un 38.6-47.8% de su peso en seco. Este se compone principalmente de ALA (50-60%), seguido de LA (9-17%) y ácido oleico (12-16%), resultando una ratio aproximada de 0.3 (Sargi et al., 2013; Krist, 2020).

- **Usos y aplicaciones:**

En la medicina tradicional china se ha utilizado el aceite en el tratamiento de resfriados, problemas respiratorios causados por la acumulación de moco, y estreñimiento (Krist, 2020).

Actualmente, además de las evidencias sobre su valor terapéutico, el aceite se utiliza en diversas industrias (en la producción de pintura, barniz, etc.) (Krist, 2020) y en la alimentación de animales aumentando el contenido de AGPI omega-3 (ALA, EPA y DHA) sin afectar al estado antioxidante o a la calidad de la carne (Cui et al., 2019).

- **Beneficio terapéutico:**

Tabla 7. *Beneficios de Perilla frutescens sobre la salud. Elaborada a partir de las referencias.*

Aumenta los niveles sanguíneos de omega-3, lo que puede servir para la prevención de enfermedades cardiovasculares.	Asif, 2011
Efecto antiinflamatorio (analgésico en artritis reumatoide).	
Reducción de efectos hipertensivos y nefrotóxicos asociados con la medicación.	
Previene la formación de LTB4 siendo usada en el tratamiento de asma, AR, colitis, lupus, EM y psoriasis.	
Disminución del colesterol total y LDL en suero.	Krist, 2020
Prevención alérgica, antimicrobiana, cardiovascular, de la osteoporosis y del cáncer.	Asif, 2011; Krist, 2020
Potencia similar al aceite de pescado en la enfermedad de hígado graso no alcohólico y buena disbiosis.	Tian et al., 2016
Neuroprotección asociada a la estabilización del potencial de membrana mitocondrial y supresión del estrés.	Eckert et al., 2010
Tratamiento adicional antioxidante en pacientes con demencia leve a moderada.	Kamalashiran et al., 2018
Propiedades antibacterianas, anticarcinogénicas, antisépticas, antipiréticas y antiasmáticas, así como acción inmunomoduladora.	Žekonis et al., 2008

4.1.4. *Plukenetia volubilis*

Nombre común: sachá inchi, maní del inca, sachá maní	
Nombre botánico: <i>Plukenetia volubilis</i>	
Familia Euphorbiaceae	
Distribución geográfica: Perú, Brasil, Colombia, Ecuador y Venezuela (Krist, 2020)	

Figura 7. *Planta y semillas de sachá inchi* (Fuente: Fitoterapia, 2020).

- **Características:**

En 100g de semillas de sachá inchi hay: Grasas (40-55%), Proteínas (20-30%), y en menor cantidad hidratos de carbono, vitaminas, esteroides, betacaroteno y minerales (K, Mg, Ca, Fe y Zn) (Castaño et al., 2012; Fitoterapia, 2020).

El mejor rendimiento (99.1%) de obtención del aceite se ha observado mediante presión en frío, seguido de extracción con dióxido de carbono (Krist, 2020). Se compone de ALA (45-50%), LA (33-37%) y ácido oleico (8-10%), teniendo una ratio aproximada de 0.7 (Castaño et al., 2012; Wang et al., 2018).

- **Usos y aplicaciones:**

Tradicionalmente, el aceite de sachá inchi se añadía a productos cosméticos, en el tratamiento de dolores reumáticos y musculares, y como aceite de masaje (Krist, 2020).

En la actualidad, se usa en la industria como pintura o barniz, y en la alimentación como aceite comestible por su alta calidad. Adicionalmente, se ha observado que el aceite aumenta el valor nutricional de los alimentos, especialmente el contenido en AGPI, al añadirse a la dieta de los animales (Wang et al., 2018).

- **Beneficio terapéutico:**

Tabla 8. Beneficios de *Plukenetia volubilis* en la salud. Elaborada a partir de las referencias.

Propiedades antibacterianas (prevención de <i>Staphylococcus aureus</i>).	Wang et al., 2018
Antidislipidemiante, reducción de los niveles de colesterol y TG y aumento del HDL.	
Influencia positiva en el sistema cardiovascular, inflamación, desórdenes nerviosos y tumores malignos.	Krist, 2020
Efecto protector en depresión.	Melissa et al., 2018

4.1.5. *Salvia hispanica*

Nombre común: chia,	
Nombre botánico: <i>Salvia hispanica</i> L.	
Familia Lamiaceae	
Distribución geográfica: Se cultiva principalmente en Argentina, Bolivia, Perú, Paraguay, Ecuador, Méjico, Nicaragua, Guatemala y Australia (López et al., 2017; Kulczyński et al., 2019)	

Figura 8. Planta y semillas de chía (Fuente: Fitoterapia, 2020).

- **Características:**

En 100g de semillas de chía hay: Grasas totales (30-40g), Proteína (15-25g), Hidratos de carbono (16-41g, de los cuáles 18-30g pueden pertenecer a fibra dietética), Minerales (Ca, K, Mg, P, etc.) (Kulczyński et al., 2019; USDA, 2020).

El aceite puede extraerse con solventes, siendo mayor el rendimiento (aproximadamente 30%) que, mediante presión en frío, sin variar la composición de ácidos grasos. Otro método sería la extracción supercrítica con dióxido de carbono, pero se obtuvo una mayor cantidad de linoleico (Krist, 2020).

Se compone principalmente de ALA (65-60%), LA (19-21%) y ácido oleico (5-7%), con una ratio de n-6/n-3 de aproximadamente 0.30. Además, contiene flavonoides, interesantes por su alta actividad biológica, y carotenoides (López et al., 2017; Kulczyński et al., 2019; Krist, 2020).

- **Usos y aplicaciones:**

En la época de los Aztecas y los Mayas destacó en usos culinarios, medicinales, artísticos y religiosos; sin embargo, su uso disminuyó tras la conquista española.

Actualmente, sus usos son diversos: en cosmética, como barniz o pintura y como forraje. En este último caso, se ha observado un aumento de las concentraciones séricas de HDL y ácidos grasos omega-3, y disminución de TG en los animales a los que se añadió chía a su dieta (Ayerza y Coates, 2005; López et al., 2017). Por otro lado, se ha estudiado su adición a alimentos (nata, margarina o queso) y observado un aumento de los antioxidantes y la cantidad de omega-3 (Nadeem e Imran, 2019).

- **Beneficio terapéutico:**

Tabla 9. *Beneficios de Salvia hispanica. Elaborada a partir de las referencias.*

Efecto cardioprotector.	Kulczyński et al., 2019
Efecto hipotensor.	Ullah et al., 2016
Antiplaquetario, anti-carcinogénico, laxante, hipotensor, cardioprotector, analgésico y mejora de la dermatitis.	Ayerza y Coates, 2005
Enfermedad celiaca, estreñimiento y vasodilatación.	Ullah et al., 2016
Actividad antioxidante.	Ullah et al., 2016
Control de la dislipidemia y la diabetes.	Marcinek y Krejpcio, 2017; Kulczyński et al., 2019
Útil en el dolor articular y desórdenes renales.	Ullah et al., 2016
Control de la hipertensión y triglicéridos y antiinflamatorio.	Marcinek y Krejpcio, 2017.
Aumento de los niveles de ALA y EPA en sangre.	Marcinek y Krejpcio, 2017.
Aumento de la concentración de inmunoglobulinas y del sistema inmune.	Marcinek y Krejpcio, 2017; Kulczyński et al., 2019

4.2. SEMILLAS Y ACEITES DE SEMILLAS QUE CONTIENEN ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

En este apartado se encuentran semillas y aceites con cierta cantidad de omega-3, bastante utilizadas, pero con **una ratio mayor de omega-6/omega-3**.

4.2.1. *Glycine max*

Nombre común: soja, soia	 <p>Figura 19. Planta y semillas de soja (Fuente: Fitoterapia, 2020).</p>
Nombre botánico: <i>Glycine max</i> (L.) Marr.	
Familia Fabaceae	
Distribución geográfica: Principalmente en Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, India, Canadá y Paraguay (Kamshybayeva et al., 2017; Krist, 2020)	

- **Características:**

La composición en 100g de semillas maduras es: Grasas (20g, de los cuáles saturadas 2.9g), Proteínas (36g), Hidratos de carbono (30g, de los cuáles 9.3g corresponden a Fibra dietética), Minerales (Ca, Fe, K, Mg, y P) y Vitaminas (A, B, E) (Krist, 2020).

El aceite se puede obtener por prensado en frío o mediante el uso de solventes, conservándose mejor su calidad a través del primer método, aunque es más costoso (Krist, 2020). El componente principal es el LA (50-55%), seguido de ácido oleico (20-25%) y ALA (6-8%), resultando una ratio de n-6/n-3 aproximada de 6-7 (Dubois et al., 2007). Además, destacan otros componentes como lecitina (aproximadamente un 4%), carotenoides e isoflavonas (Fitoterapia, 2020; Krist, 2020).

- **Usos y aplicaciones:**

Tradicionalmente se ha usado en la cocina asiática de diversas formas y, en medicina, en el aparato digestivo, circulatorio y cardiovascular y el sistema inmune (Krist, 2020).

En la actualidad la soja es una importante fuente dietética de proteína y aceite. Las semillas se pueden consumir crudas o en productos fermentados, y el aceite de soja se utiliza tanto en crudo como para la preparación de salsas y margarinas por su capacidad emulsionante. Por otro lado, se utiliza en cosmética, en la industria ganadera como alimento de cerdos y vacas, y destaca su incorporación a la producción de biodiésel (Kamshybayeva et al., 2017; Kim et al., 2017; Krist, 2020).

- **Beneficio terapéutico:**

En la tabla 10 se reflejan indicaciones aprobadas por la EMA para diferentes componentes de las semillas (Fitoterapia, 2020) junto a otros estudios llevados a cabo.

Tabla 10. *Beneficios de Glycine max sobre la salud. Elaborada a partir de las referencias.*

Lecitina de soja: alivio de la fatiga y sensación temporal de debilidad. Coadyuvante en el tratamiento de las hipercolesterolemias leves y moderada.	Fitoterapia, 2020
Fosfolípidos de soja: coadyuvantes en el tratamiento de las hipercolesterolemias leves y moderadas y hepatopatías crónicas, complemento dietético en pacientes con alimentación parenteral crónica y síndromes de deterioro cognitivo.	
Aceite de soja: alivio sintomático de erupciones con prurito	
Isoflavonas de soja: prevención y tratamiento de síntomas asociados a la menopausia como sofocos, osteoporosis, arteriosclerosis o enfermedades coronarias	
Insaponificable de soja: alivio del dolor y mejora de la funcionalidad en la artrosis.	
Habas de soja: - Disminución de los niveles de colesterol total - Prevención de fragilidad ósea, cáncer, enfermedades cardiovasculares, síntomas menopáusicos, diabetes y obesidad - Propiedades antioxidantes y antibacterianas - Inhibición del estrés oxidativo, aumentando la actividad antioxidante	Kamshybayeva et al., 2017
Aceite de soja: aumento del ALA en sangre	Villamor et al., 2015

4.2.2. *Juglans regia*

Nombre común: nogal común, nogal europeo, nogal de Castilla	
Nombre botánico: <i>Juglans regia</i> L.	
Familia Juglandaceae	
Distribución geográfica: Muy difundida por Europa, suroeste y centro de Asia (hasta China), Estados Unidos, Méjico, y algunos países de América del sur (FAO, 2020; Krist, 2020)	

Figura 10. *Árbol de Juglans regia y nuez.*

- **Características:**

En 100g de nueces hay: Grasas (65g, de las cuáles saturadas son 6.1g), Proteínas (15g), Hidratos de Carbono (14g, de los cuáles 7g corresponden a Fibra dietética), Minerales (Mg, K, Ca, P, etc.) y Vitaminas (A, B, E, K) (Nutritionvalue, 2020; Krist, 2020).

Su aceite se obtiene mediante presión en frío, con un rendimiento de 500 litros de aceite por una tonelada de nueces. Principalmente se compone de LA (40-70%), ácido oleico (14-30%) y ALA (10-16%), quedando una ratio n-6/n-3 variable entre 3-5 aproximadamente (Pereira et al., 2008; Krist, 2020). Además, contiene una mezcla de diversos nutrientes y especies fitoquímicas como esteroides vegetales y antioxidantes fenólicos (ácido fenólico, flavonoides y taninos, entre los principales) (Pereira et al., 2008; Hayes et al., 2016).

- **Uso y aplicaciones:**

Las semillas se han usado tradicionalmente en Asia y países europeos para el tratamiento de resfriados, dolor de estómago y cáncer (Fukuda et al., 2003). *Juglans regia*, debido a sus propiedades fungicida y anti-arterioesclerótica, también se ha empleado en irritaciones de la piel, prurito, pie de atleta, herpes oral, etc. (Krist, 2020).

En la actualidad su aceite se usa principalmente con propósitos culinarios como aceite en crudo, y también tiene un amplio uso en cosmética (base de cremas, champú, gel, lociones, etc.) e incluso se impregna en la madera (Krist, 2020).

- **Beneficio terapéutico:**

Tabla 11. *Beneficios de Juglans regia en la salud. Elaborada a partir de las referencias.*

Disminución de los factores de riesgo cardiovasculares.	Hayes et al., 2016
Reducción de la resistencia a la insulina, aplicación en diabetes y Síndrome metabólico.	
Ayuda a una ingesta adecuada de AGPI, incluyendo AG omega-3.	
Relación con los niveles séricos de adiponectina y apolipoproteína A, con propiedades antiinflamatorias y de resistencia a la insulina.	
Ayuda en el tratamiento y prevención del cáncer (especialmente colon y estómago).	
En trastornos psiquiátricos y neurológicos, y mejorando la función cognitiva en pacientes de edad avanzada.	Hayes et al., 2016; Krist, 2020
Mejora del perfil lipídico (disminución de TG y aumento de HDL en sangre).	
Propiedades antifúngicas y desinfectantes útiles en el tratamiento de heridas abiertas.	Krist, 2020

4.2.3. *Triticum aestivum*

Nombre común: trigo (germen de trigo)	
Nombre botánico: <i>Triticum aestivum</i> L.	
Familia Poaceae	
Distribución geográfica: En todos los continentes, siendo los mayores productores China, India, Estados Unidos, Rusia, Francia y Canadá (FAO, 2020; Krist, 2020).	

Figura 11. *Planta y grano de trigo (Fitoterapia, 2020).*

- **Características:**

En 100g de germen de trigo hay: Grasas (9.6 g, de los cuáles 1.7g son saturadas), Proteína (23-28g), Hidratos de Carbono (50-52g, 10-14g corresponden a Fibra dietética) y Minerales (P, K, Mg, Se, Ca, ...) (Boukid et al., 2018; Nutritionvalue, 2020).

El germen de trigo es un subproducto de la harina de trigo integral. La extracción del aceite se realiza a partir de la separación del embrión por procesos mecánicos, posteriormente se obtiene mediante una presa hidráulica o por la extracción con solventes, y a continuación puede ser refinado. Otro método de extracción es mediante CO₂ supercrítico, que no requiere posterior refinado (Krist, 2020).

El aceite se compone principalmente de LA (50-55%), ácido oleico (13-23%), ácido palmítico (16-20%) y ALA (6-10%), resultando una ratio n-6/n-3 de 5-9. Además, contiene una alta cantidad de vitamina E en forma de α -tocoferol. (Nutritionvalue, 2020; Krist, 2020).

- **Usos y aplicaciones:**

Tradicionalmente el salvado se ha usado como laxante, coadyuvante en tratamientos de sobrepeso, hiperlipemias y diverticulosis, mientras que el aceite de germen de trigo se ha utilizado de forma tópica como emoliente y reepitelizante, y como coadyuvante en el tratamiento de las hiperlipemias (Fitoterapia, 2020).

En la actualidad el aceite se usa en la industria cosmética para la producción de aceites y jabones, en productos “antiedad” o para mejorar la circulación de vasos periféricos en la piel. Por otro lado, es popular como aceite dietético por su alto contenido en tocoferol, luteína y menor cantidad de algunos carotenoides (Krist, 2020).

- **Beneficio terapéutico:**

Tabla 12. Beneficios del germen de trigo sobre la salud. Elaborada a partir de las referencias.

Prevención de alteraciones fisiológicas y malformaciones fetales debido a sus propiedades antioxidantes.	Abdou et al., 2017
Protector del daño renal derivado de la nefrotoxicidad aguda inducida por gentamicina.	Hafez et al., 2019
Aumento de la biodisponibilidad de luteína.	Gorusupudi y Baskaran, 2013
Prevención de enfermedades como enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer.	Kumar y Krishna, 2015
Mejora del perfil lipídico (en asociación con más ALA).	Arshad et al., 2013

4.3. OTRAS SEMILLAS Y ACEITES DE SEMILLAS CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

4.3.1. Semillas y aceites de semillas ricas en ácidos grasos omega-3 con menores evidencias científicas

En la Tablas 13 se presenta una recopilación de diferentes semillas ricas en omega-3 con **menores evidencias terapéuticas estudiadas, pero potencial uso**. Cabe destacar algunos compuestos ricos en SDA, por ser una potencial fuente de omega-3 de cadena larga al tener una ratio de conversión mayor que el ALA. La familia *Boraginaceae* destaca por tener un mayor contenido de SDA y GLA (también beneficioso), denominando a algunas de sus especies como alimentos noveles en el aporte de omega-3 (*Buglossoides arvensis* y *Echium plantagineum*).

En relación con *Echium plantagineum*, Guil-Guerrero et al. (2013), identificó que la especie *Echium parviflorum* podría ser un mejor recurso al contener un 17.3% SDA, 47.6% ALA y 18.3% GLA, con una ratio aproximada de 0.26. Por otro lado, Farida et al. (2016), realizó un análisis del aceite de semilla de varias especies del género *Salvia*, algunas de las cuáles mostraron un contenido de omega-3 comprendido entre 34.06-51.16%, y una ratio n-6/n-3 entre 0.26-0.86, destacando *Salvia sclarea*. Por último, la especie *Rosa canina* también se utiliza en algunas aplicaciones de forma similar a *Rosa rubiginosa*, sin embargo, su composición difiere en ALA, encontrándose en la bibliografía un rango muy amplio de 9-30% (Jiménez et al., 2013; Espinoza et al., 2016; Krist, 2020).

Tabla 13. Semillas ricas en omega-3 con potencial uso. Elaborada a partir de las referencias.

Nombre científico	Contenido en ácidos grasos (%)	Observaciones	Referencias
<i>Actinidia deliciosa</i> (Kivi)	ALA 64.65 LA 13.75 AO 12.25 n-6/n-3 0.21	Evaluado por la EFSA como nuevo ingrediente alimentario. Se usa en productos cosméticos "antiedad".	Krist, 2020
<i>Buglossoides arvensis</i> (Abremanos o aljofar)	ALA 40-48 LA 10-15 AO 7-11 SDA 14-21 GLA 4-6 n-6/n-3 0.4	Mejora los niveles de EPA y DPA de forma 2 a 4 veces más eficiente que las semillas ricas en ALA. Se han observado efectos antiinflamatorios y de aumento de DHA. Evaluado positivamente por la EFSA como nuevo ingrediente alimentario.	Surette, 2013; Rincón et al., 2015; Lefort et al., 2017; Sreedhar et al., 2017; Prasad et al., 2019
<i>Brassica napus</i> (Canola)	ALA 9-13 LA 20-23 AO 59-63 n-6/n-3 2	Es una variedad transgénica del aceite de colza con un contenido en ácido erúxico menor del 2%. Es de los aceites comestibles comercializados más usados, con menor cantidad de AGS.	Callaway, 2004; Dubois et al., 2007; Morales et al., 2012;
<i>Camelina sativa</i> (Sésamo bastardo o falso lino)	ALA 30-40 LA 15-25 AO 10-25 n-6/n-3 0.4-0.6	Contiene más de un 2% de ácido erúxico, pero el límite para este aceite es del 5%. Uso tradicional del aceite en dolencias gastrointestinales y de forma externa en inflamaciones o abrasiones. Se ha observado una disminución del colesterol LDL.	Ehrensing y Guy, 2008; Sampath, 2009; Krist, 2020

Tabla 13 cont. *Semillas ricas en omega-3 con potencial uso. Elaborada a partir de las referencias.*

Nombre científico	Contenido en ácidos grasos (%)	Observaciones	Referencias
<i>Chenopodium quinua</i> (Quinoa)	ALA 7-12 LA 46-56 AO 20-30 n-6/n-3 4-8	Se considera un pseudocereal y se usa principalmente en alimentación. Mejora el perfil lipídico, la sensibilidad a la insulina y disminuye el riesgo de desarrollar DM tipo 2 y eventos antiarrítmicos. Su aceite también es usado en productos cosméticos.	Dubois et al., 2007; Tang et al., 2015; Krist, 2020
<i>Echium plantagineum</i> (Buglosa o flor morada)	ALA 27-37 LA 13-19 AO 15.4 SDA 9-15 GLA 10-11 n-6/n-3 0.4-0.8	Mejora los niveles de EPA y DPA de forma más eficiente que el aceite de lino. Reducción significativa del colesterol total y TG, pudiendo beneficiar a los diabéticos o personas con síndrome metabólico. Evaluado positivamente por la EFSA como nuevo ingrediente alimentario.	Surette, 2013; Guil-Guerrero et al., 2013; Rincón et al., 2015; Kuhnt et al., 2016
<i>Hippophae rhamnoides</i> (Espino amarillo)	ALA 20-33 LA 33-41 AO 19-23 GLA <2 SDA <1 n-6/n-3 1-2	Propiedades antioxidantes (betacaroteno y vitamina E), protector cardíaco y hepático, mejora de la función inmune, mejora del perfil lipídico, efectos beneficiosos para la piel y en procesos que cursan con inflamación, inhibición de células tumorales.	Dubois et al., 2007; Kuhnt et al., 2012; Krist, 2020
<i>Lallemantia ibérica</i> (Cabeza de dragón)	ALA 50-68 LA 10-17 AO 10-17 n-6/n-3	Usado tradicionalmente en el tratamiento de resfriado común, tos, dolor estomacal y abdominal, enfermedades nerviosas, hepáticas y renales, y como tónico general.	Zlatanov et al., 2012; Al-Snafi, 2019; Krist, 2020
<i>Lupinus albus</i> (Altramuz)	ALA 4.8-10.4 LA 9.2-20.3 AO 40.8-52.9 n-6/n-3 1-4	Contiene cierta cantidad de palmítico y de erúxico. Puede usarse con propósitos cosméticos industriales, y hay referencias sobre posibles efectos beneficiosos en la salud cardiovascular.	Krist, 2020
<i>Ribes nigrum</i> (Grosellero negro)	ALA 13-25 LA 48-49 AO 11 SDA 2-3 GLA 10-17 n-6/n-3 4.1	Aumenta los niveles de GLA y DGLA en, incrementando la capacidad precursora de eicosanoides antiinflamatorios. Actividad inmunomoduladora y antiinflamatoria. Uso en cosmética y dermatología. Presencia de otros compuestos con potencialmente beneficiosos.	Callaway, 2004; Dubois et al., 2007; Linnamaa et al., 2010; Lyashenko et al., 2019
<i>Rosa rubiginosa</i> (Rosa mosqueta)	ALA 26-37 LA 42 AO 16 n-6/n-3 1-2	Complemento quimioterapéutico. Uso en dermatología y cosmética como reconstructor y estimulador. Usos en medicina tradicional: gripe, resfriados, digestión, depresión, cálculos renales y limpieza de riñones y vejiga. Presencia de vitamina A, C y antioxidantes.	Morales et al., 2012; Jiménez et al., 2013; Espinoza et al., 2016
<i>Rubus idaeus y Rubus occidentalis</i> (Frambuesa roja y negra)	ALA 29-32 LA 53-55 AO 6-11 n-6/n-3 <2	Patentado en productos cosméticos y farmacéuticos por su actividad inflamatoria en prevención de lesiones dermatológicas. Aumento del contenido de ALA y omega-3 en hígado y tejido adiposo en ratones.	Dubois et al., 2007; Oomah et al., 2000; Lee et al., 2016; Bushman et al., 2004
<i>Salvia sclarea</i> (Esclarea)	ALA 50-60 LA 13.5-18.6 AO 6 n-6/n-3 0.3	Contenido en aceite de 25-35. Potencial actividad similar a <i>Salvia hispánica</i>	Morales et al., 2012; Farida et al., 2016;
<i>Vaccinium oxycoccos</i> (Arándano rojo)	ALA 30-35 LA 35-40 AO 20-25 n-6/n-3 1-1.3	Contenido en compuestos fenólicos, con potencial antioxidante y farmacéutico	Ahmad et al., 2019

4.3.2. Otras semillas encontradas con alto contenido de omega-3

En la tabla 14 se presenta un resumen de otras semillas que contienen una **alta cantidad de omega-3**, pero sus evidencias terapéuticas son escasas o nulas.

Tabla 14. Resumen de semillas con alto contenido en omega-3. Elaborada a partir de las referencias.

Nombres científicos	aceite (%)	AO	ALA	LA	GLA	SDA	n-6/n-3	Ref.
<i>Alkanna spp.</i> ¹	22.6	14.2	37.3	24.4	11.4	3.69	0.88	Kuhnt et al., 2012
<i>Arnebia decumbens</i>	5.65	18.05	31.3	15.7	6.3	12.4	0.5	Guil-Guerrero et al., 2013
<i>Asperugo procumbens</i>	19.16	15.48	36.46	15.2	5.35	11.75	0.43	Guil-Guerrero et al., 2001
<i>Cerintho minor</i>	11.5	17.1	29.7	22.4	9.94	7.51	0.87	Kuhnt et al., 2012
<i>Cynoglossum spp.</i> ²	10.7	8.25	42.05	16.04	1.09	4.4	0.37	Guil-Guerrero et al., 2001
<i>Echium spp.</i> ³	17	12.4	36.6	20	10.2	10.5	0.65	Kuhnt et al., 2012
<i>Echium spp.</i> ⁴	16.57	13.57	37.58	17.91	9.12	11.93	0.59	Guil-Guerrero et al., 2001
<i>Eucommia ulmoides</i>	30-40	16-19	56-63	12-15	0	0	0.23	Zhang et al., 2018b
<i>Hypericum spp.</i> ⁵		9.10	33.8	43.7	0	0	1.29	Heinrich et al., 2017
<i>Aleurites moluccana</i>	-	13.9	33.2	43.6	0	0	1.31	Krist, 2020
<i>Lasiococca comberi</i>	41.5	13.8	65.3	7.1	0	0	0.12	Kamila et al., 2018
<i>Lepidium sativum</i>	-	22-31	32-41	9-12	0	0	0.4-0.2	Snehal y Manisha, 2014
<i>Lithospermum spp.</i> ⁶	8.4	15.4	28.5	19.9	14.9	5.78	1.01	Kuhnt et al., 2012
<i>Matthiola tricuspidata</i>	-	26.6	43.9	12.4	0	0	0.3	Dubois et al., 2007
<i>Odontites longiflora</i>	37.65	32.38	40.49	11.86	0	0	0.29	Guil-Guerrero et al., 2001
<i>Omphalodes linifolia</i>	16.5	10.3	25.4	26.2	17.3	8.44	1.29	Kuhnt et al., 2012
<i>Parentucela viscosa</i>	26.23	21.65	28.56	37.28	0	0	1.3	Guil-Guerrero et al., 2001
<i>Paeonia ostii</i>	15.8	15.64	49.3	26.2	0	0	0.53	Li et al., 2015
<i>Paeonia spp.</i> ⁷	21.03	29.12	46	18.63	0	0	0.44	Zhang et al., 2018a
<i>Paeonia suffruticosa</i>	24-27	24.1	>38	27.2	0	0	0.69	Yang et al., 2017
<i>Plantago spp.</i> ⁸	13.5	14.96	30.51	38.83	0	0	1.27	Smith et al., 2014
<i>Primula spp.</i> ⁹	14.2	19.2	28.8	32.4	1.49	4.50	1.03	Kuhnt et al., 2012
<i>Ranunculus spp.</i> ¹⁰	16.7	7.9	38.8	32.5	0	0	0.84	Guil-Guerrero et al., 2001
<i>Salicornia europaea</i>	-	4.4	28	23.5	0.4	0.4	0.8	Dubois et al., 2007
<i>Sapium sebiferum</i>	-	7-10	22-54	24-63	0	0	0.4-2.9	Krist, 2020

¹*Alkanna spp.*: *A. Graeca* *A. orientalis*. ²*Cynoglossum spp.*: *C. cheirifolium*, *C. creticum*. ³*Echium spp.*: *E. vulgare*, *E. Rosulatum*. ⁴*Echium spp.*: *E. Asperrimum* (destaca el contenido SDA de 21.06), *E. boissieri*, *E. creticum*, *E. flavum*, *E. humile*, *E. sabulicola*, *E. vulgare*. ⁵*Hypericum spp.*: *H. perforatum*, *H. tetrapterum*. ⁶*Lithospermum spp.*: *L. officinale*, *L. purpureocaerulea*. ⁷*Paeonia spp.*: *P. rockii*, *P. potaninii* y *P. lutea*. ⁸*Plantago spp.*: *P. camschatica*, *P. coronopus*, *P. depressa*, *P. maritima*, *P. serraria*, *P. subruda*. ⁹*Primula spp.* *P. veris*, *P. ruprechtii*, *P. denticulata*. ¹⁰*Ranunculus spp.*: *R. repers*, *R. peltatus*.

Desde el Reglamento (UE) n ° 432/2012 de la Comisión, de 16 de mayo de 2012, se establecen las propiedades saludables asociadas al consumo de ALA (mantener los niveles de colesterol sanguíneo), EPA y DHA (funcionamiento normal del cerebro y mantenimiento de la visión). Sin embargo, la bibliografía encontrada sobre la importancia de los omega-3 es amplia y diversos autores (Gil, 2002; Ros et al., 2015; Gangal, 2016) han señalado la utilidad de su consumo en enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras enfermedades con condiciones inflamatorias.

A pesar de considerarse el pescado una de las mejores fuentes de ácidos grasos, hay estudios que han descrito las limitaciones de estos recursos y por ello han buscado fuentes de origen vegetal con uso potencial en nutrición (Guil-Guerrero et al., 2001; Dubois et al., 2007; Kuhnt et al., 2012; Panse y Phalke, 2016). A lo largo de este trabajo, se ha recurrido a varios escritos que recogen fuentes de origen vegetal, y de las especies nombradas en los apartados 4.1, 4.2 y 4.3.1., destacan por su comercialización (FAO, 2020): lino, soja, quinoa, canola, trigo, cáñamo, nuez y kiwi. No obstante, pocas recogen aplicaciones terapéuticas aprobadas de sus semillas o aceites (lino, soja y nuez) (Fitoterapia, 2020) y cabe resaltar las limitaciones para encontrar información sobre semillas con omega-3 cultivadas y/o utilizadas en África.

Algunas especies de semillas clasificadas en los apartados anteriores se encuentran dentro de las listas de “alimentos noveles” del catálogo de la EU, únicamente especificándose las cantidades de ALA/LA y limitaciones de ingesta en los aceites de *Plukenetia volubilis*, *Buglossoides arvensis*, *Salvia hispanica* y *Brassica napus*, mientras que en el “Consenso sobre grasas y aceites” (FESNAD) de 2015 se destacaron esencialmente las semillas y/o aceites de lino, chía, canola, soja y nueces. Sin embargo, como recogen algunos estudios, el mayor potencial de los recursos vegetales en relación con los omega-3, podría estar en las semillas que contienen SDA o en transgénicos que aumenten el contenido de SDA, EPA y DHA (Kuhnt et al., 2012; Surette, 2013; Rincón et al., 2015), pero la información oficial al respecto es limitada y las únicas especies aprobadas son *Buglossoides arvensis* y *Echium plantagineum*, aunque su cultivo, comercialización y uso sigue siendo escaso.

5. CONCLUSIONES

1. Las semillas y los aceites de semillas se pueden considerar una buena fuente de omega-3, destacando en la actualidad: lino, chía, soja, nuez común, canola y cáñamo. De los posibles efectos sobre la salud prevalecen la mejora del perfil lipídico en sangre, el aumento en el contenido de ácidos grasos omega-3, y la disminución del riesgo y/o sintomatología de ciertas enfermedades, principalmente aquellas con componentes inflamatorios.
2. El ácido estearidónico (SDA) presente en algunas especies, puede ser de potencial utilidad para conseguir un aumento de las concentraciones de EPA y DHA a partir de recursos vegetales, resolviendo así una de las limitaciones de la escasa ingesta de pescado y baja conversión del ácido linolénico.
3. Son necesarios más estudios y ensayos clínicos que apoyen como fuentes de omega-3 el consumo de las semillas y aceites de semillas descritos, así como una mayor investigación sobre aquellas disponibles, especialmente en los territorios y poblaciones en los que el consumo de pescado está más limitado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abdou HM, Mohamed NA, El Mekkawy DA, EL-Hengary SB. Vitamin E and/or wheat germ oil supplementation ameliorate oxidative stress induced by cadmium chloride in pregnant rats and their fetuses. *Jordan J Biol Sci.* 2017; 10(1): 39-48.
- Afridi AJ, Zuberi A, Yousafzai AM, Kamran M, Ullah S. Hemp (Marijuana) reverted Copper-induced toxic effects on the essential fatty acid profile of *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala*. *Mol Biol Rep.* 2019; 46(1): 391-401.
- Ahmad N, Anwar F, Abbas A. Cranberry Seed Oil. En: Ramadan MF, editor. *Fruit Oils: Chemistry and Functionality.* Springer; 2019. p. 663-674.
- Akrami A, Nikaein F, Babajafari S, Faghieh S, Yarmohammadi H. Comparison of the effects of flaxseed oil and sunflower seed oil consumption on serum glucose, lipid profile, blood pressure, and lipid peroxidation in patients with metabolic syndrome. *J Clin Lipidol.* 2018; 12(1): 70-77.
- Almeida KL, Boaventura GT, Silva MAG. Influence of omega-3 fatty acids from the flaxseed (*Linum usitatissimum*) on the brain development of newborn rats. *Nutr Hosp.* 2011; 26(5): 991-996.

- Al-Snafi AE. Medical benefit of *Lallemantia iberica*-A review. To Chemistry Journal. 2019; 3: 97-102.
- Arshad MS, Anjum FM, Khan MI, Shahid M. Wheat Germ Oil and α -Lipoic Acid predominantly improve the lipid profile of broiler meat. J Agr Food Chem. 2013; 61(46): 11158-11165.
- Asif M. Health effects of omega-3, 6, 9 fatty acids: *Perilla frutescens* is a good example of plant oils. Orient Pharm Exp Med. 2011; 11(1): 51-59.
- Ayerza R, Coates W. Chia: Rediscovering an ancient crop of the Aztecs. University of Arizona; 2005.
- Ayuso IC, Sánchez AH. El mundo de los lípidos. 2010 [en línea]. [Consultado en abril de 2020]. Disponible en: <http://biomodel.uah.es/model2/lip/inicio.htm>
- Boukid F, Folloni S, Ranieri R, Vittadini E. A compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications. Trends Food Sci Tech. 2018; 78: 120-133.
- Bushman BS, Phillips B, Isbell T, Ou B, Crane JM, Knapp SJ. Chemical composition of caneberry (*Rubus* spp.) seeds and oils and their antioxidant potential. J Agric Food Chem. 2004; 52(26), 7982-7987.
- Callaway JC. Hempseed as a nutritional resource: An overview. Euphytica. 2004; 140(1-2): 65-72.
- Calviello G, Serini S. Dietary Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cancer. 1ª ed. Dordrecht: Springer; 2010.
- Castaño DL, Valencia MDP, Murillo E, Mendez JJ, Eras Joli J. Composición de ácidos grasos de sacha inchi (*plukenetia volúbilis* linneo) y su relación con la bioactividad del vegetal. Rev Chil Nutr. 2012; 39(1); 45-52.
- Chirmade TP, Sanghi S, Rajwade AV, Gupta VS, Kadoo NY. Balancing Omega-6: Omega-3 Ratios in Oilseeds. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. Omega-3 fatty acids. 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 203-220.
- Cui X, Gou Z, Fan Q, Li L, Lin X, Wang Y, et al. Effects of dietary perilla seed oil supplementation on lipid metabolism, meat quality, and fatty acid profiles in Yellow-feathered chickens. Poult Sci J. 2019; 98(11): 5714-5723.
- De Meester F. Introduction: The Economics of Omega-6/3. En: De Meester F, Watson RR, Zibadi S, editores. Omega-6/3 Fatty Acids: Functions, Sustainability and Perspectives. 1ª ed. New York: Springer Science & Business Media; 2013. p. 3-11.
- Devkar SD, Katyare SS. Omega-3 Fatty acids and Alzheimer's Disease. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. Omega-3 fatty acids. 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 235-238.

- Dubois V, Breton S, Linder M, Fanni J, Parmentier M. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur J Lipid Sci Tech.* 2007; 109(7): 710-732.
- Eckert GP, Franke C, Nöldner M, Rau O, Wurglics M, Schubert-Zsilavec M, et al. Plant derived omega-3-fatty acids protect mitochondrial function in the brain. *Pharmacol Res.* 2010; 61(3): 234-241.
- Ehrensing DT, Guy SO. Oilseed crops: camelina. Oregon State University Extension Service EM; 2008. 8953.
- Ehr IJ, Persia ME, Bobeck EA. Comparative omega-3 fatty acid enrichment of egg yolks from first-cycle laying hens fed flaxseed oil or ground flaxseed. *Poultry Sci.* 2017; 96(6): 1791-1799.
- Espinoza, T, Valencia E, Quevedo R, Díaz O. Importancia y propiedades físico química de la Rosa mosqueta (*R. canina*, *R. rubiginosa*): una revisión. *Sci Agropecu.* 2016; 7(1): 67-78.
- European Food Safety Authority. Labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. Scientific Opinion of the Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies. *The EFSA Journal*; 2009. 1176: 1-11.
- Farida SHM, Radjabian T, Ranjbar M, Salami SA, Rahmani N, Ghorbani A. Fatty Acid Patterns of Seeds of Some *Salvia* Species from Iran – A Chemotaxonomic Approach. *Chem Biodiversity.* 2016; 13: 451 – 458.
- Farooqui AA, Farooqui T. Prevention of oxidative stress by omega-3 fatty acids in the brain. En: Hedge MV, Zanzwar AA, Adekar SP, editores. *Omega-3 fatty acids.* 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 239-249.
- Fukuda T, Ito H, Yoshida T. Antioxidative polyphenols from walnuts (*Juglans regia* L.). *Phytochem.* 2003; 63: 795-801.
- Gangal S. Modulation of immune response by omega-3 in health and disease. En: Hedge MV, Zanzwar AA, Adekar SP, editores. *Omega-3 fatty acids.* 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 307-320.
- García EC, Solís IM. Manual de fitoterapia. 2ªEd. Barcelona: Elsevier; 2015.
- Georgiou T, Prokopiou E. Role of Omega-3 Fatty Acids for Eye Health. En: Hedge MV, Zanzwar AA, Adekar SP, editores. *Omega-3 fatty acids.* 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 251-261.
- Gil A, Gil M. Funciones de los ácidos grasos poliinsaturados y oleico durante la gestación, la lactación y la infancia. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. Libro blanco de los omega-3. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002. p. 81- 96.

- Gil A. Funciones de los ácidos grasos en la piel, enfermedades de la piel y otras patologías emergentes. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. Libro blanco de los omega-3. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002a. p. 99-109.
- Gil A. Papel de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados en los procesos inflamatorios. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. Libro blanco de los omega-3. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002b. p. 65-78.
- Goldberg EM, Gakhar N, Ryland D, Aliani M, Gibson RA, House JD. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed hempseed and hempseed oil. *J Food Sci.* 2012; 77(4): S153-S160.
- Gormaz JG, Cádiz F, Mizón C. Ácido docohexaenoico un nutriente esencial para el desarrollo fetal, neonatal y de la primera infancia. *Contacto Científico.* 2017; 0(5): 216-222.
- Gorusupudi A, Baskaran V. Wheat germ oil: A potential facilitator to improve lutein bioavailability in mice. *Nutrition.* 2013; 29(5): 790-795.
- Guil-Guerrero JL, Maroto FG, Gimenez AG. Fatty acid profiles from forty-nine plant species that are potential new sources of γ -linolenic acid. *J Am Oil Chem' Soc.* 2001; 78(7): 677-684.
- Guil-Guerrero JL, Rincón-Cervera MÁ, Gómez-Mercado F, Ramos-Bueno RP, Venegas-Venegas E. New seed oils of Boraginaceae rich in stearidonic and gamma-linolenic acids from the Maghreb region. *J Food Compost Anal.* 2013; 31(1): 20-23.
- Hafez LO, Ali FA, El-Ghoneimy AA, Abdel-Aziz MI. Nephro-Protective effect of wheat germ oil on gentamicin-induced acute nephrotoxicity in wistar albino rat. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences.* 2019; 2(1): 51-67.
- Hayes D, Angove MJ, Tucci J, Dennis C. Walnuts (*Juglans regia*) chemical composition and research in human health. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2016; 56(8): 1231-1241.
- Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP. Nutrition, life disease and death. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. *Omega-3 fatty acids.* 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 1-20.
- Heinrich M, Lorenz P, Daniels R, Stintzing FC, Kammerer DR. Lipid and phenolic constituents from seeds of *Hypericum perforatum* L. and *Hypericum tetrapterum* Fr. and their antioxidant activity. *Chem Biodivers.* 2017; 14(8): e1700100.
- Herrera MC, León SV, Tolentino RG, Fernández BG, González GD. Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud. *Rev Educ Bioquím (CDMX).* 2006; 25(3): 72-79.
- Jiménez P, Masson L, Quitral V. Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Rev chil nutr.* 2013; 40(2): 155-160.

- Joshi AA, Hegde MV, Adekar SP. Omega-3 Fatty Acids in Cancer: Insight into the Mechanism of Actions in Preclinical Cancer Models. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. Omega-3 fatty acids. 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 157-171.
- Kaithwas G, Mukherjee A, Chaurasia AK, Majumdar DK. Antiinflammatory, analgesic and antipyretic activities of *Linum usitatissimum* L.(flaxseed/linseed) fixed oil. *Indian J Exp Biol.* 2011; 49: 932-938.
- Kamalashiran C, Pattaraarchachai J, Muengtaweepongsa S. Feasibility and safety of perilla seed oil as an additional antioxidative therapy in patients with mild to moderate dementia. *J Aging Res.* 2018; 2018.
- Kamila PK, Ray A, Sahoo A, Nayak S, Mohapatra PK, Panda PC. Physicochemical characteristics of the *Lasiococca comberi* Haines seeds. *Nat Prod Res.* 2018; 32(19): 2352-2355.
- Kamshybayeva G, Atabayeva SD, Kenzhebayeva S, Domakbayeva A, Utesheva S, Nurmahanova A, et al. The importance of soybean (*Glycine max*) as a source of biologically valuable substances. *International Journal of Biology and Chemistry.* 2017; 10(2), 23-27.
- Khaire A, Joshi S. Maternal Long-chain Polyunsaturated Fatty Acids and Pregnancy Outcome. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. Omega-3 fatty acids. 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 487-499.
- Khan SA, Khan A, Khan SA, Beg MA, Ali A, Damanhour G. Comparative study of fatty-acid composition of table eggs from the Jeddah food market and effect of value addition in omega-3 bio-fortified eggs. *Saudi J Biol Sci.* 2017; 24(4): 929-935.
- Kim JE, Kang YG, Park JS, Lim TG, Lee KW. Review of soybean phytochemicals and their bioactive properties relevant for skin health. *J Food Nutr Res.* 2017; 5: 852-858.
- Krist S. *Vegetable Fats and Oils.* 1ª Ed. Switzerland: Springer; 2020.
- Kuhnt K, Degen C, Jaudszus A, Jahreis G. Searching for health beneficial n-3 and n-6 fatty acids in plant seeds. *Eur J Lipid Sci Tech.* 2012; 114(2): 153-160.
- Kuhnt K, Weiß S, Kiehntopf M, Jahreis G. Consumption of echium oil increases EPA and DPA in blood fractions more efficiently compared to linseed oil in humans. *Lipids Health Dis.* 2016; 15(1): 32.
- Kulczyński B, Kobus-Cisowska J, Taczanowski M, Kmiecik D, Gramza-Michałowska A. The chemical composition and nutritional value of chia seeds—Current state of knowledge. *Nutrients.* 2019; 11(6), 1242.
- Kumar GS, Krishna AGG. Studies on the nutraceutical's composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil. *J Food Sci Technol.* 2015; 52: 1145–1151.

- Lee HJ, Jung H, Cho H, Lee K, Kwak HK, Hwang KT. Dietary black raspberry seed oil ameliorates inflammatory activities in db/db mice. *Lipids*. 2016; 51(6): 715-727.
- Lefort N, LeBlanc R, Surette ME. Dietary Buglossoides Arvensis oil increases circulating n-3 polyunsaturated fatty acids in a dose-dependent manner and enhances lipopolysaccharide-stimulated whole blood interleukin-10—A randomized placebo-controlled trial. *Nutrients*. 2017; 9(3): 261.
- Linnamaa P, Savolainen J, Koulu L, Tuomasjukka S, Kallio H, Yang B, et al. Blackcurrant seed oil for prevention of atopic dermatitis in newborns: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Clin Exp Allergy*. 2010; 40(8): 1247-1255.
- Li SS, Wang LS, Shu QY, Wu J, Chen LG, Shao S, Yin DD. Fatty acid composition of developing tree peony (*Paeonia section Moutan DC.*) seeds and transcriptome analysis during seed development. *BMC genomics*. 2015; 16(1): 208.
- López AX, Huerta AG, de la Cruz Torrez E, Sangerman-Jarquín DM, de Rosas GO, Arriaga MR. Chía (*Salvia hispanica L.*) situación actual y tendencias futuras. *Rev Mex Cienc Agr*. 2017; 8(7): 1619-1631.
- Lyashenko S, González-Fernández MJ, Gómez-Mercado F, Yunusova S, Denisenko O, Guill-Guerrero JL. Ribes taxa: A promising source of γ -linolenic acid-rich functional oils. *Food Chem*. 2019; 301: 125309.
- Mali AV, Bhise SS, Katyare SS. Omega-3 Fatty acids and Diabetic Complications. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. *Omega-3 fatty acids*. 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 221-227.
- Marcinek K, Krejpcio Z. Chia seeds (*Salvia hispanica*): health promoting properties and therapeutic applications—a review. *Rocz Panstw Zakl Hig*. 2017; 68(2).
- Martínez J, de Arpe C, Urrialde R, Fontecha J, Murcia M, Gómez C, Villarino A. Nuevos alimentos para nuevas necesidades. *Nutrición y Salud*; 2003. p. 1-188.
- Mataix J. Introducción. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. *Libro blanco de los omega-3*. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002a. p. 9-11.
- Mataix J. Lípidos alimentarios. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. *Libro blanco de los omega-3*. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002b. p. 13-32.
- Mata P, Alonso R, Mata N. Los omega-3 y omega-9 en la enfermedad cardiovascular. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. *Libro blanco de los omega-3*. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002. p. 49-63
- Matioli MM, Lacordia MHFA. Óleo de linhaça no tratamento do olho seco de paciente com síndrome de Sjögren. *HU Rev*. 2009; 35(3).

- Melissa HA, Elizabeth MY, Fermín CB. Efecto protector del aceite de plukenetia volubilis (sacha inchi) en la depresión inducida de ratones albinos. Rev Méd Panacea. 2018; 7(1).
- Mir SM, Kanjilal S, Ahmed SU. Omega-3 fatty acids in inflammatory diseases. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. Omega-3 fatty acids. 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 141-155.
- Montserrat-de la Paz S, Marín-Aguilar F, García-Gimenez MD, Fernández-Arche MA. Hemp (Cannabis sativa L.) seed oil: analytical and phytochemical characterization of the unsaponifiable fraction. J Agr Food Chem. 2014; 62(5): 1105-1110.
- Morales J, Valenzuela R, González D, González M, Tapia G, Sanhueza J, et al. Nuevas fuentes dietarias de ácido alfa-linolénico: una visión crítica. Rev Chil Nutr. 2012; 39(3): 79-87.
- Muriana FJG. Efectos anticancerígenos de los ácidos grasos omega-3 y oleico. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. Libro blanco de los omega-3. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002b. p. 111-125.
- Muriana FJG. Metabolismo de los ácidos grasos. En: Mataix J, Gil A, coordinadores. Libro blanco de los omega-3. 1ª ed. Granada: Puleva Food; 2002a. p. 35-47.
- Nadeem M, Imran M. Chia (Salvia hispanica) Oil. En: Ramadan MF, editor. Fruit Oils: Chemistry and Functionality. Springer; 2019. p. 303-316.
- Naveen S, Siddalingaswamy M, Singsit D, Khanum F. Anti-depressive effect of polyphenols and omega-3 fatty acid from pomegranate peel and flax seed in mice exposed to chronic mild stress. Psychiat Clin Neuros. 2013; 67(7): 501-508.
- Neijat M, Suh M, Neufeld J, House JD. Hempseed products fed to hens effectively increased n-3 polyunsaturated fatty acids in total lipids, triacylglycerol and phospholipid of egg yolk. Lipids. 2016; 51(5): 601-614.
- Nichols PD, Petrie J, Singh S. Long-chain omega-3 oils—an update on sustainable sources. Nutrientes. 2010; 2(6): 572-585.
- Oleñik Memmel AR. Influencia de la Ingesta de los Ácidos Grasos Omega-3 en la Superficie Ocular de pacientes con disfunción de glándulas de Meibomio y Ojo Seco evaporativo, y su impacto en la calidad de vida [Tesis Doctoral]. Universidad Autónoma de Madrid; 2015.
- Oomah BD, Ladet S, Godfrey DV, Liang J, Girard B. Characteristics of raspberry (Rubus idaeus L.) seed oil. Food Chem. 2000; 69(2): 187-193.
- Pacheco JT, Daleprame JB, Boaventura GT. Impact of dietary flaxseed (linum usitatissimum) supplementation on biochemical profile in healthy rats. Nutr Hosp. 2011; 26(4): 798-802.

- Pal P, Hales K, Petrik J, Hales DB. Pro-apoptotic and anti-angiogenic actions of 2-methoxyestradiol and docosahexaenoic acid, the biologically derived active compounds from flaxseed diet, in preventing ovarian cancer. *J Ovarian Res.* 2019; 12(1): 49.
- Panse ML, Phalke SD. World market of omega-3 fatty acids. En: Hedge MV, Zanwar AA, Adekar SP, editores. *Omega-3 fatty acids.* 1ª ed. Switzerland: Springer; 2016. p. 79-88.
- Parikh M, Maddaford TG, Austria JA, Aliani M, Netticadan T, Pierce GN. Dietary Flaxseed as a Strategy for improving human health. *Nutrients.* 2019; 11(5): 1171.
- Pereira J A, Oliveira I, Sousa A, Ferreira IC, Bento A, Estevinho L. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Food Chem Toxicol.* 2008; 46(6): 2103-2111.
- Prasad P, Savyasachi S, Reddy LPA. Physico-chemical Characterization, Profiling of Total Lipids and Triacylglycerol Molecular Species of Omega-3 Fatty Acid Rich *B. arvensis* Seed Oil from India. *J Oleo Sci.* 2019; 68(3): 209-223.
- Ribeiro DC, Pereira ADA, de Santana FC, Mancini-Filho J, Da Silva EM, da Costa CAS, et al. Incorporation of flaxseed flour as a dietary source for ALA increases bone density and strength in post-partum female rats. *Lipids.* 2017; 52(4): 327-333.
- Rincón MÁ, Valenzuela R, Valenzuela A. El ácido estearidónico: un ácido graso omega-3 de origen vegetal con gran potencialidad en salud y nutrición. *Rev Chil Nutr.* 2015; 42(3): 297-300.
- Ros E, FESNAD et al. Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta: postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD). *Nutr. Hosp.* 2015; 32 (2): 435-477.
- Sampath A. Chemical characterization of camelina seed oil. Tesis doctoral. Rutgers University-Graduate School-New Brunswick; 2009.
- Sargi SC, Silva BC, Santos HMC, Montanher PF, Boeing JS, Santos Júnior OO, et al. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Food Sci Tech.* 2013; 33(3): 541-548.
- Sergeant S, Rahbar E, Chilton FH. Gamma-linolenic acid, dihommo-gamma linolenic, eicosanoids and inflammatory processes. *Eur J Pharmacol.* 2016; 785, 77-86.
- Singh S, Vinod N, Gupta YK. Linseed oil: an investigation of its antiarthritic activity in experimental models. *Phytother Res.* 2012; 26(2): 246-252.
- Smith MA, Zhang H, Purves RW. Identification and distribution of oxygenated fatty acids in *Plantago* seed lipids. *J Am Oil Chem Soc.* 2014; 91(8): 1313-1322.
- Snehal DD, Manisha G. Garden cress (*Lepidium sativum* L.) Seed-An Important Medicinal Source: A Review. *J Nat Prod Plant Resour.* 2014; 4 (1): 69-80.

- Sreedhar RV, Prasad P, Reddy LPA, Rajasekharan R, Srinivasan M. Unravelling a stearidonic acid-rich triacylglycerol biosynthetic pathway in the developing seeds of *Buglossoides arvensis*: A transcriptomic landscape. *Sci Rep*. 2017; 7(1): 1-16.
- Stark AH, Crawford MA, Reifen R. Update on alpha-linolenic acid. *Nutr Rev*. 2008; 66(6): 326-332.
- Surette ME. Dietary omega-3 PUFA and health: Stearidonic acid-containing seed oils as effective and sustainable alternatives to traditional marine oils. *Mol Nutr Food Res*. 2013; 57(5): 748-759.
- Tang Y, Li X, Chen PX, Zhang B, Hernandez M, Zhang H, et al. Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chem*. 2015; 174: 502-508.
- Tian Y, Wang H, Yuan F, Li N, Huang Q, He L, et al. Perilla oil has similar protective effects of fish oil on high-fat diet-induced nonalcoholic fatty liver disease and gut dysbiosis. *Bioed Res Int*. 2016; 2016.
- Turner TD, Mapiye C, Aalhus JL, Beaulieu AD, Patience JF, Zijlstra RT, et al. Flaxseed fed pork: n- 3 fatty acid enrichment and contribution to dietary recommendations. *Meat Sci*. 2104; 96(1): 541-547.
- Ullah R, Nadeem M, Khalique A, Imran M, Mehmood S, Javid A, Hussain J. Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *J Food Sci Tech*. 2016; 53(4): 1750-1758.
- Villamor E, Marín C, Mora-Plazas M, Casale M, Vargas LN, Baylin A. Cooking with soyabean oil increases whole-blood α -linolenic acid in school-aged children: results from a randomized trial. *Public Health Nutr*. 2015; 18(18): 3420-3428.
- Wang S, Zhu F, Kakuda Y. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chem*. 2018; 265: 316-328.
- Yalcin HASAN, Konca YUSUF, Durmuscelebi F. Effect of dietary supplementation of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) on meat quality and egg fatty acid composition of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2018; 102(1): 131-141.
- Yang X, Zhang D, Song LM, Xu Q, Li H, Xu H. Chemical profile and antioxidant activity of the oil from Peony seeds (*Paeonia suffruticosa* Andr.). *Oxid Med Cell Longev*. 2017: 2017.
- Žekonis G, Žekonis J, Šadzevičienė R, Šimonienė G, Kėvelaitis E. Effect of *Perilla frutescens* aqueous extract on free radical production by human neutrophil leukocytes. *Medicina*. 2008; 44(9): 699.

- Zhang QY, Yu R, Xie LH, Rahman MM, Kilaru A, Niu LX, Zhang YL. Fatty acid and associated gene expression analyses of three tree peony species reveal key genes for α -linolenic acid synthesis in seeds. *Front Plant Sci.* 2018a; 9: 106.
- Zhang ZS, Liu YL, Che LM. Characterization of a new α -linolenic acid-rich oil: *Eucommia ulmoides* seed oil. *Journal of food science.* 2018b; 83(3): 617-623.
- Zlatanov M, Antova G, Angelova-Romova M, Momchilova S, Taneva S, Nikolova-Damyanova B. Lipid structure of *Lallemantia* seed oil: A potential source of omega-3 and omega-6 fatty acids for nutritional supplements. *J Am Oil Chem Soc.* 2012; 89(8): 1393-1401.

BASES DE DATOS

- EU novel food catalogue [en línea]. [Consultado en mayo de 2020]. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/catalogue/search/public/index.cfm#
- Fao.org [en línea]. [Consultado en mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Fitoterapia.net [en línea]. [Consultado en mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.fitoterapia.net>
- Nutritionvalue.org [en línea]. [Consultado en mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.nutritionvalue.org/>
- Pixabay.com [en línea]. [Consultado en junio de 2020]. Disponible en: <https://pixabay.com/es/>