



# Revisión del perfil de ácidos grasos en semillas oleaginosas, fitomejoramiento y aplicaciones

## Review of the fatty acid profile in oilseeds, plant breeding and applications

Magda Piedad Valdés-Restrepo<sup>1\*</sup> ; Robert Augusto Rodríguez-Restrepo<sup>1</sup> ; Maira Fernanda Ramírez-Lasso<sup>2</sup> ; Sanin Ortiz-Grisales<sup>3</sup> ; Luis Daniel Moreno-Villarreal<sup>1</sup> ; Leonardo Álvarez-Ríos<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. Palmira - Valle del Cauca, Colombia; e-mail: magda.valdes@unad.edu.co; robert.rodriguez@unad.edu.co; luisd.moreno@unad.edu.co; leonardo.alvarez@unad.edu.co

<sup>2</sup>Universidad de San Buenaventura. Cali - Valle del Cauca, Colombia; e-mail: mafecsr@gmail.com

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia. Palmira - Valle del Cauca, Colombia; e-mail: sortizg@unal.edu.co

\*Autor de correspondencia: magda.valdes@unad.edu.co

**Cómo citar:** Valdés-Restrepo, M.P.; Rodríguez-Restrepo, R.A.; Ramírez-Lasso, M.F.; Ortiz-Grisales, S.; Moreno-Villarreal, L.D.; Álvarez-Ríos, L. 2025. Revisión del perfil de ácidos grasos en semillas oleaginosas, fitomejoramiento y aplicaciones. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 28(2):e2663. <http://doi.org/10.31910/rudca.v28.n2.2025.2663>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada en Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional

**Recibido:** mayo 13 de 2024

**Aceptado:** agosto 5 de 2025

**Editado por:** Helber Adrián Arévalo Maldonado

### RESUMEN

Los ácidos grasos saturados e insaturados desempeñan un papel fundamental en la protección del organismo frente a diversos trastornos metabólicos, entre ellos, destacan los ácidos grasos monoinsaturados omega-9 y los poliinsaturados omega-3 y omega-6, tradicionalmente obtenidos del pescado y otros recursos marinos; sin embargo, debido a la sobreexplotación de los ecosistemas acuáticos, se hace necesario identificar fuentes sostenibles alternativas. En este contexto, las semillas oleaginosas han cobrado relevancia como fuente calórica y nutricional. El objetivo de esta revisión es presentar la importancia nutricional de los ácidos grasos, el contenido de aceite en diferentes semillas oleaginosas, su perfil lipídico y las aplicaciones de estos compuestos. Se recopilaron datos recientes que indican que cultivos como la soya, el maní, la colza, el girasol y la palma aceitera presentan rendimientos de aceite que oscilan entre el 18 y el 44 %. La palma aceitera es el cultivo con mayor rendimiento, aunque la soya continúa siendo la más sembrada, a nivel mundial, debido a su alta adaptabilidad. Se requiere mayor investigación para mejorar el perfil lipídico de estas semillas, optimizando la presencia de ácidos grasos beneficiosos. Asimismo, el rendimiento de aceite varía según el pretratamiento de la semilla y el método de extracción, siendo la extracción mecánica, mediante prensa expulsora, la más común. Finalmente, se destaca el ácido caprílico por su versatilidad, con aplicaciones en las industrias alimentaria, cosmética, industrial y medicinal, incluyendo el tratamiento de la epilepsia infantil, la quema de calorías y su uso como pesticida y agente antimicrobiano.

**Palabras clave:** Aceites vegetales; Ácidos grasos omega-3; Ácidos grasos omega-6; Cultivos oleaginosos; Rendimiento de aceite.

### ABSTRACT

Saturated and unsaturated fatty acids play a fundamental role in protecting the body against various metabolic disorders. Among them, monounsaturated omega-9 and polyunsaturated omega-3 and omega-6 fatty acids are particularly important, traditionally sourced from fish and other marine sources. However, due to the overexploitation of aquatic resources, it is necessary to identify sustainable alternative sources. In this context, oilseeds have gained significance as a source of calories and nutrients. The objective of this review is to present the nutritional importance of fatty acids, the oil content of various oilseeds, their lipid profile, and potential applications. Recent data show that crops such as soybean, peanut, rapeseed, sunflower, and oil palm have oil yields between 18 and 44%. Oil palm is the crop with the highest yield, although soybean remains the most widely cultivated globally due to its adaptability to diverse climates. Nevertheless, further research is needed to improve the lipid profile of these seeds, optimizing the content of beneficial fatty acids. Additionally, oil yield depends on seed pretreatment and the extraction method, with mechanical extraction using expeller presses being the most common technique. Finally, caprylic acid stands out for its versatility, with applications in the food, cosmetic, industrial, and medical sectors, including treatment for childhood epilepsy, calorie burning, and use as a pesticide and antimicrobial agent.

**Keywords:** omega3 fatty acids; omega6 fatty acids; oilseed crops; oil yield; vegetable oils.

## INTRODUCCIÓN

Se considera semilla al órgano vertedero de las plantas, donde se alberga un embrión vivo, se sintetizan y acumulan, principalmente, moléculas de almidón, proteínas y lípidos. Por su parte, las semillas oleaginosas son aquellas que producen y almacenan lípidos en forma de triacilgliceroles (TAG) (Ordoñez Narváez *et al.* 2014; Cai *et al.* 2020). La biosíntesis de estos lípidos comprende dos procesos: la síntesis de ácidos grasos en los cloroplastos y el ensamblaje de cadenas de acilo en TAG dentro del retículo endoplasmático, donde posteriormente se almacena en el cuerpo oleoso (Guo *et al.* 2023).

El metabolismo de los lípidos genera moléculas bioactivas que actúan como mediadores en múltiples vías de señalización intracelular; además, desempeña un papel crucial en la regulación de la estructura y función de la membrana celular, así como en la expresión génica, tanto en humanos como en animales (Jain, 2020). Por estas razones, las semillas oleaginosas se emplean en el tratamiento de diversas dolencias en humanos, como la artritis, el reumatismo, la distensión muscular, la neumonía y la bronquitis de pecho y espalda. Esto se debe a que algunas semillas contienen selenio y magnesio, dos elementos con propiedades antiinflamatorias (Usman *et al.* 2023b).

A partir de las semillas oleaginosas se obtienen los aceites; por ello, aumentar la producción de aceite en los cultivos oleaginosos representa un desafío para los fitomejoradores, ya que existen pocos genes capaces de incrementar el contenido de aceite en la semilla, sin comprometer su crecimiento y reproducción (Cheng *et al.* 2021). El tamaño de la semilla y la acumulación de nutrientes son factores determinantes en el aumento del rendimiento de aceite del cultivo (Guo *et al.* 2023) y están influenciados, tanto por factores genéticos como ambientales (Duan *et al.* 2023). Según el perfil lipídico del aceite, se puede destinar al consumo humano y animal, a la producción de biodiésel, combustibles renovables u otros productos de relevancia agroindustrial (Sagun *et al.* 2023).

Los ácidos grasos son una fuente importante de energía y para satisfacer su creciente demanda global es necesario incrementar la producción de cultivos, el contenido de aceite y optimizar los métodos de extracción, ya que la calidad y el perfil lipídico se pueden ver afectados por el tipo de extracción utilizado (Usman *et al.* 2023a). Los ácidos grasos están presentes tanto en grasas como en aceites y se clasifican en saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de cadena larga. Dentro de los poliinsaturados se encuentran los ácidos grasos omega-3 y omega-6; los tres ácidos grasos omega-3 más relevantes son el ácido alfa-linolénico (ALA), el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) (Krupa *et al.* 2023), mientras que entre los omega-6 destacan el ácido linoleico (LA), el ácido gammalinolénico (GLA) y el ácido araquidónico (AA) (Innes *et al.* 2018); sin embargo, solo el ácido omega-3 (ALA) y omega-6 (LA) son considerados ácidos grasos esenciales, puesto que el organismo humano no puede sintetizarlos (Punia *et al.* 2019).

Los aceites o grasas que contienen ácidos grasos saturados son utilizados en la producción de biodiésel (Tamilselvan *et al.* 2020); no obstante, existen cultivos con altos rendimientos de producción, como la soya, la colza y el girasol, entre otros, que se emplean según el propósito agroindustrial, lo que ha incrementado su demanda. El objetivo de esta revisión es presentar la importancia nutricional de los ácidos grasos, el contenido de aceite en diversas semillas oleaginosas, su perfil lipídico y las aplicaciones de estos compuestos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda documental basada en una revisión crítica, que abarcó las investigaciones más recientes relacionadas con las semillas oleaginosas. Se excluyeron aquellos documentos que no pertenecieran al ámbito científico-técnico, que no abordaran el tema de las semillas oleaginosas o que estuvieran fuera del rango temporal establecido; también, se consultaron libros, capítulos de libros y artículos científicos en áreas de estudio, como biología, genética, agronomía, fisiología vegetal e ingeniería, dentro del periodo comprendido entre el 2014 y 2023. Los documentos seleccionados recopilan información sobre cultivos de impacto económico positivo, la importancia de caracteres agronómicos susceptibles de mejoramiento, semillas oleaginosas, perfil lipídico y ácidos grasos. La información se organizó siguiendo un patrón lógico de trazabilidad, de acuerdo con los aspectos más relevantes para la temática.

La revisión se llevó a cabo mediante el acceso a diversas bases de datos, como Scopus, Redalyc.org, DOAJ, Latindex, Google Académico, Science Direct y SciELO, seleccionadas en función del área de estudio, fecha de publicación, palabras clave y relevancia temática.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Síntesis de ácidos grasos en semillas

Los ácidos grasos en el organismo son necesarios para satisfacer las demandas metabólicas y se utilizan como fuente de energía; sin embargo, cuando la célula ha cubierto sus requerimientos energéticos, el exceso de ácidos grasos se almacena en forma de triglicéridos (TG) (tres ácidos grasos y una molécula de glicerol), los cuales, se sintetizan durante el desarrollo de la semilla.

Cabe destacar que la oxidación de los ácidos grasos se lleva a cabo en la mitocondria y requiere la participación de Flavín Adenín Dinucleótido (FAD\*) y Nicotinamida Adenina Dinucleótido (NAD\*), mientras que su síntesis ocurre en el citoplasma y depende de Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato (NADPH).

La biosíntesis de los ácidos grasos comienza en los plastidios que, a partir de la descarboxilación oxidativa del piruvato, mediante el complejo piruvato deshidrogenasa, se obtiene el Acetil-CoA y por acción de la descarboxilación de la enzima de acetil CoA, a partir de la enzima Acetil-CoA Carboxilasa (ACC), se sintetiza malonil-CoA (proceso que implica gasto de energía Adenosín Trifosfato

(ATP). La enzima maloniltransferasa (MCAMT) facilita la unión del malonil a una proteína portadora de acilo (ACP), para formar el complejo malonil-CoA-ACP transacilasa.

A partir de este punto, se llevan a cabo reacciones sucesivas por acción del complejo enzimático sintasa de ácido graso (FAS) (Sagun *et al.* 2023). Estas cuatro reacciones ocurren de manera cíclica e incluyen condensación, reducción, deshidratación y una segunda reducción de los grupos malonil, que se incorporan en cada ciclo. Como resultado, se forma ácido palmítico (ácido graso saturado de 16 átomos de carbono). A partir del ácido palmítico, se pueden sintetizar otros ácidos grasos de cadena corta o larga, algunos de los cuales, pueden sufrir modificaciones posteriores, como la introducción de dobles enlaces (Miklaszewska *et al.* 2021).

### Métodos de extracción de aceite en semillas

En la extracción de aceite a partir de semillas oleaginosas, generalmente, se emplean pretratamientos mecánicos y térmicos, para mejorar el rendimiento del proceso. Estos pretratamientos pueden ser descascarillado, con el objetivo de eliminar factores antinutricionales; reducción de tamaño (trituration y molienda) y temperatura durante el pretratamiento (Chaliha *et al.* 2020). El rendimiento de aceite, además de depender de la calidad de la semilla, está influenciado por el contenido de humedad en la semilla y el tamaño de partícula.

Existen diversas técnicas para la extracción de aceite, como extracción mecánica, con solventes, asistida por ultrasonido (EAU), con líquidos presurizados, con fluidos supercríticos y extracción enzimática acuosa (EEA) (Capar *et al.* 2021).

Uno de los métodos más empleados es la extracción mecánica de aceite, mediante prensado continuo (expeller), el cual, reemplazó a las prensas hidráulicas, debido a su mayor eficiencia en la obtención de aceite; sin embargo, la extracción con solventes puede ofrecer una mayor eficiencia en comparación con el método mecánico, especialmente cuando se controlan parámetros, como el contenido de humedad, el tipo de solvente, el tamaño del gránulo y la temperatura. A pesar de ello, la extracción mecánica sigue siendo preferida por su bajo costo operativo y porque el aceite obtenido no se contamina con solventes, lo que permite utilizar la torta residual como alimento para animales (Deviren & Aydin, 2023).

En el prensado mecánico se emplean dos tipos de equipos: la prensa expulsora (expeller) y la prensa extrusora. La prensa expulsora funciona únicamente con energía mecánica y no requiere el uso de solventes orgánicos; en caso de requerir una extracción en frío, la temperatura se debe mantener por debajo de los 50 °C, lo cual, ha incrementado el interés en el método de prensado por expulsor (Lavenburg *et al.* 2021).

En la extracción con solventes, se utilizan, comúnmente, compuestos como éter de petróleo, acetona, etanol o n-hexano, siendo este último el disolvente orgánico más empleado, debido a su eficiencia en la recuperación del aceite. Este solvente se separa del aceite mediante evaporación y destilación; además, es económico, posee una

naturaleza no polar, un bajo calor latente de vaporización (330 kJ/kg) y un bajo punto de ebullición (63–69 °C); sin embargo, su uso presenta limitaciones, ya que es altamente explosivo, constituye un contaminante atmosférico y posee una elevada toxicidad, con efectos adversos sobre el sistema neuronal (Kumar *et al.* 2017).

La extracción enzimática acuosa (EEA) consiste en utilizar agua para extraer el aceite, basándose en la escasa solubilidad de los triglicéridos en medios acuosos. Durante este proceso, se forma una emulsión y el aceite se separa, cambiando la temperatura de operación y el uso de enzimas que segregan el componente deseado, sin causar daño. Generalmente, el aceite se divide en tres fracciones: residuo sólido, descremada y aceite libre; no obstante, se requieren procesos adicionales para liberar el aceite contenido en la fracción cremosa. La EEA es considerada un proceso respetuoso con el medio ambiente, seguro y rentable, ya que reduce el uso de disolventes (Souza *et al.* 2019; Lavenburg *et al.* 2021).

La extracción de aceite a través de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), con fluido supercrítico, se realiza aprovechando las propiedades del CO<sub>2</sub>, como la viscosidad reducida, la mayor difusividad y la densidad similar a la de un líquido, lo que facilita su penetración en los espacios porosos, por tanto, permite la recuperación del aceite, que no depende de disolventes orgánicos. El CO<sub>2</sub>, en este proceso, se mezcla con la semilla, previamente molida, donde la reducción del tamaño de partícula permite una mejor extracción del aceite (Prasad *et al.* 2023). El CO<sub>2</sub> supercrítico no es tóxico ni contaminante, es económico y se puede emplear a bajas temperaturas (Zanotti *et al.* 2023); sin embargo, este método es costoso, porque requiere equipos capaces de manejar altas presiones, lo que incrementa el costo de inversión y mantenimiento (Lavenburg *et al.* 2021).

Por otra parte, la extracción asistida por ultrasonido (EAU) involucra varios mecanismos, entre ellos, el efecto sonocapilar, la sonoporación, la detexturación y la mezcla. Este método permite ahorrar tiempo y energía en comparación con los métodos convencionales, que requieren el uso de solventes; no obstante, un tratamiento excesivo con ultrasonido, sin temperatura constante, puede provocar la descomposición de compuestos bioactivos, presentes de forma natural en la semilla (Capar *et al.* 2021; Piasecka *et al.* 2023).

### Producción de aceites vegetales a partir de semillas oleaginosas

Los cultivos oleaginosos más sembrados para la extracción de aceites son la soya, el maní, la colza, el girasol, la palma de aceite, el olivo, el coco y el algodón (Tabla 1), siendo la soya el cultivo más importante, a nivel mundial, seguido por el maní y la colza (Jannat *et al.* 2022; Das *et al.* 2023; Vollmann, 2023).

Los cultivos de granos oleaginosos se siembran en varios países; sin embargo, Brasil es el mayor productor de soya (Cattelan & Dall'Agnol, 2018), mientras que China lidera la producción de maní, con una cifra anual de 17,5 millones de toneladas (Xiaoqing *et al.* 2022). Canadá es el principal productor de colza, con 21 MT, seguido por la Unión Europea y China, con 19 y 13 MT, respectivamente (Jannat *et al.* 2022). En cuanto a la producción

de aceite de girasol, los tres principales países productores son Ucrania, Rusia y la Unión Europea, con una participación de 4,33 millones de toneladas (29 %), 3,57 MT (24 %) y 3,19 MT (21,4 %), respectivamente (Petrenko *et al.* 2023).

La soya es el principal cultivo a nivel mundial, del cual, se extrae aceite, seguido por el maní, la colza y el girasol; sin embargo, el aceite de palma es el aceite vegetal más consumido en el mundo (Miklaszewska *et al.* 2021). La soya representa casi el 60 % de la producción mundial de aceite vegetal y aporta, aproximadamente, el 25 % del consumo global de proteínas, tanto en la alimentación

humana como en la formulación de piensos para animales (Duan *et al.* 2023). Es el cuarto cultivo más importante del mundo y destaca por sus múltiples usos, entre ellos, la producción de biodiésel (Churasia *et al.* 2016), además de ser considerada la principal fuente proteica en la producción de raciones para el ganado (Vollmann, 2023). Este cultivo presenta un rápido crecimiento, lo que ha impulsado su expansión, especialmente, en América Latina, permitiendo obtener varias cosechas al año; se prevé que la producción de soya aumente a una tasa anual de entre 1 y 3 % (OECD-FAO, 2023).

Tabla 1. Contenido de aceite en semillas oleaginosas.

Cultivos	Nombre científico	Aceite (%)	Fuente
Soya	<i>Glycine max</i>	18	AgMRC (2022)
Colza	<i>Brassica napus</i>	40-45	Halim <i>et al.</i> (2023)
Maní	<i>Arachis hypogaea</i>	35-55	Patel <i>et al.</i> (2022)
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	38-50	AgMRC (2022)
Palma aceitera	<i>Elaeis guineensis</i>	44	Barcelos <i>et al.</i> (2015)
Olivo	<i>Olea europaea</i>	12	Mehdi <i>et al.</i> (2023)
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	35-37*	Eyres <i>et al.</i> (2016)
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	20	Wu <i>et al.</i> (2022)

\* Grasa.

El maní se considera el segundo cultivo más relevante para el consumo humano y el tercero en importancia, a nivel mundial, en cuanto a la producción de aceite vegetal (Das *et al.* 2023).

La colza es considerada el tercer cultivo oleaginoso más importante del mundo, con un contenido de aceite del 40 % más rentable que el de la soya, que contiene un 18 % (AgMRC, 2022; Jannat *et al.* 2022). El aceite de colza se utiliza principalmente en la preparación de alimentos, pero también se emplea en la industria, para la elaboración de jabón, pintura, rellenos textiles y productos farmacéuticos (Halim *et al.* 2023).

El cultivo de girasol es considerado el cuarto cultivo oleaginoso en importancia, siendo Ucrania el principal productor de semillas, con 13 millones de toneladas (Petrenko *et al.* 2023). La harina de girasol presenta un contenido de proteína que oscila entre el 45 y el 50 % (Malik & Saini, 2018), además de contener aminoácidos esenciales, vitamina B, minerales y antioxidantes, lo que la hace atractiva para la formulación de alimentos, especialmente en harinas compuestas, destinadas para LA alimentación de ganado (Wanjari & Waghmare, 2015).

Según Grasso *et al.* (2019), el uso de harina de girasol en alimentos para consumo humano está restringido, debido a la presencia de compuestos antinutricionales, como saponinas, inhibidores de proteasa y arginasa, fibra insoluble y trazas de disolventes, residuales

del proceso de extracción de aceite; sin embargo, Adesina (2018) señala que si se realiza un proceso adecuado de extracción del aceite de la semilla de girasol es posible reducir el contenido de antinutrientes, lo que permitiría su uso como materia prima segura para el consumo humano.

El cultivo de coco es ampliamente valorado por su alto contenido graso y el aceite de coco puro puede alcanzar hasta un 100 % de contenido lipídico; los principales países productores son Filipinas, Indonesia e India (Eyres *et al.* 2016).

El aceite de semilla de algodón es un subproducto de la producción de algodón (Wu *et al.* 2022), cuyos principales países productores son India, China, Estados Unidos, Brasil y Pakistán (Farooq *et al.* 2023). En el caso de la palma aceitera, Indonesia y Malasia son los mayores productores y se espera que la producción de aceite de palma incremente, a una tasa anual del 0,8 %. Para el 2032, se prevé que países como Tailandia produzcan 3,5 millones de toneladas; Colombia, 2,6 MT y Nigeria, 1,7 MT (OECD-FAO, 2023).

Del proceso de extracción de aceite de las semillas queda una torta húmeda, que posteriormente se convierte en harina y representa el 90 % del volumen del proceso; esta harina es rica en aceite, proteínas y almidón (Pilorgé & Muel, 2016). Las tortas o harinas derivadas de semillas oleaginosas se utilizan para obtener aislados de proteínas, hidrolizados y péptidos bioactivos. En particular, la harina de semillas

se emplea para reducir la oxidación de lípidos, conservar la calidad de los alimentos y prolongar la vida útil de productos cárnicos.

### Estrategias para incrementar la producción de semillas oleaginosas

Existen diferentes métodos para incrementar el rendimiento en la producción de semillas y aceite en cultivos oleaginosos, mediante estrategias de mejoramiento genético no convencional. En algunos casos, estos métodos se complementan con el uso de herramientas, como la biotecnología. En la base de datos genómica SoyBase (<http://www.soybase.org>), se documentan cientos de loci de rasgos cuantitativos (QTL), relacionados con el tamaño y peso de la semilla, así como con la acumulación de aceite y proteína (Duan *et al.* 2023); por ejemplo, se registra que la soya es una planta autógama y se considera un diploide que evolucionó a partir de un paleotetraploide ( $2n = 20$ ) (Cai *et al.* 2023). Aunque existen numerosos cultivares de soya, la variabilidad genética entre genotipos es baja, debido a la estrecha base genética del germoplasma (Kafer *et al.* 2023). El mejoramiento genético en soya por hibridación se presenta como una de las estrategias más prometedoras para ampliar la variabilidad genética y enriquecer el germoplasma, con caracteres de interés. Uno de estos caracteres es el número de semillas por vaina, considerado clave para el rendimiento; sin embargo, el mejoramiento genético en soya aún presenta limitaciones (Jiang *et al.* 2023).

El maní cultivado es alotetraploide, resultado de la hibridación entre dos especies diploides silvestres: *Arachis duranensis* Krapov. & W.C. Gregory (AA,  $2n = 20$ ) y *Arachis ipaensis* Krapov. & W.C. Gregory (BB,  $2n = 20$ ) (Bertioli *et al.* 2019). El enfoque de mejoramiento en esta especie se centra en mejorar las características del grano y la vaina asociadas al rendimiento. Se han realizado estudios para identificar QTL relacionados con el peso y tamaño de la semilla, así como con la longitud y peso de la vaina; sin embargo, la base genética de estos caracteres aún no está bien definida, lo que dificulta el avance del mejoramiento del maní, especialmente, mediante selección asistida por marcadores (Patel *et al.* 2022).

La colza es una especie alopoliploide (AACC,  $2n = 38$ ), producto del cruzamiento entre *B. rapa* L. (AA,  $2n = 20$ ) y *B. oleracea* L. (CC,  $2n = 18$ ) (Song *et al.* 2020), que puede experimentar diversos tipos de estrés, incluido el estrés por salinidad durante la etapa de crecimiento. Un suelo salino altera los gradientes de potencial osmótico e inhibe la fotosíntesis, lo que afecta negativamente el rendimiento; por tanto, para avanzar en la mejora genética es fundamental comprender los mecanismos de adaptación de las plantas al estrés por salinidad (Chen *et al.* 2023).

Una de las principales características del girasol es su adaptabilidad, especialmente, a regiones áridas y semiáridas. Todas las variedades anuales son diploides ( $2n = 2x = 34$ ); sin embargo, las variedades perennes presentan diversos niveles de ploidía, que van desde diploides hasta hexaploides y algunas especies muestran mixoploidia (diploide/triploide) (Talukder *et al.* 2022). El método tradicional de mejoramiento en este cultivo consiste en la creación de híbridos y el desarrollo de variedades de polinización abierta, con alto rendimiento

de semilla y de contenido de aceite, que puede alcanzar hasta el 50 % (Vear, 2016).

La palma aceitera es una especie alógama y diploide ( $2n = 32$ ), que crece en estado silvestre, semisilvestre y cultivada, siendo el cultivo de mayor rendimiento en el munda (Pomiès *et al.* 2023). La fotosíntesis se puede ver reducida, debido a la alta densidad de plantación y a la defoliación, factores que promueven el desarrollo de inflorescencias masculinas; por tanto, el mejoramiento genético orientado a incrementar variedades con mayor inflorescencias femeninas tiene un gran impacto en el rendimiento del cultivo.

En este contexto, el mejoramiento se enfoca en la producción de híbridos F1, que requieren polinización asistida, donde los métodos más utilizados por los mejoradores de palma aceitera incluyen la selección recurrente recíproca, la selección por familias y la selección individual, para el desarrollo de líneas parentales (Barcelos *et al.* 2015).

El olivo (*Olea europaea* subsp. *europaea*) incluye, tanto la forma silvestre (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris*) como la cultivada (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *europaea*) y es una especie diploide ( $2n = 2x = 46$ ) (Julca *et al.* 2018). Los sistemas de mejoramiento en este cultivo se centran en la selección de clones para desarrollar variedades con alta tolerancia al estrés hídrico y térmico (Días *et al.* 2022).

La expresión de las características de la variedad depende de su genética y de las condiciones pedoclimáticas, predominantes en cada olivar. Los rasgos genéticos se expresan fenotípicamente, así como la resistencia al estrés, la tolerancia a plagas y enfermedades, el rendimiento y la calidad del aceite (Fraga *et al.* 2021).

El cocotero es una palmera perenne con 32 cromosomas ( $2n = 16$ ), a la cual se le han realizado cruzamientos, pero debido a su naturaleza biológica, caracterizada por semillas recalcitrantes, baja tasa de multiplicación y crecimiento prolongado limita las estrategias convencionales de mejoramiento. Por ello, la mejor alternativa para incrementar su productividad es el uso de herramientas biotecnológicas (Arumugam & Hatta, 2022).

El cultivo de algodón enfrenta diversos tipos de estrés biótico y abiótico, lo que reduce su rendimiento. Según los fitomejoradores, la principal alternativa consiste en identificar, dentro del germoplasma de algodón, materiales resistentes a diversos tipos de estrés. Una de las variables más importante para evaluar esta resistencia es la cantidad de enzimas antioxidantes, las cuales, se producen en respuesta al estrés abiótico (Farooq *et al.* 2023); sin embargo, la variabilidad genética modificable en el germoplasma de esta especie es limitada, aunque se ha identificado una amplia variación genética en el contenido de aceite, presente en la semilla. Dado que dentro de este género se pueden localizar especies diploides, tetraploides y alopoloides, se ha optado por estrategias de mejoramiento clásico, mediante cruzamientos entre genotipos, seguidos de una selección basada en el contenido de aceite, con lo cual, se han logrado incrementos modestos (Wu *et al.* 2022).

## Tipos de ácidos grasos, funciones en el organismo y fuentes de obtención

Los lípidos son ácidos grasos que se clasifican según la presencia o ausencia de dobles enlaces en: ácidos saturados e insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados) (Alfhili *et al.* 2023). Bajo esta premisa, los ácidos grasos saturados (AGS) no poseen dobles enlaces, únicamente, enlaces simples. Debido a esta estructura, se encuentran principalmente en materias primas de origen animal, como la carne, la mantequilla, los quesos y la manteca.

Los ácidos grasos monoinsaturados contienen un doble enlace; su consumo, especialmente en la forma de omega-9, se asocia con beneficios para reducir los niveles de colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad). Por su parte, los ácidos grasos poliinsaturados poseen dos dobles enlaces o más, generalmente hasta seis (Orsavova *et al.* 2015). Dentro de este grupo, se encuentran los omega-3 y omega-6, los cuales, no pueden ser sintetizados por el ser humano, debido a la ausencia de las enzimas apropiadas para su síntesis; por esta razón, se consideran ácidos grasos esenciales y se deben obtener a través de la dieta, particularmente, mediante la ingesta de pescados o aceite de pescado (Punia *et al.* 2019).

El consumo excesivo de ácidos grasos saturados puede aumentar el riesgo de desarrollar enfermedades coronarias y elevar los niveles de colesterol en sangre. En contraste, el consumo de ácidos grasos monoinsaturados se asocia con una reducción del riesgo de enfermedad coronaria (Zong *et al.* 2016).

Los ácidos grasos omega-3 actúan como componentes de la membrana que rodean cada célula del organismo. Además de proporcionar energía mediante su aporte calórico, cumplen funciones vitales en los vasos sanguíneos, el corazón, los pulmones, el sistema inmunitario y el sistema endocrino.

Dentro de los ácidos grasos omega-3 se encuentran tres ácidos principales: el ácido alfa-linolénico (ALA) (18 átomos de carbono C18:3), ácido eicosapentaenoico (EPA) (20 átomos de carbono C20:5) y el ácido docosahexaenoico (DHA) (22 átomos de carbono C22:6) (Shahidi & Ambigaipalan, 2018). El ALA se encuentra en aceites vegetales, como el de linaza, soya, semillas de calabaza y colza; por su parte, los ácidos EPA y DHA se encuentran en los pescados y mariscos.

El EPA participa en el desarrollo cerebral, la regulación de funciones cerebrales, como la transmisión de señales celulares, la visión y la síntesis de prostaglandinas. El DHA, en cambio, es un ácido graso estructural, que forma parte de las membranas celulares y desempeña un papel fundamental en el desarrollo visual durante la gestación.

Entre los ácidos grasos omega-6 se encuentra el ácido linoleico (LA) y el ácido gamma-linolénico (GLA) (ambos con 18 átomos de carbono) y al ácido araquidónico (ARA) (20 átomos de carbono). El LA, es un ácido graso esencial, que se puede convertir en un ácido graso de cadena más larga, como el ácido araquidónico

(ARA) (Chaliha *et al.* 2020). El GLA es un ácido graso estructural, mientras que el ARA está presente en la síntesis de prostaglandinas esenciales en la contracción del músculo liso, la secreción gástrica, la respuesta inflamatoria y el equilibrio electrolítico renal (Alfhili *et al.* 2023).

Los omega-6 se pueden encontrar, principalmente, en semillas de maíz y girasol. Además, favorece la coagulación sanguínea, regula la presión arterial y disminuye los niveles de colesterol; sin embargo, algunos autores, como Poli *et al.* (2023) plantean que los omega 6 pueden actuar como antagonicos frente a los omega 3, debido a que los ácidos grasos omega 3 tienen un efecto antiinflamatorio, promueven la dilatación de los vasos sanguíneos, mejorando el flujo sanguíneo e inhiben la inflamación, mientras que los ácidos grasos omega 6 favorecen la inflamación, estrecha los vasos sanguíneos y promueve la coagulación de la sangre, debido a que el ácido araquidónico forma hormonas tisulares que, a su vez, generan radicales libres, que atacan a las células del cuerpo y se desencadena la inflamación. Tanto el ácido ALA, del omega-3 como el LA, de los omega-6, son considerados ácidos grasos esenciales, por lo que se deben consumir con la dieta, ya que el cuerpo humano no los produce. En el caso del ALA, el organismo puede convertirlo en EPA y posteriormente en DHA, aunque en cantidades muy limitadas (Punia *et al.* 2019; Campoy *et al.* 2021).

Las grasas trans o ácidos grasos trans son ácidos grasos insaturados, que se pueden producir de forma natural o artificial. La mayoría se generan industrialmente, mediante un proceso denominado hidrogenación, que consiste en agregar moléculas de hidrógeno a los aceites vegetales. Este procedimiento da lugar a aceites parcialmente hidrogenados, que se conoce como grasas sólidas o semisólidas, que se utilizan en la elaboración de productos horneados y aceites de cocina (Bösch *et al.* 2023). Según De Souza (2015), el consumo de grasas trans está asociado con un aumento del 28 % en el riesgo de mortalidad por enfermedades coronarias.

## Perfil de ácidos grasos

Los ácidos grasos más comunes son el ácido esteárico (18:0), palmítico (16:0), láurico (12:0) y mirístico (14:0), asociados con enfermedades cerebrovasculares (ECV), debido a su capacidad para elevar los niveles plasmáticos de lipoproteínas de baja densidad y colesterol (LDL); sin embargo, el ácido esteárico (18:0) es diferenciador en comparación con otros ácidos grasos saturados, ya que es considerado neutro en el metabolismo del colesterol, debido a su alta tasa de conversión en ácido oleico (18:1 n-9).

Por otro lado, los ácidos poliinsaturados, como el ácido linoleico (n-6), son considerador benéficos para el corazón, principalmente, por su capacidad para reducir los niveles de LDL (Park *et al.* 2021).

Debido a la relevancia de los ácidos grasos presentes en las semillas del fruto de zapallo (*Cucurbita* sp.), este cultivo ha despertado interés, no solo por su pulpa, sino por la abundancia de semillas, que oscilan entre 300 y 700 por fruto, lo cual, puede representar un rendimiento de aceite del 45 %, aproximadamente, destacando

el ácido linoleico, con un 56 %, en la especie *C. moschata* y con un contenido entre el 43 y 86 % de ácido linoleico y 24 a 38 % en ácido oleico, para la especie *C. pepo* (Valdés *et al.* 2014; Rodríguez *et al.* 2018; Rodríguez-Restrepo *et al.* 2023).

El aceite de soya está compuesto por un 62 % de ácidos grasos poliinsaturados, 23 % de ácidos grasos monoinsaturados y 15 % de ácidos grasos saturados (Li *et al.* 2023). Entre los ácidos grasos saturados presentes en el aceite de soya se encuentran el palmítico (C16:0), con un 10 % y el esteárico (C18:0), con un 4 %. En cuanto a los ácidos grasos insaturados, destacan el oleico (C18:1), con un 20 %; el linoleico (C18:2), con un 55 % y el  $\alpha$ -linolénico (C18:3) (Song *et al.* 2023).

Según Adeleke & Babalola (2020), el aceite de girasol contiene un 5 % de ácido palmítico, 6 % de ácido esteárico, 30 % de ácido oleico (omega-9) y 59 % de ácido linoleico (omega-6). Por su parte, el aceite de algodón presenta un 71 % de ácidos grasos insaturados (58 % de ácido linoleico y 13 % de ácido oleico) y un 28 % de ácidos grasos saturados (26 % de ácido palmítico y 2 % de ácido esteárico) (Wu *et al.* 2022).

En el caso de la semilla de colza, el contenido de aceite oscila entre el 59 y el 68 %, destacándose el ácido linoleico y el ácido linolénico, con proporciones de 17–21 % y 7,8–10 %, respectivamente (Zapletalová *et al.* 2022); por lo tanto, los aceites de girasol, colza y algodón se caracterizan por ser ricos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados.

Por el contrario, el aceite de coco está compuesto por un 90 % de ácidos grasos saturados (AGS) y está compuesto, principalmente, por el ácido láurico (C12:0) (42 g por 100 g), mirístico, ácido palmítico, esteárico, caprílico (C8:0), cáprico (C10:0) y 6 g por cada 100 g de ácido oleico (monoinsaturado) (Schwingshackl & Schlesinger, 2023). El aceite de palma crudo contiene 44 % de ácido palmítico (C16:0), 5 % de ácido esteárico (C18:0) y trazas de ácido mirístico (C14:0) (Balcelos *et al.* 2015).

Por su parte, el aceite de oliva contiene un 14,5 % de ácidos grasos saturados (13 % de ácido palmítico (C16:0) y 1,5 % de ácido esteárico (C18:0)) y un 85 % de ácidos grasos insaturados (70 % corresponde al ácido oleico (C18:1), compuesto monoinsaturado omega-9; el 15 % al ácido linoleico (C18:2), compuesto poliinsaturado omega-6 y el 3,5 % al ácido palmitoleico), es decir, el aceite de oliva contiene una mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados que poliinsaturados (Foscolou *et al.* 2018).

Cada uno de los ácidos grasos presentes en los distintos aceites aporta beneficios, tanto para el organismo humano como para la industria. El ácido esteárico (C18:0) es un ácido graso saturado; sin embargo, no eleva los niveles de colesterol en la sangre (Senyilmaz-Tiebe *et al.* 2018). A nivel industrial, se utiliza principalmente en la fabricación de jabones, velas, cosméticos, textiles, plásticos, lubricantes y en el procesamiento del caucho (Patti *et al.* 2021).

El ácido palmítico (C16:0) es el ácido graso saturado más estudiado con relación al cáncer, ya que constituye la grasa más abundante en el cuerpo humano, representando entre el 20 y el 30 % del total de los ácidos grasos (Martín Ortega & Segura Campos, 2021). El aceite de palma es especialmente rico en ácido palmítico, con un contenido del 44 %, seguido por un 39,2 % de ácido oleico (Bergen *et al.* 2023). Industrialmente, el ácido palmítico se emplea como materia prima en la producción de biodiésel, tensoactivos, cosméticos y agentes desmoldantes industriales (Takeno *et al.* 2023).

El ácido oleico (C18:1) es graso, muy estable ante la oxidación y mejora la actividad de los antioxidantes y al mezclarse con otros aceites hace que sean más estables a la oxidación; debido a este atributo se emplea en la industria de productos farmacéuticos y cosméticos, coadyuvantes, vehículos transdérmicos y agentes emolientes para la piel (Hernández, 2016).

El ácido linoleico (C18:2) es un ácido graso esencial que se puede sintetizar en ácido gamma-linolénico (GLA) y convertirse en ácido araquidónico (ARA), ambos, con propiedades protectoras frente al cáncer (Chaliha *et al.* 2020). En el ámbito industrial, se utiliza en la fabricación de pinturas y barnices al óleo, gracias a su alta reactividad con el oxígeno del aire, lo que permite la formación de una película estable. También, se emplea en la producción de cosméticos por sus propiedades antiinflamatorias, blanqueadoras e hidratantes para la piel (Soliman & Abdel-Wahhab, 2023).

El ácido linolénico debe ser incorporado a través de la dieta, ya que el organismo humano no lo sintetiza; su principal fuente son las plantas y semillas. Se ha demostrado que el ALA se puede convertir en EPA y DHA, los tres considerados los ácidos poliinsaturados omega-3 más importantes; sin embargo, esta conversión en los seres humanos, especialmente en hombres, es ineficiente, alcanzando solo alrededor del 20 %. Por ello, tanto el EPA como el DHA deben ser consumidos a través de la dieta o mediante suplementación. La cantidad óptima diaria recomendada de ácidos grasos omega-3 oscila entre 500 y 1.000 miligramos (Mercola & D'Adamo, 2023).

El ácido láurico (C12:0) posee propiedades antidiabéticas y antiinflamatorias. Se puede transformar en monolaurina, un compuesto capaz de romper la membrana lipídica de las bacterias, lo que le confiere utilidad en la conservación de alimentos, mediante la destrucción de microorganismos; por ejemplo, al sumergir carne de pollo en ácido láurico, se reduce el contenido de humedad y se prolonga su vida útil. Además, este ácido se emplea en la industria cosmética y en aromaterapia, especialmente, como aceite para masajes y se suele mezclar con aceites de limón, eucalipto y lavanda (Srivastava *et al.* 2018).

El ácido mirístico se encuentra en tejidos humanos y animales en concentraciones bajas, representando el 1 % de todos los ácidos grasos endógenos; a pesar de este bajo porcentaje, este ácido es estudiado por estar asociado con trastornos metabólicos y enfermedades cardiovasculares. Adicionalmente, puede modificar

las proteínas palmitoilación y miristoilación alterando diversas vías de señalización, de tal forma que alteran las funciones celulares (Saraswathi *et al.* 2022).

Los ácidos caprílico y cáprico son ácidos grasos saturados de cadena media que se utilizan en el control de enfermedades, así como en aplicaciones cosméticas e industriales, gracias a sus propiedades inusuales, pero altamente beneficiosas. El ácido caprílico, en particular, se emplea en el control del peso corporal, al favorecer la quema de calorías en el cuerpo y forma parte de la dieta cetogénica empleada en el tratamiento de la epilepsia infantil. Además, actúa como antioxidante para la piel y como pesticida para la higienización de superficies en la industria alimentaria, especialmente, en la industria láctea y como agente antimicrobiano.

Por su textura aceitosa y resistencia a la oxidación, se incorpora en productos cosméticos que requieren suavidad al tacto, como cremas faciales, humectantes, labiales, protectores solares y cremas antienvjecimiento. También se emplea en la fabricación de perfumes y tintes (Mungali *et al.* 2021).

**Agradecimientos.** A la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por su colaboración y disposición para la ejecución del manuscrito. **Conflictos de intereses:** El artículo fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Contribución autores:** Robert Augusto Rodríguez Restrepo, Magda Piedad Valdés Restrepo, Maira Fernanda Ramírez-Lasso, Luis Daniel Moreno-Villarreal y Leonardo Álvarez-Rios, realizaron la búsqueda de artículos científicos en bases de datos y análisis para la escritura del borrador del manuscrito; Sanin Ortiz Grisales lideró la contextualización y metodología del manuscrito. Todos los autores participaron en la redacción, revisión, edición del manuscrito y aprueban la versión final.

## REFERENCIAS

- ADELEKE, B.S.; BABALOLA, O.O. 2020. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science & Nutrition*. 8(9):4666-4684. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>
- ADESINA, S. 2018. Effect of processing on the proximate composition of sunflower (*Helianthus annuus*) seeds. *Agro-Science*. 17(3):27-33. <https://doi.org/10.4314/as.v17i3.5>
- AGRICULTURAL MARKETING RESOURCE CENTER, AGMRC. 2022. Grain and Oilseeds: Rapeseed. Disponible desde Internet: <https://www.agmrc.org/commodities-products/grains-oilseeds/rapeseed>
- ALFHILL, M.A.; ALSUGHAYYIR, J.; BASUDAN, A.; ALFAIFI, M.; AWAN, Z.A.; ALGETHAMI, M.R.; AL-SHEIKH, Y.A. 2023. Blood indices of omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids are altered in hyperglycemia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 30(3):103577. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103577>
- ARUMUGAM, T.; HATTA, M.A.M. 2022. Improving coconut using modern breeding technologies: Challenges and opportunities. *Plants*. 11(24):3414. <https://doi.org/10.3390/plants11243414>
- BARCELOS, E.; RIOS, S.A.; CUNHA, R.N.V.; LOPES, R.; MOTOIKE, S.Y.; BABIYCHUK, E.; SKIRYCH, A.; KUSHNIR, S. 2015. Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Frontiers in Plant Science*. 6:190. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00190>
- BERGEN, J.; KARASOVA, M.; BILECK, A.; PIGNITTER, M.; MRAKO, D.; GERNER, C.; DEL FAVERO, G. 2023. Exposure to dietary fatty acids oleic and palmitic acid alters structure and mechanotransduction of intestinal cells in vitro. *Archives of Toxicology*. 97:1659-1675. <https://doi.org/10.1007/s00204-023-03495-3>
- BERTIOLI, D.J.; JENKINS, J.; CLEVENGER, J.; DUDCHENKO, O.; GAO, D.; SEIJO, G.; LEAL-BERTIOLI, S.C.M.; REN, L.; FARMER, A.D.; PANDEY, M.K.; SAMOLUK, S.S.; ABERNATHY, B.; AGARWAL, G.; BALLÉN-TABORDA, C.; CAMERON, C.; CAMPBELL, J.; CHAVARRO, C.; CHITIKINENI, A.; CHU, Y.; DASH, S.; EL BAIDOURI, M.; GUO, B.; HUANG, W.; KIM, K.D.; KORANI, W.; LANCIANO, S.; LUI, C.G.; MIROUZE, M.; MORETZSOHN, M.C.; PHAM, M.; SHIN, J.H.; SHIRASAWA, K.; SINHARROY, S.; SREEDASYAM, A.; WEEKS, N.T.; ZHANG, X.; ZHENG, Z.; SUN, Z.; FROENICKE, L.; AIDEN, E.L.; MICHELMORE, R.; VARSHNEY, R.K.; HOLBROOK, C.C.; CANNON, E.K.S.; SCHEFFLER, B.E.; GRIMWOOD, J.; OZIAS-AKINS, P.; CANNON, S.B.; JACKSON, S.A.; SCHMUTZ, J. 2019. The genome sequence of segmental allotetraploid peanut *Arachis hypogaea*. *Nature Genetics*. 51(5):877-884. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0405-z>
- BÖSCH, S.; WESTERMAN, L.; RENSHAW, N.; PRAVST, I. 2021. Trans Fat Free by 2023 – A Building Block of the COVID-19 Response. *Frontiers in Nutrition*. 8:645750. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.645750>
- CAI, G.; FAN, C.; LIU, S.; YANG, Q.; LIU, D.; WU, J.; LI, J.; ZHOU, Y.; GUO, L.; WANG, X. 2020. Nonspecific phospholipase C6 increases seed oil production in oilseed brassicaceae plants. *New Phytologist*. 226:1055-1073. <https://doi.org/10.1111/nph.16473>
- CAI, Y.; CHEN, L.; HOU, W. 2023. Genome editing technologies accelerate innovation in soybean breeding. *Agronomy*. 13(8):2045. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082045>

- CAMPOY, C.; CHISAGUANO, T.A.M.; GARZA, P.A.; SÁENZ DE PIPAÓN, M.; VERDUCL, E.; KOLETZKO, B.; GONZÁLEZ, C.I.; LARQUÉ, E.; VALENZUELA, R.; MORENO, V.; GIL, Á. 2021. Controversia actual sobre el papel crítico de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, araquidónico (ARA) y docosahexaenoico (DHA), en el lactante. *Nutrición Hospitalaria*. 38(5):1101-1112. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03707>
- CAPAR, T.D.; DEDEBAS, T.; YALCIN, H.; EKICI, L. 2021. Extraction method affects seed oil yield, composition, and antioxidant properties of European cranberrybush (*Viburnum opulus*). *Industrial Crops and Products*. 168:113632. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113632>
- CATTELAN, A.J.; DALL'AGNOL, A. 2018. The rapid soybean growth in Brazil. *OCL*. 25(1):D102. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017058>
- CHALIHA, B.; SAIKIA, D.; PROTEEM, S.S. 2020. Tree-borne edible oilseeds as sources of essential omega fatty acids for human health. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89896>
- CHEN, B.; BIAN, X.; TU, M.; YU, T.; JIANG, L.; LU, Y.; CHEN, X. 2023. Moderate salinity stress increases the seedling biomass in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plants*. 12(8):1650. <https://doi.org/10.3390/plants12081650>
- CHENG, T.; ZHAO, P.; REN, Y.; ZOU, J.; SUN, M.X. 2021. AtMIF1 increases seed oil content by attenuating GL2 inhibition. *New Phytologist*. 229(4):2152-2162. <https://doi.org/10.1111/nph.17016>
- CHURASIA, A.; SINGH, J.; KUMAR, A. 2016. Production of biodiesel from soybean oil biomass as renewable energy source. *Journal of Environmental Biology*. 37(6):1303-1307.
- DAS, A.; KUMAR, S.; GANGA, R.N.V.P.R. 2023. Potential for increasing groundnut production in Tanzania by enhancing technical efficiency: A stochastic meta-frontier analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 7:1027270. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1027270>
- DE SOUZA, R.; MENTE, A.; MAROLEANU, A.; COZMA, A.I.; HA, V.; KISHIBE, T.; ULERYK, E.; BUDYLOWSKI, P.; SCHÜNEMANN, H.; BEYENE, J.; ANAND, S. 2015. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all-cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ*. 351:h3978. <https://dx.doi.org/10.1136/bmj.h3978>
- DEVIREN, H.; AYDIN, H. 2023. Production and physicochemical properties of safflower seed oil extracted using different methods and its conversion to biodiesel. *Fuel*. 343:128001. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128001>
- DÍAS, M.C.; ARAÚJO, M.; SILVA, S.; SANTOS, C. 2022. Sustainable olive culture under climate change: The potential of biostimulants. *Horticulturae*. 8(11):1048. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111048>
- DUAN, Z.; LI, Q.; WANG, H.; HE, X.; ZHANG, M. 2023. Genetic regulatory networks of soybean seed size, oil and protein contents. *Frontiers in Plant Science*. 14:1160418. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1160418>
- EYRES, L.; EYRES, M.F.; CHISHOLM, A.; BROWN, R.C. 2016. Coconut oil consumption and cardiovascular risk factors in humans. *Nutrition Reviews*. 74(4):267-280. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw002>
- FAROOQ, M.A.; CHATTHA, W.S.; SHAFIQUE, M.S.; KARAMAT, U.; TABUSAM, J.; ZULFIQAR, S.; SHAKEEL, A. 2023. Transgenerational impact of climatic changes on cotton production. *Frontiers in Plant Science*. 14:987514. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.987514>
- FOSCOLOU, A.; CRITSELIS, E.; PANAGIOTAKOS, D. 2018. Olive oil consumption and human health: A narrative review. *Maturitas*. 118:60-66. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.10.013>
- FRAGA, H.; MORIONDO, M.; LEOLINI, L.; SANTOS, J.A. 2021. Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*. 11(1):56. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010056>
- GRASSO, S.; OMOARUKHE, E.; WEN, X.; PAPOUTSIS, K.; METHVEN, L. 2019. The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits. *Foods*. 8(8):305. <https://doi.org/10.3390/foods8080305>
- GUO, X.; YAN, N.; LIU, L.; YIN, X.; CHEN, Y.; ZHANG, Y.; WANG, J.; CAO, G.; FAN, C.; HU, Z. 2023. Transcriptomic comparison of seeds and silique walls from two rapeseed genotypes with contrasting seed oil content. *Frontiers in Plant Science*. 13:1082466. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1082466>
- HALIM, A.; PAUL, S.K.; SARKAR, M.A.R.; RASHID, M.H.; PERVEEN, S.; MIA, M.L.; ISLAM, M.S.; ISLAM, A.K.M.M. 2023. Field assessment of two micronutrients (Zinc and Boron) on the seed yield and oil content of mustard. *Seeds*. 2(1):127-137. <https://doi.org/10.3390/seeds2010010>
- HERNÁNDEZ, E.M. 2016. 4 - Specialty oils: Functional and nutraceutical properties. En: Sanders, T.A.B. (ed.). *Functional dietary lipids*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing. p. 69-101. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-247-1.00004-1>

- INNES, J.K.; CALDER, P.C. 2018. Omega-6 fatty acids and inflammation. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 132:41-48. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2018.03.004>
- JAIN, T. 2020. Fatty acid composition of oilseed crops: A review. En: Thakur, M.; Modi, V. (eds.). *Emerging technologies in food science*. Springer. p.147-154. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-2556-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2556-8_13)
- JANNAT, A.; ISHIKAWA-ISHIWATA, Y.; FURUYA, J. 2022. Does climate change affect rapeseed production in exporting and importing countries? Evidence from market dynamics syntheses. *Sustainability*. 14(10):6051. <https://doi.org/10.3390/su14106051>
- JIANG, G.L.; RAJCAN, I.; ZHANG, Y.M.; HAN, T.; MIAN, R. 2023. Editorial: Soybean molecular breeding and genetics. *Frontiers in Plant Science*. 14:1157632. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1157632>
- JULCA, I.; MARCET-HOUBEN, M.; VARGAS, P.; GABALDÓN, T. 2018. Phylogenomics of the olive tree (*Olea europaea*) reveals the relative contribution of ancient allo- and autopolyploidization events. *BMC Biology*. 16(1):15. <https://doi.org/10.1186/s12915-018-0482-y>
- KAFER, J.M.; MOLINARI, M.D.C.; HENNING, F.A.; KOLTUN, A.; MARQUES, V.V.; MARIN, S.R.R.; NEPOMUCENO, A.L.; MERTZ-HENNING, L.M. 2023. Transcriptional profile of soybean seeds with contrasting seed coat color. *Plants*. 12(7):1555. <https://doi.org/10.3390/plants12071555>
- KUMAR, S.P.J.; PRASAD, S.R.; BANERJEE, R.; AGARWAL, D.K.; KULKARNI, K.S.; RAMESH, K.V. 2017. Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds. *Chemistry Central Journal*. 11:9. <https://doi.org/10.1186/s13065-017-0238-8>
- KRUPA, K.; FRITZ, K.; PARMAR, M. 2023. Omega-3 Fatty Acids. StatPearls Publishing. Disponible desde Internet en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564314/>
- LAVENBURG, V.M.; ROSENTRATER, K.A.; JUNG, S. 2021. Extraction methods of oils and phytochemicals from seeds and their environmental and economic impacts. *Processes*. 9(10):1839. <https://doi.org/10.3390/pr9101839>
- LI, H.; ZHOU, R.; LIU, P.; YANG, M.; XIN, D.; LIU, C.; ZHANG, Z.; WU, X.; CHEN, Q.; ZHAO, Y. 2023. Design of high-monounsaturated fatty acid soybean seed oil using GmPDCTs knockout via a CRISPR-Cas9 system. *Plant Biotechnology Journal*. 21(7):1317-1319. <https://doi.org/10.1111/pbi.14060>
- MALIK, M.A.; SAINI, C.S. 2018. Rheological and structural properties of protein isolates extracted from dephenolized sunflower meal: Effect of high intensity ultrasound. *Food Hydrocolloids*. 81:229-241. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.052>
- MARTÍN ORTEGA, A.M.; SEGURA CAMPOS, M.R. 2021. Macronutrients and micronutrients in cancer prevention and treatment. En: Segura Campos, M.R.; Martín Ortega, A.M. (eds.). *Oncological functional nutrition*. Academic Press. p.99-124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819828-5.00003-6>
- MEHDI, R.; NAQVI, S.R.; KHAN, A.A.; MIRANI, A.A. 2023. Optimization of olive oil extraction from olive pomace using solvent extraction and response surface methodology analysis of oil yield. *Fuel*. 348:128633. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128633>
- MERCOLA, J.; D'ADAMO, C.R. 2023. Linoleic acid: A narrative review of the effects of increased intake in the standard american diet and associations with chronic disease. *Nutrients*. 15(14):3129. <https://doi.org/10.3390/nu15143129>
- MIKLASZEWSKA, M.; ZIENKIEWICZ, K.; INCHANA, P.; ZIENKIEWICZ, A. 2021. Lipid metabolism and accumulation in oilseed crops. *OCL*. 28:50. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021039>
- MUNGALI, M.; SHARMA, N.; GAURI, G. 2021. Chapter 3.1.9 - Caprylic/capric triglyceride. En: Belwal, T.; Nabavi, S.M.; Nabavi, S.F.; Dehpour, A.R.; Shirooie, S. (Editores). *Naturally occurring chemicals against Alzheimer's disease*. Academic Press. p.139-146. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819212-2.00011-6>
- ORDOÑEZ NARVÁEZ, G.A.; ORTIZ GRISALES, S.; VALDÉS RESTREPO, M.P.; VALLEJO CABRERA, F.A. 2014. Selección de introducciones de *Cucurbita* por contenido de aceite en semillas. *Acta Agronómica*. 63(2):175-180. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.40026>
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO. 2023. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. OECD Publishing, París. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- ORSAVOVA, J.; MISURCOVA, L.; AMBROZOVA, J.V.; VICHA, R.; MLCEK, J. 2015. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences*. 16(6):12871-12890. <https://doi.org/10.3390/ijms160612871>

- PARK, J.; CHOI, J.; KIM, D.D.; LEE, S.; LEE, B.; LEE, Y.; KIM, S.; KWON, S.; NOH, M.; LEE, M.O.; LE, Q.V.; OH, Y.K. 2021. Bioactive lipids and their derivatives in biomedical applications. *Biomolecules & Therapeutics*. 29(5):465-482. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2021.107>
- PATEL, J.D.; WANG, M.L.; DANG, P.; BUTTS, C.; LAMB, M.; CHEN, C.Y. 2022. Insights into the genomic architecture of seed and pod quality traits in the U.S. peanut mini-core diversity panel. *Plants*. 11(7):837. <https://doi.org/10.3390/plants11070837>
- PATTI, A.; LECOCQ, H.; SERGHEI, A.; ACIERNO, D.; CASSAGNAU, P. 2021. The universal usefulness of stearic acid as surface modifier: applications to the polymer formulations and composite processing. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 96:1-33. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.01.024>
- PETRENKO, V.; TOPALOV, A.; KHUDOLII, L.; HONCHARUK, Y.; BONDAR, V. 2023. Profiling and geographical distribution of seed oil content of sunflower in Ukraine. *Oil Crop Science*. 8(2):111-120. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.05.002>
- PIASECKA, I.; BRZEZIŃSKA, R.; OSTROWSKA-LIGEZA, W.; WIKTOR, A.; GÓRSKA, A. 2023. Ultrasound-assisted extraction of cranberry seed oil: food waste valorization approach. *European Food Research and Technology*. 249:2763-2775. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04326-6>
- PILORGÉ, E.; MUEL, F. 2016. What vegetable oils and proteins for 2030? Would the protein fraction be the future of oil and protein crops? *OCL*. 23(4):D402. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016030>
- POLI, A.; AGOSTONI, C.; VISIOLI, F. 2023. Dietary fatty acids and inflammation: focus on the n-6 series. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(5):4567. <https://doi.org/10.3390/ijms24054567>
- POMIÈS, V.; TURNBULL, N.; LE, S.S.; SYAHPUTRA, I.; SURYANA, E.; DURAND-GASSELIN, T.; COCHARD, B.; BAKRY, F. 2023. Occurrence of triploids in oil palm and their origin. *Annals of Botany*. 131(1):17-32. <https://doi.org/10.1093/aob/mcac036>
- PRASAD, S.K.; SANGWAI, J.S.; BYUN, H.S. 2023. A review of the supercritical CO<sub>2</sub> fluid applications for improved oil and gas production and associated carbon storage. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*. 72:102479. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2023.102479>
- PUNIA, S.; SANDHU, K.S.; SIROHA, A.K.; DHULL, S.B. 2019. Omega 3-metabolism, absorption, bioavailability and health benefits: a review. *FarmaNutrición*. 10:100162. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2019.100162>
- RODRÍGUEZ, R.R.; VALDÉS, M.P.; ORTIZ, S.G. 2018. Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*. 10(1):86-97. <https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.636>
- RODRÍGUEZ-RESTREPO, R.A.; VALDÉS-RESTREPO, M.P.; ORTIZ-LÓPEZ, J.J.; ORTIZ-GRISALES, S. 2023. Carotenogénesis y pigmentos en *Cucurbita* spp. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 26(1):e2218. <https://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2218>
- SAGUN, J.V.; YADAV, U.P.; ALONSO, A.P. 2023. Progress in understanding and improving oil content and quality in seeds. *Frontiers in Plant Science*. 14:1116894. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1116894>
- SARASWATHI, V.; KUMAR, N.; AI, W.; GOPAL, T.; BHATT, S.; HARRIS, E.N.; TALMON, G.A.; DESOUZA, C.V. 2022. La suplementación con ácido mirístico agrava la inflamación adiposa inducida por una dieta rica en grasas y la resistencia sistémica a la insulina en ratones. *Biomoléculas*. 12(6):739. <https://doi.org/10.3390/biom12060739>
- SCHWINGSHACKL, L.; SCHLESINGER, S. 2023. Coconut oil and cardiovascular disease risk. *Current Atherosclerosis Reports*. 25:231-236. <https://doi.org/10.1007/s11883-023-01098-y>
- SENYILMAZ-TIEBE, D.; PFAFF, D.H.; VIRTUE, S.; SCHWARZ, K.V.; FLEMING, T.; ALTAMURA, S.; MUCKENTHALER, M.U.; OKUN, J.G.; VIDAL-PUIG, A.; NAWROTH, P.; TELEMAN, A.A. 2018. Dietary stearic acid regulates mitochondria in vivo in humans. *Nature Communications*. 9(1):3129. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05614-6>
- SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. 2018. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*. 9:345-381. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>
- SOLIMAN, H.M.; ABDEL-WAHHAB, M.A. 2023. Synthesis of antibacterial bioactive compounds using linoleic acid extracted from melon seeds oil and evaluation of its waste meal ash for fried oil regeneration. *Waste Biomass Valorization*. 15:487-499. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02161-0>
- SONG, H.; TAYLOR, D.C.; ZHANG, M. 2023. Bioengineering of soybean oil and its impact on agronomic traits. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(3):2256. <https://doi.org/10.3390/ijms24032256>
- SONG, J.M.; GUAN, Z.; HU, J.; GUO, C.; YANG, Z.; WANG, S.; LIU, D.; WANG, B.; LU, S.; ZHOU, R.; XIE, W.Z.; CHENG, Y.; ZHANG, Y.; LIU, K.; YANG, Q.Y.; CHEN, L.L.; GUO, L. 2020. Eight high-quality

- genomes reveal pan-genome architecture and ecotype differentiation of *Brassica napus*. *Nature Plants*. 6:34-45. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0577-7>
- SOUZA, T.S.P.; DIAS, F.F.G.; KOBLITZ, M.G.B.; JULIANA, M.L.N. DE M.; BELL, J. 2019. Aqueous and enzymatic extraction of oil and protein from almond cake: a comparative study. *Processes*. 7(7):472. <https://doi.org/10.3390/pr7070472>
- SRIVASTAVA, Y.; SEMWAL, A.D.; SHARMA, G.K. 2018. Virgin coconut oil as functional oil, chapter 6 other commercial utilization of VCO. En: Grumezescu, A.M.; Holban, A.M. *Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods*. p. 291-301. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814625-5.00015-7>
- TAKENO, S.; HIRATA, Y.; KITAMURA, K.; OHTAKE, T.; AOKI, K.; MURATA, N.; HAYASHI, M.; IKEDA, M. 2023. Metabolic engineering to produce palmitic acid or palmitoleic acid in an oleic acid-producing *Corynebacterium glutamicum* strain. *Metabolic Engineering*. 78:148-158. <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2023.06.002>
- TALUKDER, Z.I.; UNDERWOOD, W.; MISAR, C.G.; SEILER, G.J.; CAI, X.; LI, X.; QI, L. 2022. Genomic insights into Sclerotinia basal stalk rot resistance introgressed from wild *Helianthus praecox* into cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Frontiers in Plant Science*. 13:840954. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.840954>
- TAMILSELVAN, P.; SASSYKOVA, L.; PRABHAHAR, M.; BHASKAR, K.; KANNAYIRAM, G.; SUBRAMANIAN, S.; PRAKASH, S. 2020. Influence of saturated fatty acid material composition in biodiesel on its performance in internal combustion engines. *Materials Today: Proceedings*. 33(1):1181-1186. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.626>
- USMAN, I.; IMRAN, A.; ARSHAD, M.U.; SAEED, F.; AFZAAL, M.; SANA, S.; ISLAM, F.; AHMED, A.; AZAM, I.; SHAH, M.A.; ISLAM, S. 2023a. Formulation and nutritional characterization of mustard and sesame oilseed cake extract-based functional drinks. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2023:10. <https://doi.org/10.1155/2023/4575069>
- USMAN, I.; SAIF, H.; IMRAN, A.; AFZAAL, M.; SAEED, F.; AZAM, I.; AFZAL, A.; ATEEQ, H.; ISLAM, F.; SHAH, Y.A.; SHAH, M.A. 2023b. Innovative applications and therapeutic potential of oilseeds and their by-products: an eco-friendly and sustainable approach. *Food Science & Nutrition*. 11:2599-2609. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3322>
- VALDÉS, M.P.; ORTIZ, S.; VALLEJO, F.A. 2014. Efectos heteróticos para el carácter extracto etéreo en la semilla de zapallo *Cucurbita moschata* Duch. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 17(2):371-379. <https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n2.2014.239>
- VEAR, F. 2016. Changes in sunflower breeding over the last fifty years. *OCL*. 23(2):D202. <https://doi.org/10.1051/oc/2016006>
- VOLLMANN, J. 2023. Introduction to the soybean topical issue and the upcoming World Soybean Research Conference 11. *OCL*. 30:8. <https://doi.org/10.1051/oc/2023007>
- WANJARI, N.; WAGHMARE, J. 2015. Phenolic and antioxidant potential of sunflower meal. *Advances in Applied Sciences and Research*. 6:221-229.
- WU, M.; PEI, W.; WEDEGAERTNER, T.; ZHANG, J.; YU, J. 2022. Genetics, breeding and genetic engineering to improve cottonseed oil and protein: a review. *Frontiers in Plant Science*. 13:864850. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.864850>
- XIAOJING, Z.; XIAOPING, R.; HUAIYONG, L.; LI, H.; NIAN, L.; WEIGANG, C.; YONG, L.; BOSHO, L.; HUIFANG, J. 2022. Safe conservation and utilization of peanut germplasm resources in the Oil Crops Middle-term Genebank of China. *Oil Crop Science*. 7(1):9-13. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2021.12.001>
- ZANOTTI, A.; BALDINO, L.; SCOGNAMIGLIO, M.; REVERCHON, E. 2023. Supercritical fluid extraction of essential oil and sclareol from a clary sage concrete. *Molecules*. 28(9):3903. <https://doi.org/10.3390/molecules28093903>
- ZAPLETALOVÁ, A.; DUCSAY, L.; VARGA, L.; SITKEY, J.; JAVOREKOVÁ, S.; HOZLÁR, P. 2022. Influence of nitrogen nutrition on fatty acids in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plants*. 11(1):44. <https://doi.org/10.3390/plants11010044>
- ZONG, G.; LI, Y.; SAMPSON, L.W.; DOUGHERTY, L.W.; WILLETT, W.C.; WANDERS, A.J.; ALSSEMA, M.; ZOCK, P.L.; HU, F.B.; SUN, Q. 2016. Intake of individual saturated fatty acids and risk of coronary heart disease in US men and women: Two prospective longitudinal cohort studies. *The BMJ*. 355:i5796. <https://doi.org/10.1136/bmj.i5796>