



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

Trabajo monográfico de actualización

**Concepto de “superalimento” empleado en los productos chíá,
amaranto y soya. Revisión de la evidencia científica.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Química de Alimentos

Presenta

Fernanda López Flores



CDMX

AÑO 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Sandoval Guillén Bertha Julieta

VOCAL: Profesor: González Hernández Iliana Elvira

SECRETARIO: Profesor: García Saturnino Verónica

1er. SUPLENTE: Profesor: Pineda Loperena Jazmín

2do. SUPLENTE: Profesor: Pérez Jiménez Adriana Berenice

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: Facultad de Química

ASESOR DEL TEMA: Bertha Julieta Sandoval Guillén

SUSTENTANTE: Fernanda López Flores

Índice

| | |
|---|-----------|
| Índice de tablas | 4 |
| Índice de figuras | 4 |
| Lista de abreviaturas | 5 |
| Introducción | 6 |
| Objetivos | 8 |
| Capítulo I. Término “superalimento” | 9 |
| 1.1 Definición | 9 |
| 1.2 Generalidades | 9 |
| 1.3 Declaración nutricional | 10 |
| 1.4 Percepción del consumidor | 15 |
| Capítulo II. Composición química | 20 |
| 2.1 Generalidades | 20 |
| 2.2 Semilla de chía | 26 |
| 2.3 Semilla de amaranto | 27 |
| 2.4 Soya | 27 |
| Capítulo III. Beneficios relacionados con el consumo de la chía, el amaranto y la soya | 29 |
| 3.1 Chía | 29 |
| Fibra dietética | 30 |
| Respuesta glucémica | 30 |
| Regulación de ácidos grasos | 31 |
| Metabolismo de lípidos | 31 |
| Hiperlipidemia | 32 |
| 3.2 Amaranto | 33 |
| 3.2.1 Fracción Lipídica | 33 |
| 3.2.2 Fracción proteica | 35 |
| 3.3 Soya | 36 |
| Calidad de las proteínas | 36 |
| Perfil de lípidos | 37 |
| Hipertensión | 37 |
| Actividad antioxidante | 38 |
| Fitoestrógenos (isoflavonas) | 38 |
| Capítulo IV. Mecanismo de acción de los biocompuestos presentes en la chía, el amaranto y la soya. | 41 |
| 4.1 Fibra dietética | 42 |
| 4.2 Ácido α -linolénico (ALA). | 43 |
| 4.3 Péptidos en sistema cardiovascular | 45 |
| 4.3.1 Efecto antitrombótico | 45 |
| 4.3.2 Efecto antihipertensivo | 46 |
| 4.4 Antioxidantes | 47 |
| 4.4.1 Sistemas enzimáticos | 47 |
| 4.4.2 Isoflavonas | 48 |
| 4.5 Isoflavonas como fitoestrógeno | 48 |
| Discusión de resultados | 50 |
| Conclusiones | 54 |
| Anexo I | 55 |
| Bibliografía | 56 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Valores de consumo. | 17 |
| Tabla 2. Razones de consumo de “superalimentos”. | 18 |
| Tabla 3. Nutrimientos en el ser humano. | 23 |
| Tabla 4. Clasificación de nutrimentos de acuerdo con la síntesis endógena. | 23 |
| Tabla 5. Resumen de efectos observados. | 51 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ejemplos de productos encontrados en el mercado. | 16 |
| Figura 2. Causas de consumo de “superalimentos”. | 19 |
| Figura 3. Mapa de los principales productores de chía, amaranto y soya. | 21 |
| Figura 4. Clasificación química de los nutrimentos. | 24 |
| Figura 5. Composición química. A Semilla seca de chía, B <i>Amaranthus cruentus</i> ; C <i>Amaranthus hypochondriacus</i> ; D Soya cocida; E Soya texturizada. | 26 |
| Figura 6. Distribución de la matriz de chía estudiada en los artículos seleccionados. | 29 |
| Figura 7. Distribución de la matriz estudiada de amaranto. | 33 |
| Figura 8. Distribución de los estudios de la soya a partir de diferentes matrices. | 36 |
| Figura 9. Proceso de digestión. | 40 |
| Figura 10. Cambios estructurales de la fibra de chía (mucílago) durante la digestión. | 42 |
| Figura 11. Resumen de destinos metabólicos del ALA (18:3 n-3) en humanos. | 43 |
| Figura 12. Mecanismo de acción de la enzima esteroil CoA desaturasa. | 44 |
| Figura 13. Sistema renina-angiotensina. | 46 |
| Figura 14. Mecanismo de inhibición de especies reactivas por deslocalización de electrones. | 47 |
| Figura 15. Conversión de isoflavonas a S-equol. | 48 |

Lista de abreviaturas

| | |
|-----------------|---|
| ACE 2: | Enzima convertidora de angiotensina II |
| ACE: | Enzima inhibidora de angiotensina |
| ALA: | Ácido α -linolénico |
| Ang I: | Angiotensina I |
| Ang II: | Angiotensina II |
| CAT: | Enzima catalasa |
| CPT1A: | Carnitina palmitoil transferasa 1a |
| CT: | Colesterol total |
| DHA: | Ácido docosahexaenoico |
| DPPIV: | Enzima dipeptidil peptidasa IV |
| EPA: | Ácido eicosapentaenoico |
| ER: | Receptor de estrógeno |
| FOSHU: | Foods for Specified Health Uses |
| HDL-c: | Colesterol de lipoproteína de alta densidad |
| HDL: | Lipoproteína de alta densidad |
| LDL-c: | Colesterol de lipoproteína de baja densidad |
| LDL: | Lipoproteína de baja densidad |
| NASH: | Hígado graso no alcohólico |
| PPAR α : | Receptor de peroxisoma proliferador alfa activado |
| SCD-1: | Estearoil CoA desaturasa |
| SOD: | Enzima superóxido dismutasa |
| TAG: | Triacilgliceroles |
| USDA: | United States Department of Agriculture |
| VLDL-c: | Colesterol de lipoproteína de muy baja densidad |
| VLDL: | Lipoproteína de muy baja densidad |

Introducción

Con el incremento en la popularidad de los “superalimentos”, se ha generado el uso indiscriminado de este término, lo que puede generar en el consumidor una perspectiva errónea. La *Concerted Action of the European Commission on Functional Food Science*, junto con el *International Life Science Institute*, describen a un alimento como “súper”, si tiene un efecto positivo en las funciones vitales del cuerpo humano; si hay mejoras generales en condiciones físicas; o reducción de riesgo en la aparición de enfermedades (Groeniger, *et al.*, 2017), como consecuencia del alto contenido de nutrimentos y otros compuestos bioactivos.

Con la finalidad de determinar si el amaranto, la chía y la soya se pueden denominar “superalimentos”, partiendo del concepto se revisó el impacto que han tenido en el mercado; las generalidades de los alimentos seleccionados (chía, amaranto y soya); por medio de publicaciones científicas que sustentan el efecto a la salud que tiene el consumo de soya, chía y amaranto; finalmente, los mecanismos por los cuales pueden actuar los biocompuestos de relevancia.

El amaranto y la chía se han consumido en México, Centroamérica y Sudamérica desde las culturas prehispánicas, antes de la conquista de Latinoamérica eran parte de la alimentación básica. Actualmente estos alimentos se encuentran nuevamente presentes en el mercado por el valor benéfico a la salud que se les confiere.

La semilla de chía es originaria del sur de México y el norte de Guatemala. En la década de los 90’s este alimento adquirió popularidad, cuando grupos del norte y sur de América trabajaron en conjunto para comercializarla. Esta semilla se utiliza como ingrediente en productos como licuados, yogurt y harinas (Peña-Levano *et al.*, 2021). De acuerdo con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (2017) algunos de los beneficios a la salud que aporta el consumo de chía son: mantener hidratado el cuerpo, regular la flora intestinal, previene la oxidación celular, aumenta masa muscular, aporta energía, es fuente saludable de Omega 3 y ayuda a controlar antojos.

El amaranto es nativo de México y Centroamérica, fue un cultivo muy importante en las civilizaciones precolombinas, sin embargo con la llegada de los españoles se prohibió su uso y consumo, puesto que se consumía en rituales a deidades aztecas. Actualmente su popularidad como una semilla de gran valor nutricional y resiliente está resurgiendo, debido a que ayuda a combatir enfermedades cardiovasculares y anemia por su contenido de

proteínas; es una semilla rica en vitaminas A, B, C, B1, B2, B3, ácido fólico, calcio, hierro y fósforo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022). Se conocen alrededor de 80 especies de amaranto a nivel mundial con mayor diversidad en zonas con clima templado tropical (Riggins y Mumm, 2021)

El origen de la soya se traslada al sureste de Asia, se cultivó en Japón en el siglo primero n.e., y actualmente se encuentran plantas domesticadas alrededor del mundo las cuales se han adaptado a las condiciones en las que se desarrollan (Togashi y Oikawa, 2021).

El consumo de soya ha incrementado durante los últimos años en la zona occidental. Este alimento se utiliza como una fuente alterna de proteína para las personas con dietas que evitan el consumo de alimentos de origen animal, además tiene función tecnológica por su alta concentración de proteínas y se le han atribuido efectos benéficos a la salud, por ejemplo, ayuda a la circulación de la sangre, auxiliar en el control de diabetes, disminuye los sofocos (calores súbitos) por menopausia, aporta un alto valor nutricional, conforme a la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA, 2018).

Estas tres semillas son parte de la historia de México, y cada vez se observan más productos que las incluyen en sus ingredientes. Las investigaciones alrededor de ellas buscan informar, para comprender las características particulares que aportan un beneficio a la salud, y de esta manera dar las herramientas al consumidor para seleccionar sus alimentos de manera informada.

Objetivos

General

Analizar si el amaranto, la chía y la soya se pueden denominar “superalimentos” con base en el contenido de compuestos bioactivos reportados y la evidencia científica publicada en los últimos veinte años referente a los beneficios que aportan a la salud.

Específicos

- Revisar la definición de “superalimento” e identificar el impacto que tiene en la elección del consumidor.
- Determinar la presencia de los compuestos de interés por medio de la composición química de las semillas para identificar si los componentes mayoritarios son los que brindan el efecto benéfico.
- Analizar los estudios realizados en animales, humanos y sistemas digestivos *in vitro* relacionados con los compuestos bioactivos en estos alimentos, para explicar los mecanismos de acción de estos en cada alimento.

Capítulo I. Término “superalimento”

1.1 Definición

Actualmente no existe una definición oficial o científica para el término “superalimento”, este se asocia a una expresión utilizada en el mercado. Ware (2019) en el Medical News Today emplean el término “superalimento” para referirse a aquellos con alto valor nutricional. Esto significa que proveen una gran cantidad de nutrientes con pocas calorías, principalmente minerales, vitaminas y antioxidantes. Debido a la alta concentración de componentes se asume que estos alimentos son benéficos para la salud.

En la comunidad científica es común el término de alimento funcional para referirse a estos alimentos. Bender (2014) define a los alimentos funcionales como “aquellos que contienen uno o más ingredientes que proveen en mayor o menor medida un beneficio a las funciones normales del alimento para proveer nutrientes y satisfacer el hambre”. Mientras que los “superalimentos” son alimentos ordinarios especialmente ricos en nutrientes, antioxidantes y otros componentes potencialmente protectivos, incluyendo ácidos grasos poliinsaturados y fibra dietética.

Ambos términos, “superalimento” y “alimento funcional”, se refieren a productos con uno o más componentes que aportan un beneficio a la salud del consumidor. Los componentes benéficos pueden provenir de compuestos presentes en grandes cantidades como la fibra dietética, o aquellos presentes en pequeñas cantidades como vitaminas o compuestos fenólicos que se encuentran de manera natural en el alimento.

La principal diferencia entre estos términos es que para los alimentos funcionales se ha probado su efecto con investigación y los “superalimentos” se basan en el alto contenido de algún componente para decir que son más saludables que otros (Peña-Levano *et al.*, 2021), pero ambos términos parten del mismo concepto: presencia de compuesto / obtención de efecto en la salud.

1.2 Generalidades

El incremento en la expectativa de vida y el cambio en los hábitos alimenticios en la década de los 80´ s, impulsó el concepto de alimento funcional empleado para referirse a los productos con “compuestos saludables”. Este concepto se desarrolló en Japón como una opción para reducir costos de los seguros de salud que aumentaban con la cobertura

para la población de edad avanzada. En América del Norte y Europa el interés surgió por la evidencia científica que relaciona la salud y la dieta, al principio se buscaba tratar enfermedades relacionadas con el déficit de nutrientes, pero poco a poco se fue descubriendo que podrían funcionar como tratamiento preventivo para más enfermedades (Juárez Barroso, 2014).

En México, el INEGI (2021) reportó que las tres principales causas de muerte de enero a agosto del 2020 fueron enfermedades del corazón, COVID-19, y diabetes mellitus. Estas enfermedades son de mayor riesgo si se padece obesidad, por lo cual la alimentación es de gran importancia para su tratamiento.

Actualmente, se observa un incremento en el número personas enfermas como consecuencia de diferentes factores externos; una alimentación inadecuada o desbalanceada se asocia con el desarrollo de algún grado de sobrepeso u obesidad, siendo este padecimiento factor de riesgo para el desarrollo de otras enfermedades.

1.3 Declaración nutricional

Con respecto a los productos preenvasados que encontramos en los supermercados, es importante considerar el etiquetado, debido a que es la forma en la que el productor informa al consumidor. En las etiquetas debe de contener: la denominación del producto que se está vendiendo, los ingredientes, cualquier nota importante (declaraciones), por mencionar algunos ejemplos importantes, de manera que el alimento no sea un peligro para el consumidor.

El gobierno europeo define una declaración como “un mensaje o representación, que sugiere o implica que un alimento tiene una característica particular”. De manera similar, el Codex Alimentarius (2013), establece que las declaraciones son cualquier representación que establezca, sugiera o implique que un alimento tiene propiedades nutricionales particulares.

Las declaraciones deben hacerse con precaución, ya que, causan un impacto en la elección de productos; por ejemplo, cuando un producto o alimento contiene ingredientes o componentes funcionales, en el etiquetado se pueden hacer declaraciones nutricionales o de salud, otorgándole un valor agregado.

Cada país establece las condiciones para poder utilizar declaraciones en el etiquetado de los productos.

El **Codex Alimentarius** (2013) en el CAC/GL 23-1997 (Lineamientos para utilizar declaraciones de nutrición y salud), menciona que las declaraciones con respecto a la salud deben tener justificación científica relevante y el nivel de pruebas debe ser suficiente para comprobar el tipo de declaración de acuerdo con el efecto y la relación a la salud reconocida por datos científicos.

Constan de dos partes:

- 1) Información del papel fisiológico del nutriente sobre una relación conocida entre la salud y la dieta.
- 2) Información de la composición relevante para el papel fisiológico del nutriente o la relación dieta/salud, a menos que la relación sea de un alimento integral o que la información no esté asociada a un componente específico del alimento.

Si el beneficio se atribuye a un constituyente del alimento, éste debe ser:

1. Una “fuente de” o “alto en” el constituyente del cual se recomienda su consumo.
2. “Bajo en”, “reducido en” o “libre de” constituyente que se recomienda reducir el consumo.

Cuando es aplicable se utilizan las condiciones de declaraciones nutrimentales o comparativas para determinar los niveles para “alto”, “bajo”, “reducido” y “libre”.

- México

En **México** no existe ninguna regulación con respecto a este tipo de declaraciones de salud y tampoco se ha establecido la definición de alimento funcional.

La norma de etiquetado nutrimental, NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales del etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasadas, indica:

La declaración de propiedades nutrimentales es cualquier texto o representación que afirme, sugiera o implique que un producto tiene propiedades nutrimentales particulares, no sólo en relación con su valor energético, o contenido de proteínas, grasa o lípidos, carbohidratos o hidratos de carbono, o contenido de vitaminas y nutrimentos inorgánicos (minerales).

Este tipo de declaración debe ajustarse a lo dispuesto en la NOM-086-SSA1-1994, Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. En esta se

justifica que, debido a la correlación entre la salud y la alimentación, se elaboran productos modificados en su composición por disminución, eliminación o adición de nutrientes con la finalidad de evitar deficiencias y prevenir excesos perjudiciales para la salud.

La norma establece las especificaciones nutrimentales para alimentos con modificaciones en su composición como: adición, disminución o eliminación de uno o más nutrientes a la matriz de alimentos, sin embargo, no se mencionan declaraciones con respecto a un posible efecto benéfico en la salud relacionado con algún componente dentro de la matriz, por lo tanto, no regula a los alimentos funcionales.

Los diferentes países interesados en regular los alimentos que muestran estas declaraciones, establecen las condiciones para poder usarlas en el etiquetado. Algunos de estos países son Japón, China, Europa, Canadá y Estados Unidos de América.

- Japón

En **Japón**, los alimentos FOSHU (Foods for Specified Health Uses, Alimentos para usos específicos en la salud) contienen ingredientes con funciones para la salud y están oficialmente aprobados para declarar su efecto fisiológico en el cuerpo humano (Ministry of Health, Labour and Welfare, s/f).

Los requerimientos para poder tener un producto aprobado FOSHU son:

- 1) Prueba clara de la efectividad en el cuerpo humano,
- 2) Ausencia de cualquier problema de seguridad,
- 3) Uso de ingredientes nutricionalmente apropiados,
- 4) Establecer métodos de control de calidad, así como las especificaciones del producto e ingredientes, procesos y métodos de análisis.

Algunos de los productos aprobados son:

- Alimentos que modifican padecimientos gastrointestinales
- Alimentos relacionados con los niveles de colesterol en sangre.
- Alimentos relacionados con los niveles de azúcar en sangre.
- Alimentos relacionados con la presión arterial.
- Alimentos relacionados con la higiene dental.
- Alimentos relacionados con absorción de minerales.
- Alimentos relacionados con osteogénesis.
- Alimentos relacionados con triacilgliceroles.

(Ministry of Health, Labour and Welfare, s/f).

- China

Las regulaciones establecidas por la **República de China** para alimentos funcionales se establecieron con el propósito de salvaguardar la salud y la vida de las personas. Describen a los alimentos funcionales como aquellos que declaran y están legalmente aprobados para proveer funciones particulares al cuidado de la salud. Deben ser adecuados para una población específica, proveer ajustes de funciones orgánicas sin ningún daño agudo, subagudo o crónico al cuerpo humano, y no deben declarar que cura alguna enfermedad.

Los aplicantes deben proporcionar:

- 1) El reporte de investigación y desarrollo,
- 2) Fórmula,
- 3) Proceso de manufacturación,
- 4) Estándares internos,
- 5) Etiquetado,
- 6) Especificaciones,
- 7) Rendimiento de seguridad y
- 8) Datos y ejemplos de la evaluación de la función y proporcionar documentos que lo respaldan.

(USDA Foreign Agricultural Service, 2009)

- Europa

En la regulación (EC) No. 1924/2006 (Declaraciones nutricionales y de salud en alimentos) del parlamento europeo, se indica que una declaración nutricional establece, sugiere o implica que un alimento tiene propiedades nutricionales particulares debido a:

- a) Energía
 - Provee
 - Provee una proporción reducida o incrementada
 - No provee
- b) Nutrientes u otras sustancias
 - Contiene
 - Contiene una proporción reducida o incrementada
 - No contiene.

Otro tipo de declaración son las correspondientes a la salud, que sugieren la existencia de una relación entre un alimento o uno de sus componentes, con la salud. Para autorizar cualquiera de éstas debe de realizarse una evaluación científica llevada a cabo por la EFSA.

(European parliament and the council, 2006)

- Canadá

El gobierno de **Canadá** establece que las declaraciones de salud que se utilicen en el etiquetado y los anuncios de sus productos deben establecer, sugerir o implicar la relación que existe entre el consumo de los alimentos y la salud.

Las declaraciones de funcionalidad deben referirse a los efectos que tiene un alimento en las funciones normales del cuerpo humano. Están basadas en el rol que el alimento o un componente tiene cuando se consume.

Éstas se separan en dos subcategorías:

1. Declaraciones de función de un nutriente.
2. Declaración de probióticos.

Para poder aceptar una declaración de funcionalidad se deben cumplir con los siguientes parámetros:

1) Evidencia

- Debe ser aplicable al público definido.
- La cantidad que se requiere para poder lograr el efecto fisiológico debe estar basada en la evidencia que respalda la declaración.
- La cantidad de alimento que se requiere para lograr el efecto fisiológico debe poder consumirse en una ingesta diaria razonable.

2) Efecto fisiológico específico

- Deben de especificar el efecto que proveen con información útil para el consumidor y que no sea engañosa.
- No deben dar la impresión de que los alimentos son “más saludables” o “nutricionalmente superiores” que otros similares.
- Las declaraciones generales o no específicas no se consideran aceptables. Son aceptables sólo si se establece correctamente el papel para mantener en buen estado las funciones esenciales del cuerpo.

(Government of Canada, s.f.)

- EUA

En **Estados Unidos de América** la regulación de etiquetado nutricional (NLEA Nutritional Labeling and Education Act) ordena que las declaraciones de salud no deben de utilizarse sin una previa evaluación por la FDA (Food and Drug Administration) quien se encarga de respaldar la evidencia y emitirá una regulación para autorizar la declaración.

Se permiten declaraciones si existe un Acuerdo Científico Significativo (SSA, significant scientific agreement).

Los estándares SSA deben tener dos componentes:

- 1) Existe evidencia científica pública disponible.
- 2) Hay un SSA entre expertos calificados de que hay una relación sustancia / enfermedad.

La NLEA ha autorizado 8 declaraciones de salud y es por medio de la FDA que se establece el procedimiento de las peticiones.

- 1) Se debe describir la relación sustancia / enfermedad y la importancia de la sustancia en la enfermedad.
- 2) La declaración debe de escribirse de manera que sea una representación precisa de la relación sustancia / enfermedad.
- 3) Debe de establecerse de manera que el público sea capaz de entender la importancia de la información en el contexto de la dieta.

(Rowlands y Hoadley, 2006)

Como se observa, a pesar de la ambigüedad del término “superalimento” algunos países han buscado regular este tipo de declaraciones en sus productos porque pueden no ser claras o engañar al consumidor. De manera general se busca que los productores de alimentos tengan un respaldo científico de ¿por qué? y ¿cómo? es que dicho alimento tiene efecto positivo en la salud.

En el caso particular de México es necesario el establecimiento de regulaciones para este tipo de alimentos, puesto que, las empresas de alimentos utilizan estos términos llamativos para los consumidores otorgándoles una ventaja en comparación con productos similares.

1.4 Percepción del consumidor

El término de “superalimento” está relacionado con la mercadotecnia, debido a que en el caso de algunos alimentos aún no se ha comprobado científicamente que sean más saludables, sin embargo, la declaración de “super” otorga un valor agregado que promueve su compra. Al mismo tiempo, los precios elevados de estos productos han reforzado la exclusividad de los que se perciben como productos super-sanos. Como consecuencia de esta alza de precios, el consumo de los “superalimentos” ha desembocado en una distinción social (Groeniger *et al.*, 2017).

Delicato *et al.* (2019) encontraron que el uso de las redes sociales ha contribuido a la construcción de las creencias de que los “superalimentos” son saludables, las revisiones en línea arrojan páginas que no tienen un respaldo científico. Como el caso de David Wolfe, conocido como el principal promotor de: superalimentos, alimentos crudos y orgánicos. Ha publicado libros, imparte clases, seminarios y alberga retiros relacionados con el consumo de alimentos crudos y estilo de vida saludable, sin tener una educación orientada a la salud o nutrición.

Actualmente, el consumo de alimentos funcionales se asocia a un estilo de vida de autocuidado, lo cual hace que los productos que se encuentran etiquetados como “súper” (Figura 1) estén dirigidos a un público específico.



Figura 1. Ejemplos de productos encontrados en el mercado

Para evaluar el mercado de estos productos la pregunta a responder es: ¿Cuáles son las razones que llevan a la compra y consumo de los “superalimentos”?

Como respuesta, Liu *et al.* (2021) se basaron en la teoría de valores de consumo (Tabla 1), esta teoría explica la motivación de los consumidores para elegir un producto o una marca en diferentes contextos, con el fin de conocer cómo es que estos influyen en la adquisición del producto y en el comportamiento de recomendación de este, considerando su alto costo.

Tabla 1. Valores de consumo (Liu *et al.*, 2021)

| | |
|-------------|---|
| Funcional | Es la utilidad de un producto de acuerdo con su desempeño. |
| Emocional | Percepción del grado en el cual un producto provoca sentimientos positivos o estados afectivos. |
| Social | Utilidad de un producto asociado con uno o más grupos sociales. |
| Epistémico | Capacidad de producir curiosidad, novedad o deseo de conocimiento de un producto |
| Situacional | Resalta la significancia de una situación o circunstancias en la elección de productos. |

Los resultados mostraron que los valores funcional, emocional, social y situacional son ventajas que se encuentran en estos alimentos. El valor epistémico no tiene impacto significativo en la percepción del producto, este comportamiento puede explicarse porque los consumidores entienden que los “superalimentos” se enfocan en alimentos que comúnmente se reconoce que son nutritivos.

También evaluaron el impacto del costo del producto en la probabilidad de volver a adquirirlos. A pesar de que sean muchos los beneficios, esto no garantiza que se vuelva a comprar el producto si el costo asociado es alto, relacionado con el precio, el tiempo y/o esfuerzo para adquirir los productos. A pesar de lo anterior, los estudios muestran que el precio no influye en la intención de recomendar el producto.

Por otro lado, Lucas *et al.* (2021), buscaron identificar las razones que conducen al consumo de los “superalimentos” por medio de un cuestionario aplicado a 442 personas, este constaba de 18 constructos dentro de cuatro secciones:

1. definición,
2. patrones de comportamiento,

3. conocimiento nutricional basado en estudios y,
4. consumo de “superalimentos”.

Con el análisis estadístico se demostró que sólo 9 constructos (Tabla 2) contribuyen significativamente en el consumo de alimentos.

Tabla 2. Razones de consumo de “superalimentos” (Lucas *et al.*, 2021)

| | |
|--|--|
| La percepción del beneficio a la salud | Demuestra que los consumidores reconocen que los “superalimentos” son buenos para la salud. |
| Acción reconfortante | El reconocimiento de estos alimentos como una influencia positiva en la salud, bienestar y energía promueve la relajación |
| Información | El consumo de los “superalimentos” aumenta si se tiene más conocimiento de los beneficios. |
| Accesibilidad | Facilidad de conseguir los productos de manera física o capacidad financiera para adquirirlos. |
| Creatividad culinaria | Los consumidores al intentar incorporarlos a su dieta están interesados en desarrollar y probar nuevas recetas. |
| Tradicición | Considerar cuáles alimentos son tradicionales y en qué grado se relacionan con las tradiciones de la cultura o etnia del consumidor. |
| Orgánicos | Los consumidores prefieren alimentos que no han sido sometidos a procesos y preferentemente evitan los aditivos artificiales. |
| Neofobia | El miedo a probar alimentos en los cuales se emplean nuevas tecnologías. |
| Sexo | Las mujeres tienden a consumir más, ya que se preocupan más por su salud. |

Con los resultados obtenidos se realizó un resumen, el cual se muestra en la Figura 2, en donde se relacionan las investigaciones anteriormente mencionadas para dar un panorama más amplio de cómo están impactando estos productos en el consumidor.

El valor epistémico se percibe cuando se compra un nuevo alimento, la hipótesis de Liu, *et al.* (2021) establece que los “superalimentos” al estar en tendencia provoca curiosidad en los consumidores y los motiva a comprarlos. Sin embargo, en los resultados se observa que no es estadísticamente significativo de acuerdo con el objetivo del estudio, que era evaluar los valores que influyen en el comportamiento del consumidor, compra continua e intención de recomendar.

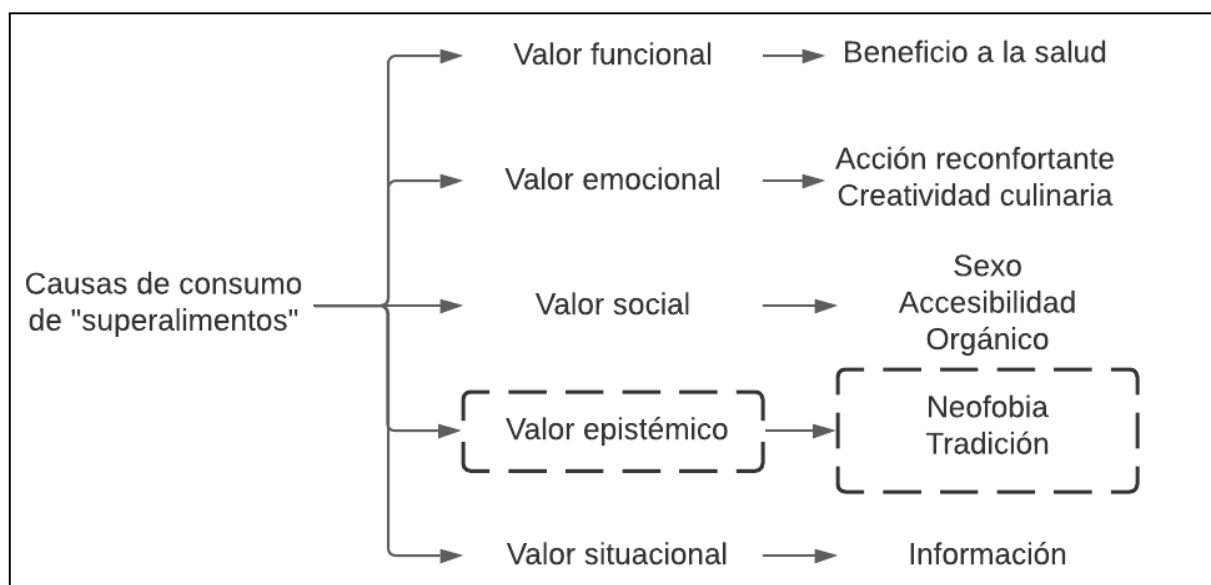


Figura 2. Causas de consumo de “superalimentos” (adaptado de Lucas *et al.*, 2021 y Liu *et al.*, 2021)

Los constructos punteados tienen una relación negativa, indicando que no tienen un impacto significativo para la elección de estos productos.

El constructo de tradición se muestra como una relación negativa, lo que se traduciría a que los consumidores de “superalimentos” están de acuerdo con incluir en su dieta alimentos con los cuales no están familiarizados, que no reconocen o que no consideran comida tradicional. La neofobia también muestra una relación negativa, es decir, que entre más se consuman estos “superalimentos”, menos será el miedo al consumo de nuevos alimentos con el uso de nuevas tecnologías durante la producción, mientras se mantengan sus características nutrimentales.

Se puede concluir que actualmente los alimentos vendidos como “súper” si son de interés para aquellas personas que están interesadas en su salud, son consumidores que realmente están buscando obtener el valor agregado del producto. Además, la percepción de su consumo se liga a todo un contexto social, que influye en la búsqueda y adquisición de los “superalimentos”.

Estos dos estudios (Lucas *et al.*, 2021 y Liu *et al.*, 2021) coinciden en que los consumidores tienen preferencia por los superalimentos, ya que perciben una ventaja relativa comparados con los alimentos “ordinarios”. La elección de productos está influenciada por diversos factores como el psicológico (emocional), sociocultural y social.

Capítulo II. Composición química

2.1 Generalidades

La chía, el amaranto y la soya son parte de la canasta básica alimentaria (CBA), un grupo de alimentos que aportan lo mínimo requerido para la nutrición esencial de un individuo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019), por esa razón se eligieron para desarrollar esta investigación. Para entender un poco su presencia en la dieta, se recopilaron los siguientes datos de diversas páginas del gobierno de México:

- Con la participación del gobierno de la República Mexicana, en el año 2019 se añadieron 17 productos a la CBA, entre los cuales se encuentran el amaranto, la chía y la soya (SEMARNAT, 2019a).
- La SEMARNAT (2020b) reportó un consumo aparente de soya de 5965 toneladas en el año 2020. Con respecto al amaranto, la SADER (2020a) reportó que se obtuvieron 5548 toneladas de amaranto a nivel nacional en el año 2019. En cuanto a la producción nacional de chía, en 2018 se produjeron 3 mil toneladas (SADER, 2020b).
- En la Figura 3 se representan los principales productores de los alimentos estudiados, en México.
 1. Soya: Tamaulipas, Campeche y San Luis Potosí (ASERCA, 2018).
 2. Amaranto: Puebla, Tlaxcala y el Estado de México (SADER, 2020a);
 3. Chía: Jalisco, Zacatecas y Puebla (SADER, 2020b).



Figura 3. Mapa de los principales productores de chía, amaranto y soya en México. (Adaptado de ASERCA, 2018; SADER, 2020a; SADER 2020b)

Para fines del presente trabajo se deben conocer las particularidades de estos alimentos, empezando por explicar brevemente su taxonomía, características de crecimiento y desarrollo de las plantas de origen. Posteriormente, se estudiará la composición química de los alimentos, para de esta manera relacionar la presencia de algún compuesto o fracción con los beneficios y mecanismos de acción.

→ **Semilla de chía:**

Género: *Salvia*, **Especie** *Salvia hispanica L.*, **Familia:** *Labiatae* (otro ejemplo, menta), **Orden:** Lamiales. La chía crece de sus semillas y produce flores blancas y moradas, estas pueden medir de 3 a 4 mm y son hermafroditas. Las semillas de chía son pequeñas, ovaladas, de 2 mm largo y de 1 a 1.5 mm de ancho. El color puede variar de negro, gris o blanco con puntos blancos (Hrncic *et al*, 2020). La evidencia muestra que la semilla de chía tiene altos niveles de fibra, antioxidantes y ácidos grasos pertenecientes a las familias omega-3 y omega-6 (Peña-Levano *et al.*, 2021).

→ **Semilla de amaranto:**

Género: *Amaranthus L.*, **Familia:** *Amaranthaceae*, **Orden:** Caryophyllidae. Las **especies** que se consumen principalmente son *Amaranthus hypochondriacus L.*, *A. cruentus L.* y *A. caudatus L.* Es un pseudocereal con un alto contenido de proteína (13 - 19 %), altos niveles de lisina (Paredes-López, 1994). El crecimiento de las flores de esta planta presenta

inflorescencia en panículas con numerosas ramificaciones laterales en forma de espigas (Assad, *et al.*, 2017). Las semillas son pequeñas (1 - 1.5 mm diámetro) (Iftikhar y Khan, 2019), de forma lenticular. Hay una gran variedad de colores, las flores pueden ser rojas, naranjas, moradas y doradas; las semillas pueden ser amarillas, blancas, café o negras.

→ **Semilla de soya:**

Género: *Glycine* **Especie:** *max (L.) Merr.* **Familia:** *Fabaceae*, **Orden:** Fabales (CONABIO, s/f). Es uno de los cultivos más importantes en el mundo. Ésta se aprecia por su contenido de proteína de alta calidad de bajo costo, y por su contenido de lípidos (Aulisa *et al.*, 2020). Crece principalmente en lugares con clima cálido, tropical o subtropical, es una planta resistente a bajas y altas temperaturas (Jacob, 2020). Esta planta se encuentra en inflorescencia de racimos, posee vainas cortas, que contienen en su interior de una a cuatro semillas generalmente esféricas, con distintas variaciones de color amarillo o negro, aunque existen variedades color verde o castaño (Paredes Delgado, 2013).

Como se puede notar, los alimentos estudiados son semillas. Las semillas maduras contienen un embrión, que es la siguiente generación de la planta. Estas son alimento básico en la dieta de los humanos, su valor nutricional recae en las reservas de proteína, almidón y aceites sintetizados durante su desarrollo y maduración. Son óvulos maduros, ricos en proteínas, lípidos "saludables", fibras y minerales como magnesio, potasio, calcio, hierro y zinc, contienen vitaminas como B1, B2, B3 y vitamina E. Las semillas oleaginosas están enriquecidas con antioxidantes.

Los alimentos en general se denominan "matrices", este término se utiliza para describir el complejo ensamble de micro compuestos y marco compuestos, que interactúa física y químicamente, lo que influyen en la liberación, transferencia de masas, accesibilidad, digestibilidad y estabilidad de muchos compuestos (Crowe, 2013 citado en Aguilera, 2019). La interacción de los componentes define la funcionalidad del alimento, la estructura en los niveles macro y micro tiene gran influencia en las propiedades sensoriales, así como en la biodisponibilidad de los nutrimentos (Singh y Gallier, 2014). Los nutrimentos son sustancias que mantienen los procesos fisiológicos, forman estructuras y participan en las reacciones químicas mediante las cuales funciona el cuerpo humano. Se pueden clasificar en macro y micro (Tabla 3), pero esta resulta ambigua porque da una idea errónea sobre la jerarquía de los nutrimentos.

Tabla 3. Nutrimientos en el alimento

| Macro componentes | Micro componentes |
|---|--|
| <p>Son aquellos que se requieren ingerir en grandes cantidades para mantener las funciones del cuerpo.</p> <p>Hay 3 grandes clases: proteínas, carbohidratos y lípidos.</p> <p>(World Health Organization, s/f a)</p> | <p>Permiten al cuerpo producir enzimas, hormonas y otras sustancias esenciales para un crecimiento apropiado y desarrollo.</p> <p>Sólo se necesitan pequeñas cantidades, sin embargo, la deficiencia puede tener serios efectos perjudiciales para la salud.</p> <p>(World Health Organization, s/f b)</p> |

Actualmente se utiliza más la clasificación química de los nutrimentos, que los divide de acuerdo con su estructura química (Figura 4).

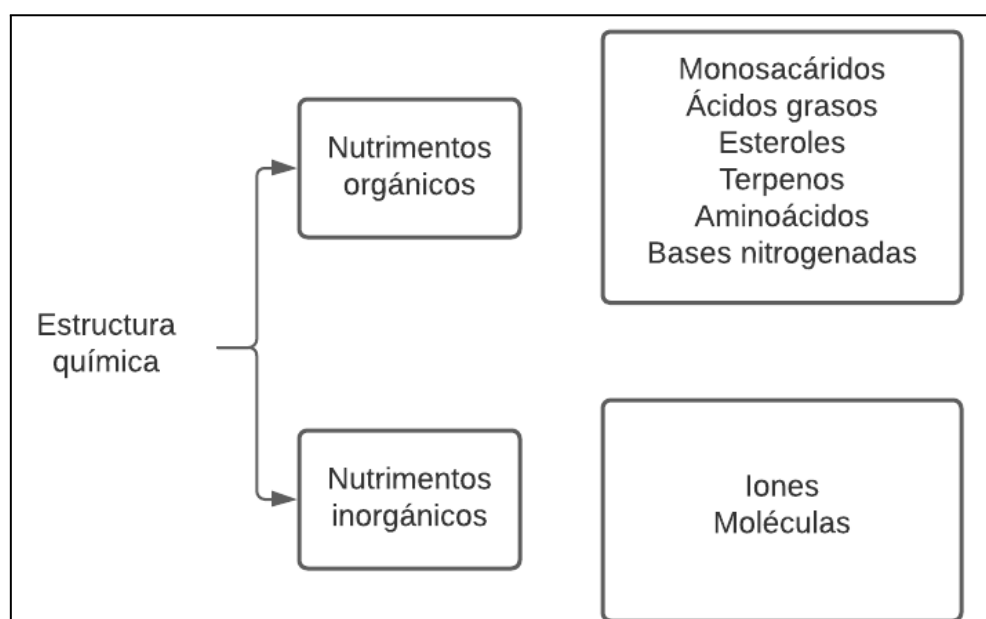


Figura 4. Clasificación química de nutrimentos (Adaptado de González, 2019)

Los nutrimentos son indispensables para el organismo, pero se pueden clasificar según la dispensabilidad en la dieta (Tabla 4), es decir, si es necesario consumirlos o si se pueden sintetizar con un precursor.

Tabla 4. Clasificación de nutrimentos de acuerdo con la síntesis endógena.

| | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Dispensables en la dieta | Pueden sintetizarse en el organismo |
| Indispensables en la dieta | Deben ingerirse en la dieta. |

A partir de la alimentación se obtienen macromoléculas que por medio de procesos catabólicos y anabólicos en el organismo se obtienen los nutrimentos, los cuales cumplen con funciones específicas. Las principales macromoléculas son: proteínas, lípidos y carbohidratos.

Las **proteínas** son polímeros complejos formados por la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos (Fennema, 2008). La función de las proteínas depende de los aminoácidos que las constituyen, los cuales se pueden clasificar de acuerdo con su dispensabilidad. La función principal de las proteínas es proveer la materia para sintetizar músculo y otros tejidos (Ustunol, Z., 2015).

Sensorialmente contribuyen al sabor y son precursores de compuestos aromáticos y de color. En la elaboración de productos industrializados tienen función tecnológica para formar y estabilizar geles, espumas y emulsiones (Belitz, *et al.*, 2009).

Los **lípidos** son compuestos orgánicos insolubles en agua, pero son solubles en solventes orgánicos. A este grupo pertenecen los ácidos grasos, los acilgliceroles, los ésteres (ceras) e isoprenoides (Garduño, 2019). La principal función que tienen es proveer de energía; como parte del tejido adiposo, contribuyen a mantener la temperatura corporal, proteger órganos, participan en el transporte de otras moléculas, dan estructura y soporte a las membranas celulares, y ayudan a la comunicación entre células.

Dentro de los esteroides, el colesterol es necesario para formar hormonas esteroideas, entre otras funciones (Garduño, 2019).

Las grasas y aceites enriquecen la calidad nutricional y son de importancia para lograr la textura deseada, una sensación específica en la boca y la generación de aromas (Belitz *et al.*, 2009).

Los **carbohidratos** son polihidroxi aldehídos o cetonas, alcoholes, ácidos, sus derivados simples o polímeros. Se clasifican de acuerdo con su grado de polimerización: azúcares

(mono— y disacáridos), oligosacáridos (contienen entre tres y nueve unidades de monosacárido), y polisacáridos (contienen diez o más unidades de monosacárido) (Latham, 2002). Los carbohidratos actúan como endulzantes y en la formación de geles, como agentes espesantes, estabilizantes y son precursores de sabor y color (Belitz *et al.*, 2009).

El almidón es un polisacárido de glucosa compuesto por amilosa y amilopectina. Dentro de estos almidones hay una fracción no digerible en el intestino delgado, llamada almidón resistente (RS por sus siglas en inglés) que es fermentado en el intestino grueso. En el cuerpo, los almidones y los azúcares son fuente de monosacáridos que se involucran en la generación de energía, mientras que las fibras ayudan en la función intestinal entre otros efectos fisiológicos benéficos (Khowala *et al.*, 2008).

Las fibras dietéticas se pueden clasificar por sus propiedades coligativas (solubilidad y capacidad para formar geles), por su origen y por su fermentabilidad (Abreu *et al.*, 2021). Las fibras solubles se asocian con la reducción de colesterol en plasma, ya que evita que se reabsorban los ácidos biliares cuyo precursor es el colesterol; así mismo, producen una reducción de la respuesta glucémica, reduciendo la velocidad del vaciamiento gástrico, la velocidad de digestión de los almidones y la absorción de glucosa. Las fibras insolubles mejoran la función del intestino grueso, ya que aumenta la velocidad de tránsito en el intestino (González, 2019).

Con el objetivo de conocer su composición, se revisaron diferentes artículos en los cuales se determinó experimentalmente la composición química de los alimentos seleccionados (Anexo I), con los datos recopilados se establece el aporte por porción de cada nutrimento.

Para la semilla de chía seca Hongu y Franklin (2016) publicaron que la porción de acuerdo con la USDA es de 1 cucharada, lo que equivale a 14 gramos. Por otro lado, la Secretaría de Salud en su guía de alimentos para la población mexicana (2010) recomiendan una porción de 1/4 de taza (30 g) para amaranto. Con respecto a la soya, el tamaño de la porción depende de la presentación; por ejemplo, la porción será 1/3 de taza (45 g) cocida y 35 g de texturizada.

En la Figura 5 se muestra la distribución de las diferentes fracciones de los componentes por porción del alimento de manera general (La porción recomendada se dividió en los diferentes macrocomponentes mencionados anteriormente).

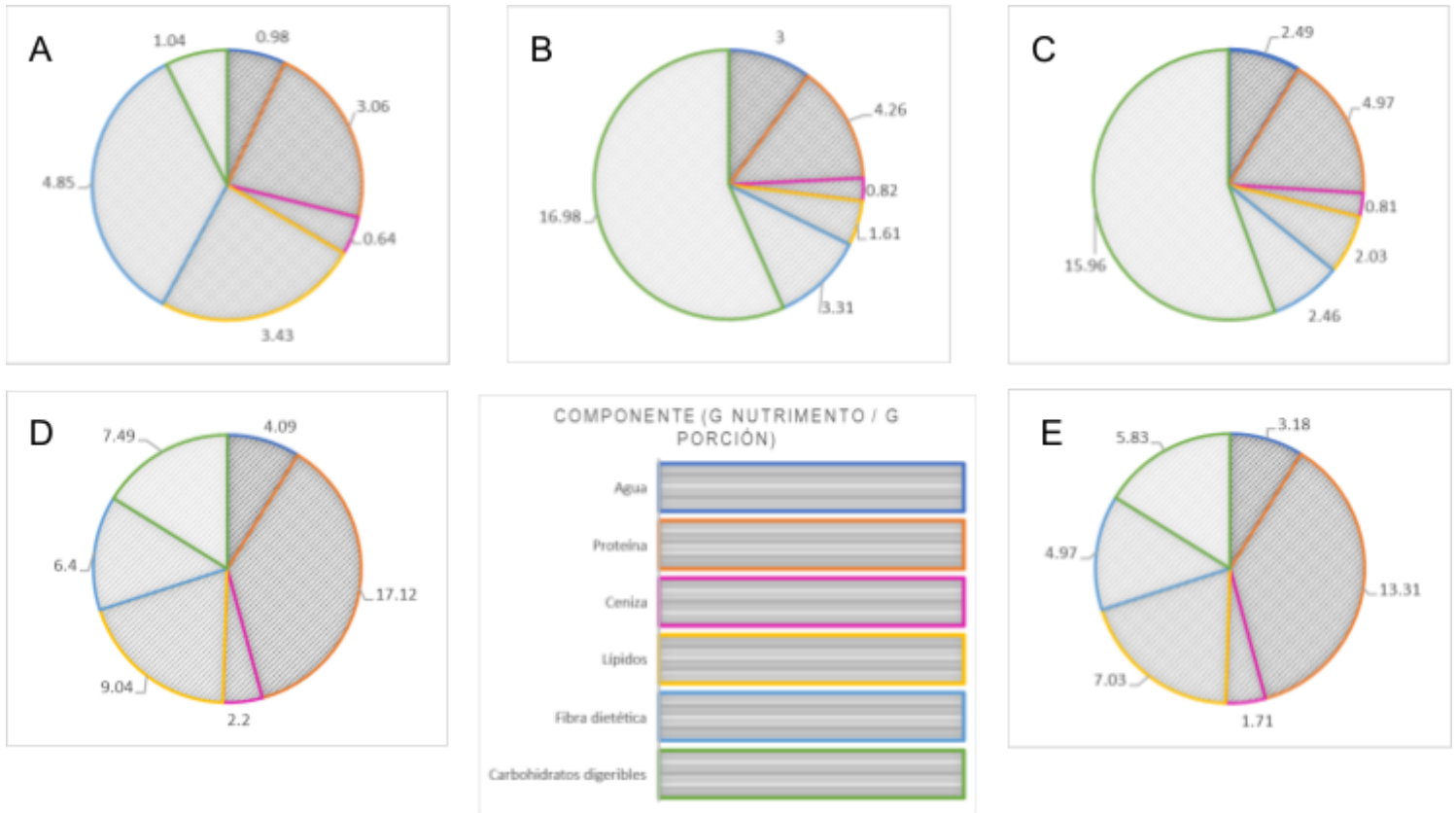


Figura 5. Composición química de los alimentos seleccionados. **A** Semilla seca de chíá; **B** *Amaranthus cruentus*; **C** *Amaranthus hypochondriacus*; **D** soya cocida; **E** soya texturizada (Adaptado Anexo 1).

En esta revisión de la composición de las semillas estudiadas, también, se recopilaron las características particulares con el fin de proporcionar una idea más específica de cómo están compuestas cada una de sus diferentes fracciones.

2.2 Semilla de chíá

En la chíá, la fracción principal de proteínas está constituida por albúminas y globulinas (Grancieri *et al.*, 2021). Los aminoácidos dispensables en la dieta que se encuentran en mayor concentración, de acuerdo con la USDA (2019a) son: el ácido glutámico, la arginina y el ácido aspártico. Mientras que los aminoácidos indispensables en la dieta que están presentes en mayor concentración son: leucina y fenilalanina.

Tiene aproximadamente 39 % de aceite (masa de semilla seca) (Hrncic *et al.*, 2020) siendo los mayores constituyentes los ácidos grasos poliinsaturados, α -linolénico (ω -3 o ALA) y linoleico (ω -6). Contiene también fitoesteroles, similares al colesterol animal, del grupo de

estigmasteroles, campesterol, β -sitosterol y Δ^5 -avenasterol. También contiene a los tocoferoles: α , γ , y δ (Kulczynski *et al.*, 2019).

La fibra soluble se encuentra en el mucílago, formada por un polímero de glucopiranosil y xilanopiranosil (Duarte-Anzaldo, 2011). Del contenido de fibra en la semilla de chía aproximadamente el 85 % - 93 % será fracción insoluble y 7% - 15% de fracción soluble (Hrncic, *et al*, 2020).

La semilla de chía contiene nutrimentos inorgánicos tales como fósforo, calcio, potasio y magnesio, además de vitaminas, principalmente del grupo B como la tiamina (B1), la riboflavina (B2) y la niacina (B3). Los compuestos fenólicos presentes en la semilla de chía son: ácido gálico, cafeico, clorogénico, rosmarínico, cinámico y ferúlico además de quercetina, kaempferol, miricetina.

2.3 Semilla de amaranto

Dentro de la fracción proteínica, el amaranto tiene principalmente glutelinas (32.1 %) y albúminas (30.1 %), la fracción menor la conforman las globulinas 7S-G y las 11S-G (Sánchez-López, *et al.*, 2020), conocidas como amarantina que es una proteína de reserva en el amaranto (Montoya *et al.*, 2015). Las proteínas del amaranto son ricas en lisina, aminoácido limitante en otros cereales; también son fuente de triptófano y aminoácidos azufrados (USDA, 2019b).

La mayoría de los ácidos grasos son insaturados, principalmente ácido linoleico ($C_{18:2}$), el ácido oleico ($C_{18:1}$) que están en concentraciones similares, en menor cantidad se encuentra el ácido esteárico ($C_{18:0}$) (Ogrodowska *et al.*, 2014). El amaranto contiene alto contenido de escualeno y tocotrienol (Vitamina E) (Assad *et al*, 2017).

La semilla contiene de 65 - 75 % de almidón y de 4 - 5 % de fibra dietética (Venskutonis y Kraujalis, 2013) dentro de la cual la fracción soluble presenta una alta concentración de arabinosa, manosa y xilosa.

El contenido de cenizas en la semilla de amaranto muestra que los nutrimentos inorgánicos que se encuentran en mayor concentración son el potasio, el fósforo y el calcio (Gins *et al.*, 2018). Son fuente de vitamina A, C, niacina y tiamina (Assad *et al*, 2017).

2.4 Soya

La principal proteína de reserva de la semilla de soya es la glicinina que es una globulina característica de la familia de las leguminosas. La β -conglucina es la vicilina (globulina de leguminosas) de las proteínas de reserva (Johnson *et al.*, 2008). También son consideradas causantes de alergias, ambas proteínas se desnaturalizan a temperaturas mayores de 95 °C (Amigo, 2007).

La proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales, pero los que se presentan en mayor concentración son leucina y lisina, mientras que la metionina es el aminoácido que se encuentra en menor concentración (de Luna Jimenez, 2006; Reynaud *et al.*, 2021). De los aminoácidos no esenciales, en general el ácido aspártico/asparagina y el ácido glutámico/glutamina son los que se encuentran en mayor concentración en las proteínas de la soya, mientras que el aminoácido en menor concentración es la cisteína (Reynaud *et al.*, 2021).

Los ácidos grasos predominantes son linoleico, oleico, palmítico y linolénico de mayor a menor concentración (Lafont *et al.*, 2014; Azam *et al.*, 2021). Se observa que predominan los ácidos grasos insaturados que se pueden encontrar en forma de triacilgliceroles o como fosfolípidos (Johnson *et al.*, 2008).

Los carbohidratos que se encuentran son la sacarosa y los oligosacáridos estaquiosa, rafinosa y verbascosa, mientras que los principales componentes de la fibra dietética son celulosa, hemicelulosa, pectinas y glicoproteínas (Selvandran *et al.*, 1987, citado en Johnson *et al.*, 2008).

Los nutrimentos inorgánicos que se encuentran en la soya son, principalmente, potasio, fósforo, magnesio, calcio y hierro (Shi *et al.*, 2010; USDA, 2019c).

Capítulo III. Beneficios relacionados con el consumo de la chía, el amaranto y la soya

Se seleccionó información relacionada con ciertos beneficios a la salud de interés, publicada en los últimos 20 años. Se consideraron principalmente artículos científicos nacionales e internacionales en los que se evaluó el consumo de la chía, el amaranto y la soya y los efectos que producen en modelos digestivos *in vitro*, en animales y en pacientes. La información se obtuvo de la base de datos de las bibliotecas de la UNAM, con la herramienta Discovery Service de la UNAM la cual integra y busca simultáneamente en todos los recursos disponibles (electrónicos e impresos).

3.1 Chía

Se seleccionaron 19 artículos para su análisis, en los cuales se analizó el efecto de la semilla de chía en diferentes objetos de estudio. El 66.7 % de los artículos fueron realizados con animales, 16.65 % en modelos gastrointestinales *in vitro* y 16.65 % en pacientes.

En la Figura 6 se muestra el porcentaje de artículos que evaluaron la misma fracción de matriz, en el eje de las abscisas se encuentran las fracciones estudiadas del alimento y en el eje de las ordenadas se muestra el porcentaje de estudios encontrados que se utilizaron. Se observa que principalmente se ha estudiado la semilla entera; las fracciones separadas (aceite y mucílago) menor proporción.

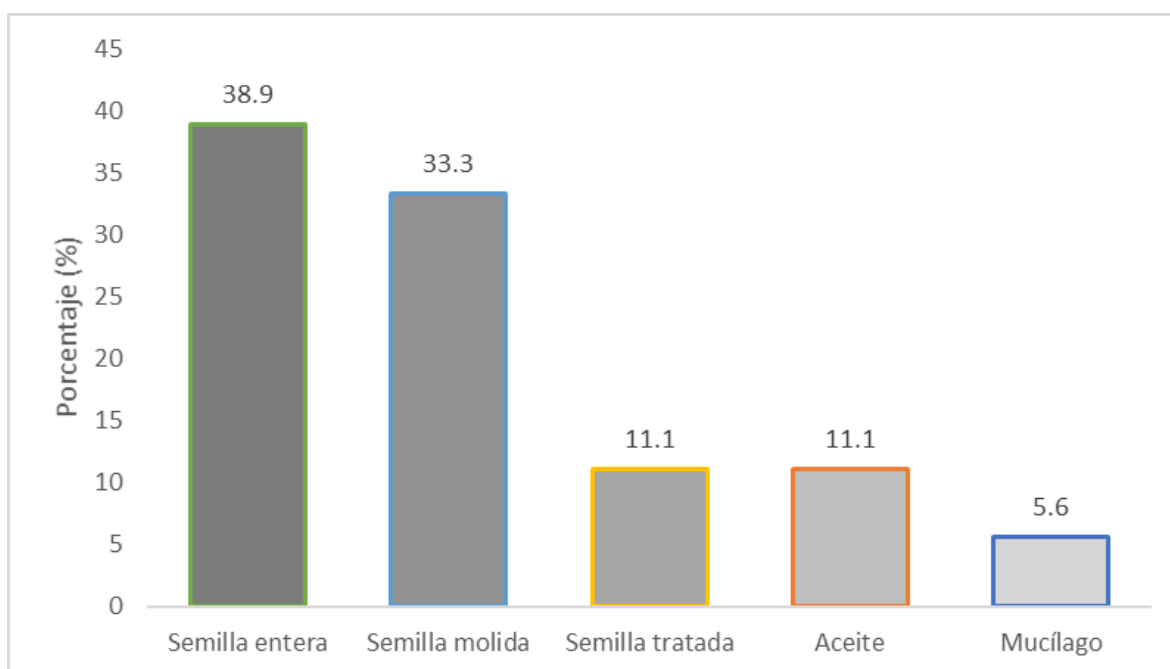


Figura 6. Distribución de la matriz de chía estudiada en los artículos seleccionados.

El estudio de la semilla entera ha permitido examinar los beneficios de todos los nutrientes interactuando en la matriz. Por su parte, en el aceite se ha centrado en el análisis de los ácidos grasos, principalmente del ácido α -linolénico y de los ácidos grasos insaturados. La semilla molida o harina de chía es una presentación en la cual los componentes se encuentran más biodisponibles, su estudio ha contribuido a la comprensión de los beneficios atribuidos a los ácidos grasos y a los compuestos fenólicos (Labanca *et al.*, 2019). Finalmente, el mucílago se ha utilizado para analizar el efecto de la fibra dietética.

- **3.1.1 Fibra dietética**

Tamargo *et al.* (2020), proponen al mucílago como un recurso de fibra, por su capacidad de no digerirse y de formar geles, lo que ayuda a reducir la velocidad de absorción de los lípidos, colesterol y glucosa en el intestino delgado.

La ingesta de fibra dietética genera un incremento en el volumen de los contenidos luminales (dentro del intestino delgado), con la consiguiente distensión de las paredes del tracto gastrointestinal. El mayor volumen y viscosidad de los contenidos que alcanzan los segmentos intestinales, dificultan el contacto del nutriente con las enzimas digestivas o con la superficie intestinal (Ruíz Alonso, 2016). Estas acciones pueden ser las responsables de la menor absorción de determinados nutrientes, como carbohidratos y colesterol.

- **3.1.2 Respuesta glucémica**

En estudios realizados en rata y en modelos gastrointestinales utilizando la semilla de chía entera, se ha observado una mejora en la sensibilidad a la insulina (Poudyal *et al.*, 2012; Oliva *et al.*, 2021), tolerancia a la glucosa en ayuno (Poudyal *et al.*, 2012) y reducción de la concentración de glucosa en plasma (da Silva *et al.*, 2017; Alamri, 2019).

La sensibilidad a la insulina es la capacidad de la hormona insulina para disminuir las concentraciones de glucosa en la circulación tanto por su acción periférica como su acción hepática, la cual incrementa el depósito de glucógeno e inhibe la producción hepática de glucosa. Está basada en la relación del metabolismo de la glucosa y la capacidad de la insulina para estimular el transporte de glucosa principalmente a nivel muscular. (Arteaga Sánchez, 2021). Ayuda a la sensibilidad de la insulina y puede contrarrestar la resistencia a

ésta, condición caracterizada por una capacidad disminuida de la hormona para llevar a cabo sus funciones normales, la cual puede presentarse en patologías como diabetes mellitus tipo 2, síndrome metabólico, sobrepeso y obesidad, por mencionar algunos ejemplos.

También se encontró una mejora en la tolerancia a la glucosa en ayuno (Poudyal *et al.*, 2012), esta prueba es importante y se realiza principalmente para detectar diabetes, prediabetes o diabetes gestacional.

- **3.1.3 Regulación de ácidos grasos**

El contenido de ácido α -linolénico (ALA) en la semilla de chía es importante, puesto que aproximadamente es el 60 % del contenido en el aceite (Poudyal *et al.*, 2012). De esta manera, la semilla de chía representa una alternativa para obtener este ácido graso insaturado que, por lo general, se obtiene a partir del consumo de productos de la pesca (Ayerza y Coates, 2005).

Al ALA se le ha relacionado tanto con efectos cardioprotectores como hepatoprotector. Se mostró una distribución de lípidos quitando grasa visceral y de hígado con un incremento en la acumulación del corazón, principalmente de ácido oleico y mayor oxidación de ácido linoléico en la mitocondria. Asociado a la inhibición de Esteroil CoA desaturasa (SCD-1) por ALA, esta enzima es un desaturasa que se encarga de catalizar síntesis de ácidos grasos monoinsaturados a partir de ácidos grasos saturados (Flowers y Ntambi, 2009).

La falta de SCD-1 disminuye la acumulación de triacilgliceroles y colesterol hepático, regula la reducción de síntesis de ácidos grasos en hígado y reduce adiposidad. Por otro lado, en corazón, la falta de esta enzima reduce la recepción y oxidación de ácidos grasos en mitocondria, como consecuencia incrementa el transporte y la oxidación de glucosa. (Poudyal *et al.*, 2012).

- **3.1.4 Metabolismo de lípidos**

A través de diversos estudios realizados por Poudyal *et al.* (2012); Fernández Martínez *et al.* (2019); Han *et al.* (2020); Medina-Urrutia *et al.* (2020) han demostrado que la chía puede mejorar la esteatosis hepática no alcohólica / hígado graso no alcohólico (NASH / NAFLD), y la regulación del flujo lipídico en el tejido visceral (Poudyal *et al.*, 2012; Oliva *et al.*, 2021). Han *et al.* (2020) concluyeron que el aceite de semilla de chía modula el metabolismo de

los lípidos por medio de la regulación del receptor activado por proliferador de peroxisoma alfa (PPAR α), encargada de controlar la expresión de genes relacionados para la inducción del transporte y oxidación (Haemerle et al., 2011 citado en Han et al., 2020) y de la carnitina palmitoil transferasa 1a (CPT1A) mediadora de la entrada de ácidos grasos a la matriz mitocondrial, es la enzima limitante de la β -oxidación (Liu et al., 2014 citado en Han et al., 2020).

Por otro lado, Medina-Urrutia *et al.* (2020) observaron en pacientes con NAFLD que consumieron semilla de chía molida una disminución en grasa abdominal visceral, peso corporal, colesterol total, colesterol no HDL y ácidos grasos libres en circulación. De igual manera, hubo un retroceso en el padecimiento en 52 % de los pacientes, principalmente en pacientes obesos.

- **3.1.5 Hiperlipidemia**

A partir de los estudios realizados con semilla de chía molida y aceite de semilla de chía, se obtuvo que su consumo podría ayudar en el tratamiento de la hiperlipidemia, una alteración metabólica caracterizada por aumentar una o varias fracciones lipídicas en la sangre, siendo un factor de riesgo para el desarrollo de la aterosclerosis, padecimiento que se caracteriza por la acumulación de grasa, colesterol y otras sustancias dentro de las arterias (Fernández Martínez *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2020). Entre los efectos reportados por el consumo de chía se observa incremento en el colesterol de lipoproteína de alta densidad (HDL-c) (Ayerza y Coates, 2005; Tenore *et al.*, 2018; Alamri, 2019) así como una disminución del colesterol de lipoproteína de baja densidad (LDL-c) (Silva *et al.*, 2016; Tenore *et al.*, 2018; Fernández Martínez *et al.*, 2019), colesterol total (CT) (Han *et al.*, 2020; Medina-Urrutia *et al.*, 2020) y los triacilgliceroles (TAG) (Ayerza y Coates, 2005; Fernández Martínez *et al.*, 2019) en plasma.

3.2 Amarantho

Se seleccionaron 16 artículos relacionados con los beneficios que se atribuyen al amaranto y en los que se usaron modelos animales como ratas y ratones (68.8 %), efectuados en simuladores gastrointestinales (25 %) y realizados en pacientes (6.2 %). Se encontró que en el amaranto se ha evaluado principalmente su fracción lipídica y proteica, y en menor proporción se realizaron experimentos con la semilla de amaranto completa o en harina. En esta revisión se figuran principalmente los resultados obtenidos por el consumo de aceite e hidrolizados de proteínas de la semilla de amaranto.

En la Figura 7 se observa que la fracción proteica es la más estudiada. Esto podría estar asociado al interés en los péptidos bioactivos, por lo que se busca estudiar a profundidad estos compuestos con el fin de entender sus beneficios.

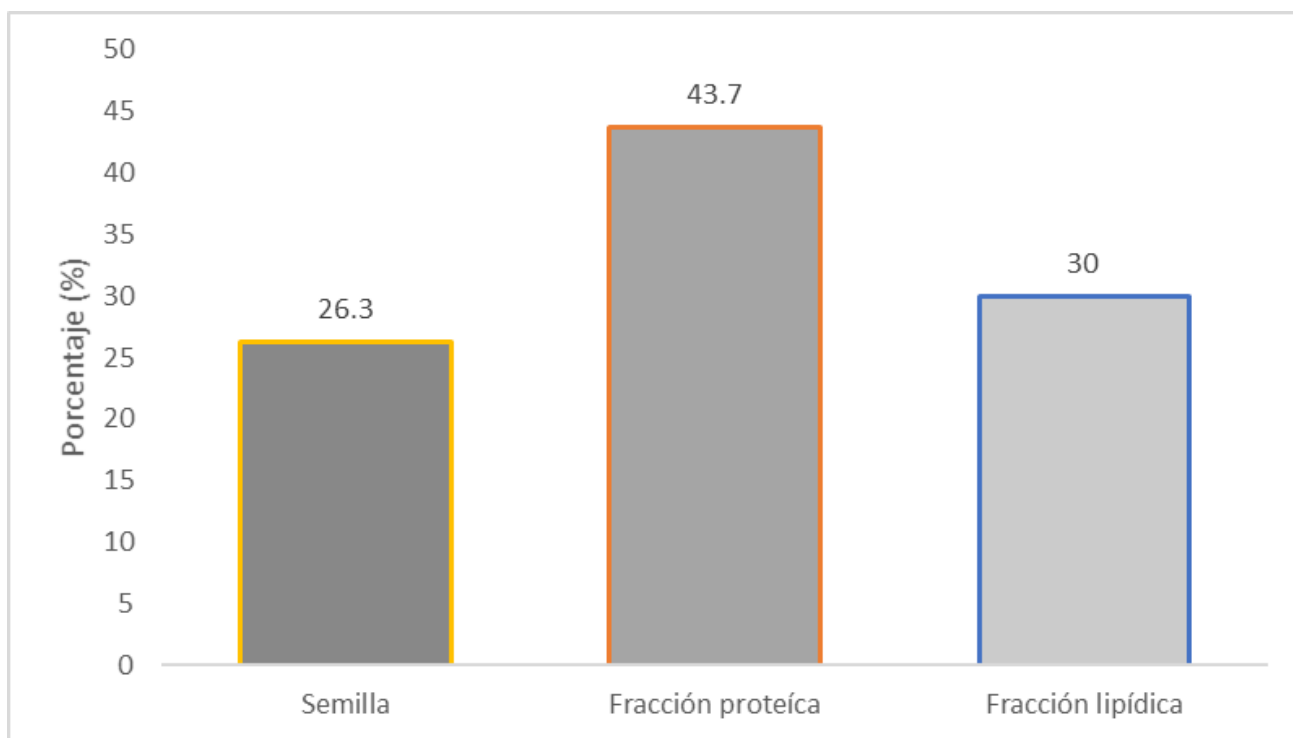


Figura 7. Distribución de la matriz estudiada de amaranto.

• 3.2.1 Fracción Lipídica

El aceite de amaranto se caracteriza por su contenido de compuestos biológicamente activos como: escualeno, tocoferoles, fosfolípidos y fitoesteroles (Martirosyan, *et al.*, 2007).

En los estudios efectuados por Czerwinski, *et al.* (2004) y Malgorzata, *et al.* (2020) evaluaron los efectos de la suplementación con aceite de semilla de amaranto en

pacientes, se observó que la actividad de estos compuestos impide el incremento en los niveles de lipoproteína de baja densidad (LDL), de lipoproteína de muy baja densidad (VLDL) y de CT, además producen una disminución de la concentración en el plasma, que como se mencionó anteriormente es benéfico para evitar acumulación en arterias.

La semilla de amaranto es rica en escualeno, este es un producto intermedio durante la síntesis de fitoesteroles o colesterol (Srivatava, *et al.* 2021), conduce a la disminución del colesterol y en la disminución de la concentración de las lipoproteínas, hay reportes de estudios en modelos animales e *in vitro* sobre sus efectos anticancerígenos, antioxidantes, como portador de fármacos, así como de su actividad desintoxicante (Hammad, *et al.*, 2017 citado en Malgorzata, *et al.*, 2020).

También demostraron que el consumo de aceite de amaranto disminuye la resistencia a la insulina y la concentración de insulina en ayuno (Malgorzata *et al.*, 2020).

La semilla completa de amaranto tiene efecto antioxidante (Paško *et al.*, 2011) lo que ayuda a nivelar este desequilibrio para que estas especies reactivas no afecten a las células.

Nikolaevsky *et al.* (2014) encontraron que el aceite de amaranto tiene actividad hepatoprotectora, es decir, ayuda a prevenir y reducir el daño en el tejido hepático. Lo anterior se asocia con la actividad antioxidante del aceite, ya que actúa en contra de las lesiones del hígado causadas por toxinas e intensifica el proceso de regeneración.

Cherkas *et al.* (2018) demostraron que la suplementación con aceite de amaranto en conjunto con un tratamiento estándar en pacientes con úlcera duodenal *Helicobacter pylori* positiva, puede reducir significativamente la acumulación de 4-hidroxi-2-nonenal, un producto de la peroxidación lipídica. Se ha demostrado que la acumulación de este compuesto no disminuye a pesar de la eliminación de *H. pylori* con el tratamiento estándar. Dado que este compuesto es muy reactivo la actividad antioxidante ayuda a la regulación del balance redox reduciendo la manifestación de estrés oxidativo en la mucosa gástrica.

- **3.2.2 Fracción proteica**

En investigaciones de la fracción proteica del amaranto, se muestra que dentro de las proteínas nativas del amaranto se encuentran péptidos que durante el proceso de digestión son liberados y tienen actividad biológica.

Entre los efectos biológicos de los péptidos se observa la inhibición de la actividad de la enzima convertidora de angiotensina I (ACE) (Aphalo *et al.*, 2015; Suárez *et al.*, 2020), además de un efecto antitrombótico (Sabbione *et al.*, 2015; Sabbione *et al.*, 2016).

Los resultados de Ontiveros *et al.* (2020) muestran que el enriquecimiento de galletas con hidrolizado de proteína de amaranto reduce la presión arterial sistólica en ratas. Suárez *et al.* (2020) encontraron que la administración de aislados de proteína, hidrolizados y péptidos de amaranto a ratas espontáneamente hipertensas induce un incremento de los niveles de la enzima inhibidora de angiotensina (ACE) con baja actividad.

Taniya *et al.* (2020) evaluaron la capacidad antioxidante de los péptidos de amaranto mediante la prueba de fosfomolibdeno. El ensayo se basa en la reducción de Mo (VI) - Mo (V) por el hidrolizado. Los resultados mostraron que los péptidos liberados como resultado de la digestión de las proteínas del amaranto pueden ayudar a reducir radicales libres. Es importante tener un balance favorable entre la generación de especies reactivas, como radicales libres, y defensa por antioxidantes, debido a que si hay mayor presencia de especies reactivas se puede generar estrés oxidativo.

También se ha estudiado el efecto que puede tener en enfermedades como la diabetes, se ha demostrado que los péptidos bioactivos del amaranto presentan actividad inhibitoria de la enzima dipeptidil peptidasa IV (DPP IV) (Velarde-Salcedo *et al.*, 2013), que participa en el metabolismo de la incretina. Las incretinas son un conjunto de hormonas secretadas por las células del intestino en respuesta a la ingesta de alimentos. De esta manera, los inhibidores de la DPP IV extienden la acción de la incretina aumentando así la secreción de insulina dependiente de la glucosa (Page, 2008). Los inhibidores de DPP-IV, como los presentes en amaranto, son una alternativa en el tratamiento de la diabetes mellitus 2, puesto que aumenta la concentración de incretinas en su forma activa. Esto se debe a que la estimulación de la secreción de insulina, inhibe la secreción de glucagón y producción hepática de glucosa, retrasa el vaciamiento gástrico, mejora la sensibilidad a la insulina y reduce la ingesta de alimentos (González Boillos *et al.*, 2008)

3.3 Soya

Se seleccionaron 28 artículos en los cuales se estudiaron los efectos del consumo de soya en organismos vivos, el 75 % de las investigaciones revisadas se efectuaron en personas y el 25 % restante en ratas y ratones. De los artículos seleccionados se observa que principalmente se hicieron estudios en personas con alguna enfermedad o condición médica como diabetes mellitus tipo 2, hipercolesterolemia e hipertrigliceridemia.

En la Figura 8 se muestran los estudios realizados con la soya en diferentes presentaciones. De los artículos consultados el aislado de soya fue el más estudiado; la proteína es uno de los principales componentes en este alimento, seguida por bebida de soya debido a la creciente popularidad de las bebidas vegetales, ya que es una alternativa a la leche. Las investigaciones con semilla, harina y la fracción de isoflavonas es menor.

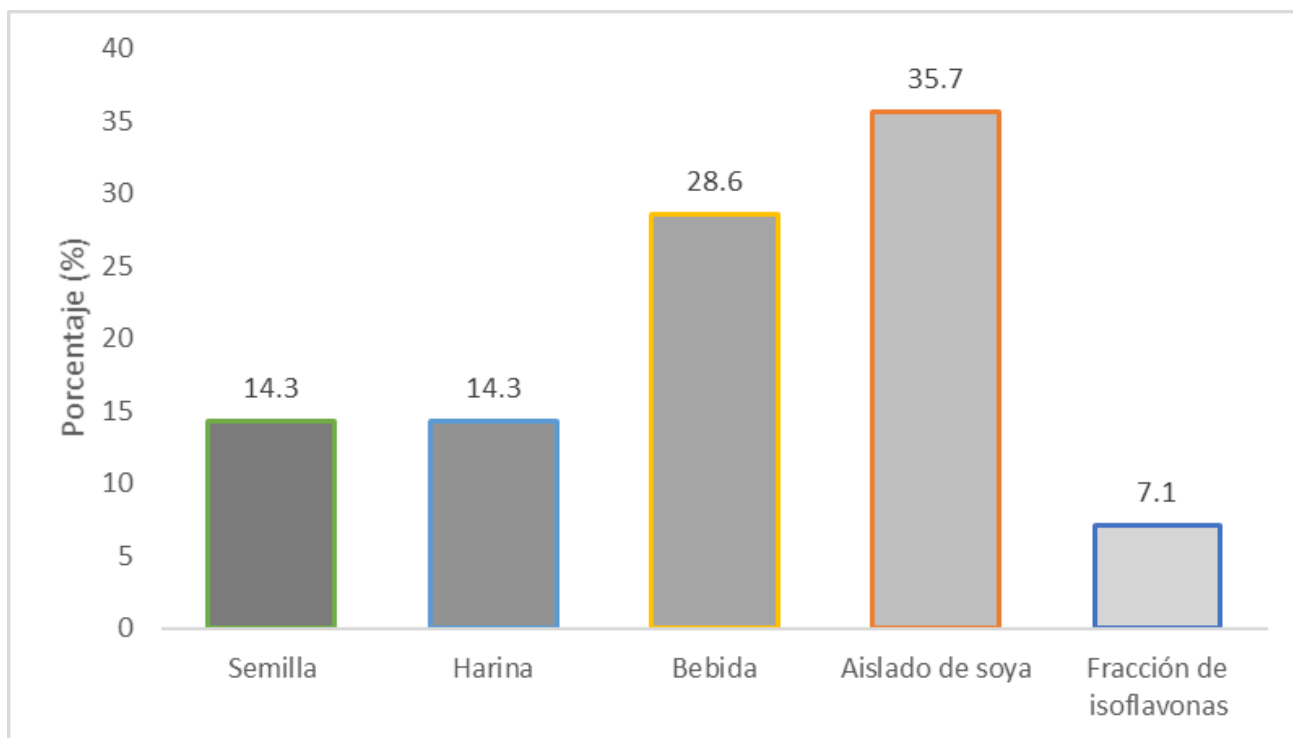


Figura 8. Distribución de los estudios de la soya a partir de diferentes matrices.

● 3.3.1 Calidad de las proteínas

Las proteínas de la soya son consideradas de buena calidad porque tienen la mayoría de los aminoácidos esenciales de la dieta. Además, tienen una eficiencia de conversión proteica (cantidad de proteína de la dieta que es convertida en proteína corporal) de entre el 70 - 90 % (González, 2019).

Hashimoto *et al.* (2015) investigaron el efecto benéfico del aislado de proteína de soya en el músculo esquelético. Observaron que en personas con poca actividad física aumenta el volumen y la fuerza muscular. Disminuyó la concentración de 3-metilhistidina que es un producto de la degradación de proteínas musculares miosina y actina, por lo cual la proteína de soya ayudaría, potencialmente, a disminuir la atrofia muscular que se presenta como consecuencia de la inmovilidad.

- **3.3.2 Perfil de lípidos**

Con respecto a la semilla de soya, diversos estudios han comprobado que su consumo puede disminuir la concentración de CT en sangre (Cicero *et al.*, 2004; Cupisti *et al.*, 2007; Dong *et al.*, 2016; Sedaghat *et al.*, 2019), de LDL-c (Tonstand *et al.*, 2002; Bricarello *et al.*, 2004; Cicero *et al.*, 2004; Moghaddam *et al.*, 2014; Dong *et al.*, 2016; Sedaghat *et al.*, 2019), y del colesterol de lipoproteína de muy baja densidad (VLDL-c) asociado a triacilglicerol (Cicero *et al.*, 2004), estos efectos se observan en investigaciones realizadas con harina, bebida, semilla completa de soya y con aislado de proteína, por lo cual se podría asociar este cambio en el perfil de lípidos por las proteínas (Moghaddam *et al.*, 2014).

En la soya se encuentran fitoesteroles como el estigmasterol, el campesterol y el β -sitosterol (Nakai *et al.*, 2020). Muñoz *et al.* (2011) explican, que los fitoesteroles tienen una estructura química similar a la del colesterol, pero se metabolizan de diferente manera, interrumpiendo la absorción del colesterol. Esto se debe a que son más lipofílicos y por competencia desplazan al colesterol de las micelas que lo transportan para su absorción, por lo tanto, el colesterol no emulsificado se elimina por heces.

Al entrar al eritrocito, los fitoesteroles inhiben la acción de la enzima Acil CoA-colesterol-acil-transferasa e impedirá la esterificación de colesterol, por lo tanto su incorporación a los quilomicrones, finalmente los fitoesteroles regresan al lumen de intestino y se excretan. Esta reducción de absorción hace que llegue menos colesterol al hígado lo que tiene dos efectos: aumento de la síntesis e incremento de los receptores de LDL.

- **3.3.3 Hipertensión**

Adicionalmente, hay factores asociados al consumo de soya que podrían beneficiar a pacientes con hipertensión. Zhang *et al.* (2019) evaluaron en ratas espontáneamente

hipertensas, el efecto antihipertensivo de un péptido inhibidor de ACE obtenido de la hidrólisis de la glutenina, glicinina y β -conglucina presentes en la soya negra previamente remojada en vinagre. En sus resultados se observa que el grupo al cual se le administró el péptido de soya purificado, en particular aquel que recibió la dosis más alta (40 mg / kg peso corporal), se redujo significativamente la presión arterial.

● 3.3.4 Actividad antioxidante

Se revisaron estudios en donde evaluaron el efecto reportado en enfermedades que forman parte del síndrome metabólico (Winarsi *et al.*, 2015) como la diabetes mellitus (Hematdar *et al.*, 2018, Sedaghat *et al.*, 2019), el hipercolesterolemia (Bricarello *et al.*, 2004) u otras como la artritis reumatoide (Mohammad *et al.*, 2016) que se caracterizan por producir en el cuerpo una respuesta inflamatoria ligada al estrés oxidativo. De los artículos relacionados, el 75 % de las investigaciones se realizaron en bebidas de soya, y el 25 % con aislados de proteína de soya o con la semilla completa. Se encontró una reducción en los marcadores de inflamación como la proteína C reactiva (Winarsi *et al.*, 2016; Mohammad *et al.*, 2016; Hematdar *et al.*, 2018) sintetizada como respuesta a la inflamación, así como del factor α de necrosis tumoral (Mohammad *et al.*, 2016 y Hematdar *et al.*, 2018) que se encarga de regular la expresión de genes involucrados en la inflamación.

El consumo de soya mostró un aumento de la enzima catalasa (CAT) (Winarsi *et al.*, 2015) y superóxido dismutasa (SOD) (Winarsi *et al.*, 2016), que se asocian con actividad antioxidante porque interactúan con las especies reactivas de oxígeno. También se vio una reducción de la peroxidación de los lípidos (Bricarello *et al.*, 2004; Cupisti *et al.*, 2007) y la concentración de otros productos reactivos como malondialdehído (Winarsi *et al.*, 2016; Sedaghat *et al.*, 2019).

Las isoflavonas también se han estudiado como posibles antioxidantes directos. Son fitocompuestos que pertenecen al grupo de los polifenoles y su característica principal es que su estructura se compone de dos anillos fenilos con grupos hidroxilo, unidos por un anillo pirano (Quiñonez *et al.*, 2012 citado en Guzmán-Melgarejo, 2017); estos pueden estabilizar y deslocalizar el electrón desemparejado dentro de su anillo después de que interactuó con la especie reactiva.

- **3.3.5 Fitoestrógenos (isoflavonas)**

En la soya, las isoflavonas son compuestos bioactivos de gran interés que tienen una débil actividad estrogénica (Bustamante-Rangel *et al.*, 2018). En las plantas, las isoflavonas generalmente se encuentran conjugadas como glicósidos, los cuales no pueden ser absorbidos en el tracto intestinal, por lo tanto, la biodisponibilidad depende de su hidrólisis que, se lleva a cabo en el tracto gastrointestinal (Setchell *et al.*, 2002 citado en Bustamante-Rangel *et al.*, 2018).

Los fitoestrógenos de la soya son la genisteína y la daidzeína principalmente, estas tienen una estructura similar al β -estradiol. El estradiol es una forma de la hormona estrógeno (Nakai *et al.*, 2020) que se produce en los ovarios. Debido a que durante la menopausia hay un desbalance hormonal, esto podría compensarse con el consumo de isoflavonas, ya que podría aminorar los síntomas que se pueden presentar durante la menopausia, por esta razón es que los tratamientos con isoflavonas han ganado popularidad en mujeres.

Los estudios con estrógenos se centran en dos tipos de receptores de estrógeno (ER), el ER α que se distribuye principalmente en el útero y en glándulas mamarias, y el ER β que se encuentra predominantemente en huesos, sistema urogenital, y sistema cardiovascular (Russel *et al.*, 2002 citado en Chen y Chen, 2021). Los productos secundarios de la fermentación de las isoflavonas, S-equol, es el que puede interactuar específicamente con el ER β .

Toda *et al.* (2020) evaluaron el efecto de los extractos de las isoflavonas de la soya en la degradación y fractura de cartílago (osteoartritis) en ratas con ovariectomía, esta es una operación en la cual se extirpan los ovarios y como consecuencia se deja de sintetizar estrógeno y progesterona, intentando replicar la menopausia. Los investigadores observaron que en las ratas tratadas con isoflavonas de soya se reduce significativamente el daño al cartílago.

Chen y Chen (2021) en su revisión del uso de isoflavonas en soya para mujeres con síndrome climatérico (menopausia), concluyeron que los efectos terapéuticos del uso de isoflavonas aparentemente reducen el sofoco y otros síndromes vasomotores. Puede aliviar la descalcificación de la columna lumbar, mejora la descalcificación gradual que puede resultar en osteoporosis, y tiene efectos positivos en el control de presión arterial y de la glucemia en la menopausia temprana. También se encontró que puede reducir el riesgo de

cáncer de mama y colorrectal. En el lado negativo, la alta ingesta de isoflavonas se asocia con un riesgo moderado de desarrollar enfermedades coronarias. A pesar de los resultados alentadores se sigue estudiando la interacción de este grupo de compuestos y el cuerpo humano.

Capítulo IV. Mecanismo de acción de los biocompuestos presentes en la chía, el amaranto y la soya.

Los alimentos son la fuente de los nutrimentos necesarios para que el cuerpo funcione de manera adecuada. Cada uno de ellos cumple con funciones específicas, para lograr esto, es importante la digestión que es un proceso mediante el cual los componentes son liberados de la matriz en la que se encuentran.

La digestión se considera como la interfase entre el alimento y la salud, que permite gestionar los nutrimentos ingeridos para que sean utilizados de la mejor manera. Durante este proceso el alimento se rompe y sus componentes se absorben mediante una sinergia de procesos mecánicos, químicos y bioquímicos que ayudan a su asimilación (Capuano y Janssen, 2021). Este proceso (Figura 9) comprende: la cavidad bucal, esófago, estómago, intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), intestino grueso (colon ascendente, transverso y descendente), recto y ano. Las glándulas del tracto suministran agua, enzimas y el ambiente químico para el metabolismo (Singh y Gallier, 2014).

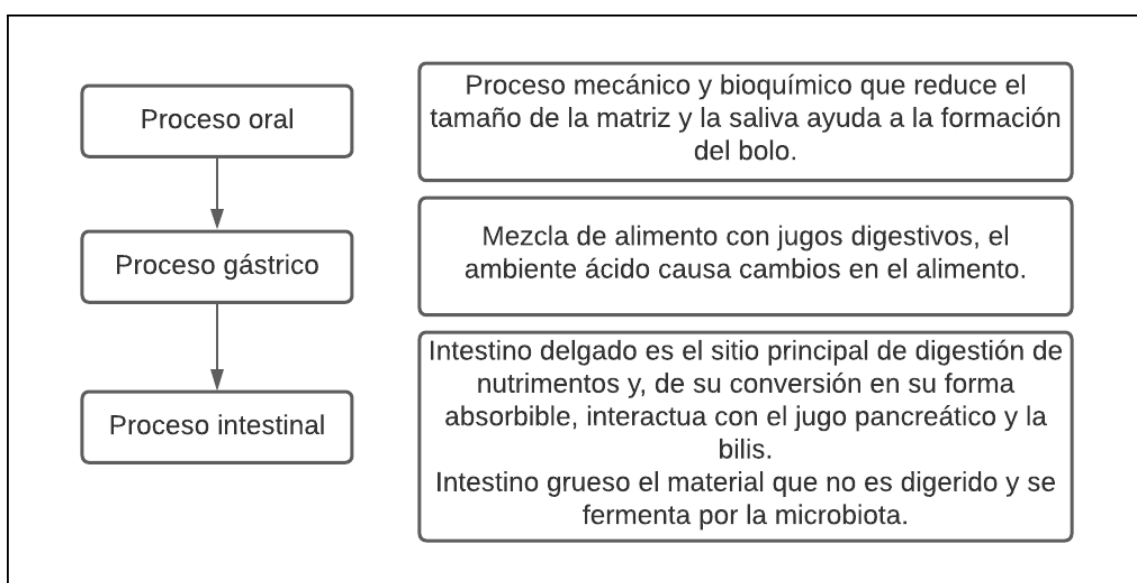


Figura 9. Proceso de digestión (Adaptado de Singh y Gallier, 2014)

Al conocer cuáles son los beneficios que pueden aportar la chía, el amaranto y la soya, es importante explicar cómo llevan a cabo su función en el cuerpo humano, por lo cual, en este capítulo se explican algunos de los mecanismos de interés, por los cuales el alimento promueve un resultado positivo a la salud.

4.1 Fibra dietética

La fibra es un componente que se ingiere principalmente de los vegetales y leguminosas. De los alimentos estudiados, la semilla de chía es la que tiene mayor concentración de fibra dietética que se encuentra en forma de mucílago, no obstante el amaranto y la soya también contribuyen a la ingesta del componente en la dieta.

El mucílago se encuentra dentro de las células epidérmicas de las semillas maduras de chía y cuando está en contacto con el agua se expande rompiendo la pared primaria de la célula que rodea a la semilla, otorgándole una característica de gel (Akash *et al.*, 2020). El mucílago es un polisacárido que se compone principalmente por β -D-xilopiranosil, α -D-glucopiranosil y ácido 4-O-metil- α -D-glucopiranosilurónico (Brütsch *et al.*, 2019). Como se mencionó anteriormente, esta fibra puede ayudar a reducir la velocidad de absorción de lípidos, colesterol y glucosa disponible en el intestino delgado (Tamargo *et al.*, 2020).

En el intestino grueso, la microbiota fermenta el mucílago, y se obtienen como productos ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato). A través de un mecanismo enzimático el acetato se transforma en acetyl-CoA, mientras que el propionato se convierte en metilmalonil-CoA y posteriormente en succinil-CoA, ambos intermediarios del ciclo de Krebs, encargado de generar energía. El propionato también actúa inhibiendo la β -hidroxi- β -metilglutaril coenzima A reductasa, involucrada en la síntesis de colesterol (Zarzuelo *et al.*, 2010 citado en Ruiz Alonso, 2016). El butirato participa en el buen funcionamiento del intestino debido a que es fuente de energía para los colonocitos; ayudando al crecimiento y diferenciación de los colonocitos (Ruiz Alonso, 2016).

Modificaciones del mucílago en el tracto digestivo (Figura 10).

1. El trabajo mecánico ejercido durante la masticación reduce las cadenas de polímero.
2. En el estómago: hidrólisis ácida parcial y absorción de agua.
3. Intestino delgado: durante este proceso se mezcla con el jugo pancreático y con la bilis, continúa la absorción de agua.

4. Se comienza una fermentación intensiva por la microbiota presente, este proceso puede comenzar desde el íleon (intestino delgado) y se da de forma intensiva en la sección ascendente del intestino grueso.
5. Se degrada la fibra quedando remanentes y fibra dietética soluble no fermentable, lo que se elimina por medio de heces.

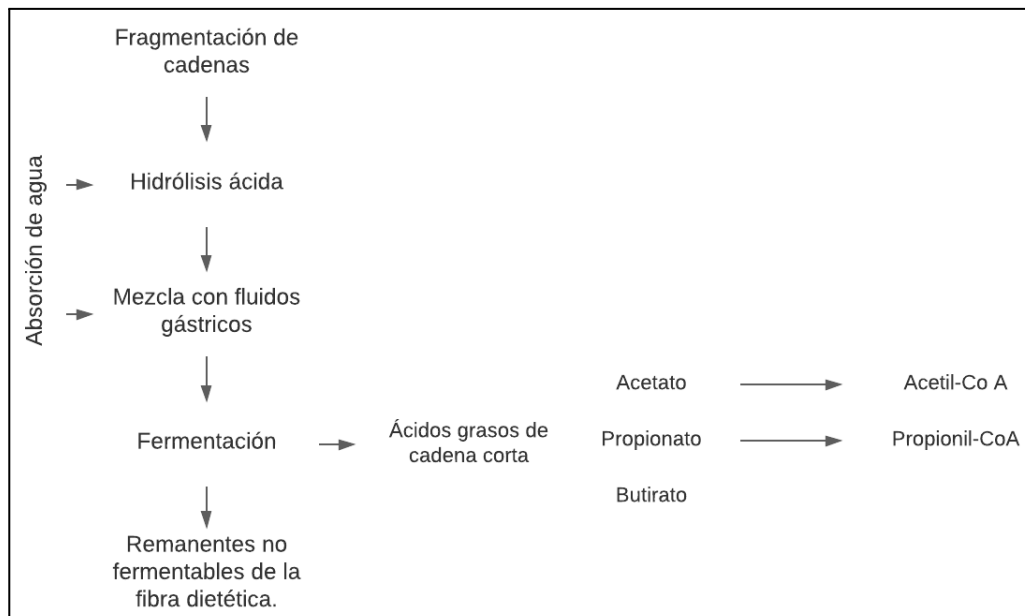


Figura 10. Cambios estructurales de la fibra de chí (mucílago) durante la digestión (Adaptado de Ruíz Alonso, 2016 y Suharoschi *et al.*, 2019).

4.2 Ácido α -linolénico (ALA).

Como se mencionó anteriormente, el consumo de ALA proveniente de la semilla de chí puede ser benéfico para la salud como un factor cardioprotector y hepatoprotector, además de modificar el perfil de lípidos.

En la Figura 11 se muestran las diferentes rutas en donde participa el ALA en el cuerpo humano. El ALA se metaboliza por medio de la β -oxidación generando acetil-CoA el cual se integra al ciclo de Krebs; y es precursor en la síntesis de ácidos grasos. Por otro lado, este ácido graso se puede almacenar para tener disponibilidad en caso de que la demanda de energía aumente.

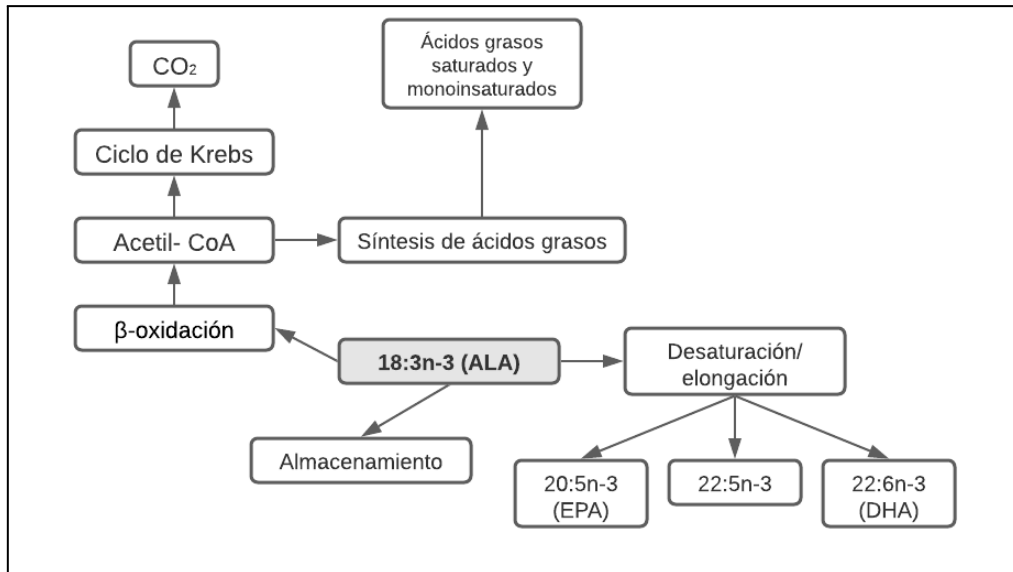


Figura 11. Destinos metabólicos de ALA (18:3n-3) en humanos (Adaptado de Burdge, 2006)

La enzima estearoil-CoA desaturasa (SCD-1) se encarga de catalizar la introducción de dobles enlaces *cis* entre los carbonos 9 y 10 de los sustrato ácidos grasos, resultando en la producción de ácidos grasos saturados (Kim *et al.*, 2002). Preferentemente la enzima cataliza la reacción para ácido palmítico y ácido esteárico produciendo ácido palmitoleico y ácido oleico respectivamente, los cuales son esenciales para la síntesis de triacilgliceroles, fosfolípidos y ésteres de colesterol, además representan la mayoría de los ácidos grasos presentes en triacilgliceroles intramiocelular (Enoch *et al.*, 1976 citado en Hulver *et al.*, 2005). Cuando se inhibe esta enzima incrementa la oxidación de ácidos grasos y reduce el almacenamiento, lo que ayudaría en pacientes obesos, con anomalías metabólicas (Figura 12).

La expresión del gen SCD-1 se regula principalmente por factores relacionados con la dieta. Una dieta alta en carbohidratos y colesterol induce mRNA SCD-1, lo que conlleva a un incremento en los niveles de ácidos grasos monoinsaturados (Kim *et al.*, 2005). Mientras que la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados, como ALA, suprime la transcripción del gen (Ntambi, 1992 citado en Kim, *et al.*, 2005).

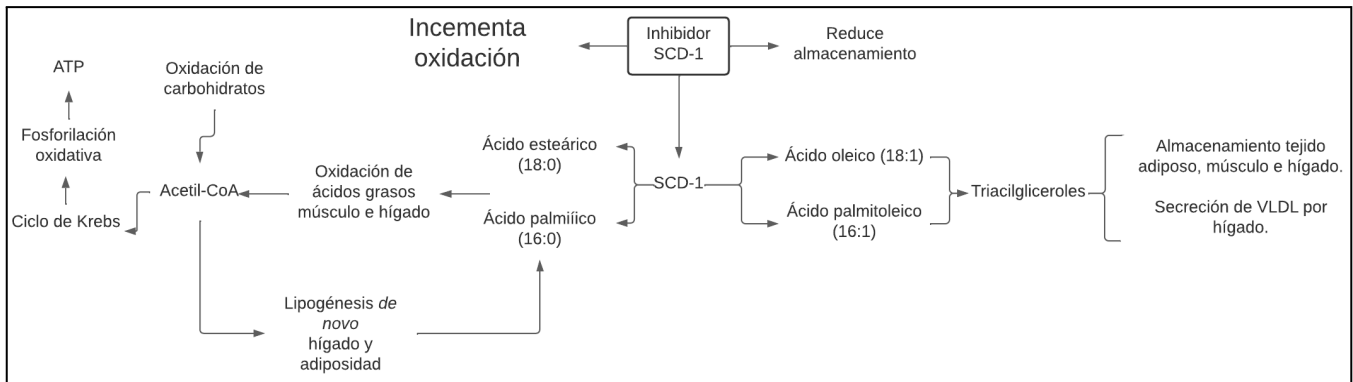


Figura 12. Mecanismo de acción de la enzima esteroil CoA desaturasa.

4.3 Péptidos en sistema cardiovascular

Los péptidos bioactivos presentes en el amaranto no se encuentran biodisponibles en la proteína nativa y se deben separar para poder producir un beneficio a la salud. Estos péptidos se pueden liberar en el procesamiento de los alimentos, por acción de enzimas digestivas o durante la fermentación por la microbiota (Hayes *et al.*, 2007 citado en Sabbione *et al.*, 2016).

Durante la digestión humana, las enzimas proteolíticas, como pepsina (jugo gástrico secretado por el estómago), tripsina y quimotripsina (jugo pancreático, producido en el páncreas y secretado hacia el intestino delgado) (Montoya *et al.*, 2015) se encargan de hidrolizar a las proteínas para formar péptidos y aminoácidos. Estos péptidos pueden ser benéficos en diferentes sistemas, pero el efecto principal se ha visto en el tratamiento de la hipertensión y como antitrombótico.

• 4.3.1 Efecto antitrombótico

Durante la formación de un trombo / coágulo las etapas generales son la agregación de plaquetas formando un trombo plaquetario y la hidrólisis del fibrinógeno por la trombina, para generar monómeros de fibrina que posteriormente se polimerizan consolidando finalmente al coágulo (Hayes *et al.*, 2007 citado en Sabbione *et al.*, 2016; Martinuzzo, 2017). Este mecanismo ocurre cuando hay algún tipo de herida en el cuerpo; sin embargo, algunas veces éstos se forman en un vaso sanguíneo lo que obstruye la circulación de la sangre (trombosis).

Los péptidos antitrombóticos del amaranto inhiben la unión de fibrina con sus receptores específicos en las plaquetas, por lo que evitan su agregación. Además, algunos son

capaces de inhibir la enzima trombina evitando así la formación del coágulo (Hayes *et al.*, 2007 citado en Sabbione *et al.*, 2016).

● 4.3.2 Efecto antihipertensivo

La hipertensión es la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias, en donde se revisan dos valores:

1. Tensión sistólica, corresponde al momento en que el corazón se contrae o late.
2. Tensión diastólica, representa la presión ejercida sobre los vasos cuando el corazón se relaja entre un latido y otro.

El sistema renina-angiotensina (Figura 13) está involucrado en los procesos de vasodilatación y vasoconstricción; este último es importante durante la constricción de los vasos sanguíneos es un factor de riesgo en enfermedades cardiovasculares, como la hipertensión.

El hígado libera constantemente angiotensinógeno a la circulación, cuando la presión arterial disminuye el riñón libera la enzima renina a la circulación, cuando estas interactúan se forma la angiotensina I, que es inactiva. La unión de Ang I y ACE generan la forma activa de la proteína y por consiguiente se da la constricción de arterias.

A continuación, se enumeran las etapas del sistema renina-angiotensina:

1. El angiotensinógeno por medio de la enzima renina se transforma en Ang I.
2. Por medio de la ACE, la Ang I se convierte en Ang II.
3. La función biológica de la Ang II se regula dependiendo del receptor con el que se une (Ang II + AT_x). AT₁: se asocia a vasoconstricción, inflamación, crecimiento y fibrosis; AT₂: se asocia a apoptosis y vasodilatación.

(Adaptado de Wu *et al.*, 2017)

Los péptidos del amaranto por su estructura pueden unirse a ACE evitando la formación de Ang II asociada a constricción. Estos biocompuestos son generalmente cadenas polipeptídicas cortas, que pueden interactuar con el centro catalítico de la enzima o pueden unirse al complejo para inactivarlo.

Hay una segunda ruta que involucra un homólogo de la ACE, la ACE 2. Este sistema contrarresta los efectos de vasoconstricción por la inhibición de Ang II causada por la generación de Ang (1-7) (Donoghue *et al.*, 2000 citado en Wu *et al.*, 2017).

Etapas del sistema renina-angiotensina por la acción de la ACE 2:

1. El angiotensinógeno, por medio de la enzima renina se transforma en Ang I.
2. La ACE2 hidroliza la Ang I y se forma Ang (1-9) o rompe el carboxilo terminal de la Ang II formando Ang (1 - 7).
3. Ang (1 - 9) se convierte en Ang (1 - 7).
4. Ang (1 - 7) se une su receptor (Mas).
5. Vasodilatación.

(Adaptado de Wu *et al.*, 2017)

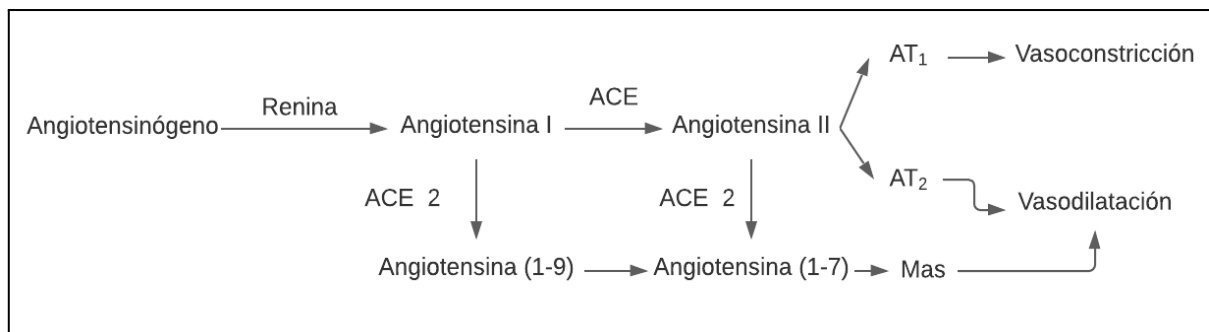


Figura 13. Sistema renina-angiotensina (Adaptado de Wu *et al.*, 2017)

Los péptidos de amaranto pueden aumentar la expresión de la enzima convertidora de angiotensina II (ACE 2), lo que favorece la vasorelajación para ayudar en el tratamiento de hipertensión y evitar el riesgo de otras enfermedades cardiovasculares (Wu *et al.*, 2017).

4.4 Antioxidantes

En los estudios revisados se observa que la soya puede tener actividad antioxidante por medio de sistemas enzimáticos (superóxido dismutasa, SOD y catalasa, CAT) y por los anillos fenólicos de las isoflavonas.

- **4.4.1 Sistemas enzimáticos**

Winarsi *et al.* (2015 y 2016) explican que después del consumo de bebida vegetal de soya fermentada, se observa un aumento en la actividad de las enzimas SOD y CAT en el cuerpo humano. Esto se puede deber a que, junto con el proceso de fermentación hay degradación de proteínas generando aminoácidos libres, por lo cual, la presencia de estos podría generar mayor síntesis de estas enzimas.

La enzima SOD se encuentra en 3 isoformas, éstas se diferencian por el metal en su centro catalítico y por su localización en la célula. SOD 1 (CuZn) se encuentra en el citosol y en la membrana de la mitocondria, SOD 2 (Mn) en la mitocondria y SOD 3 (Cu) es extracelular.

Las tres isoformas eliminan el radical superóxido (O_2^-) mediante la reacción de dismutación para producir oxígeno molecular y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el cual posteriormente se elimina por las enzimas catalasa y glutatión peroxidasa (Guzmán-Melgarejo, 2017).

La enzima catalasa (CAT) actúa principalmente en la mitocondria y en el peroxisoma, ésta descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno molecular con la ayuda del grupo hemo que se encuentra en su estructura (grupo prostético).

A continuación, se describe el mecanismo de acción de la enzima CAT:

1. Ruptura del enlace oxígeno-oxígeno en el H_2O_2 , lo que forma una molécula de agua y un oxígeno unido al hierro.
2. El grupo prostético de la enzima dona dos electrones (uno del hierro y uno de la porfirina) al oxígeno y se forma otra molécula de agua.
3. Se reduce el grupo prostético con otro H_2O_2 para formar oxígeno molecular (O_2).

(Adaptado de Guzmán-Melgarejo, 2017)

● 4.4.2 Isoflavonas

En la semilla de soya las isoflavonas son una mezcla de genisteína, daidzina y gliciteína, 60 %, 20 % y 13 %, respectivamente (Şöhretoğlu y Renda, 2020). La gliciteína es la que tiene mayor potencial de actuar para reducir la cantidad de radicales libres comparado con las otras isoflavonas (Hubert *et al.*, 2005 citado en Winarsi *et al.*, 2015).

El mecanismo por el cual pueden actuar como antioxidantes, se basa en que tienen en su estructura por lo menos un grupo hidroxilo unido a sus anillos fenólicos, estos grupos donan fácilmente hidrógeno o electrones a las especies reactivas. Posteriormente, el electrón es deslocalizado a lo largo del anillo (Figura 14).

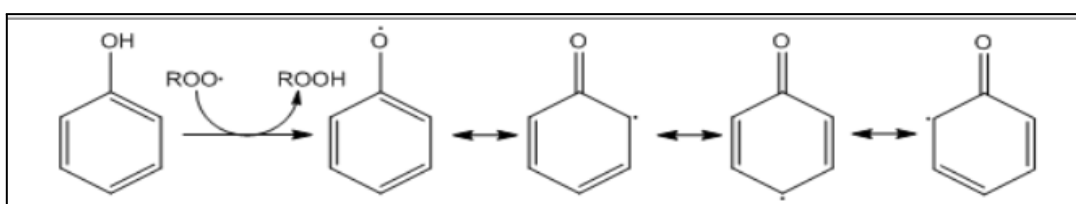


Figura 14. Mecanismo de inhibición de especies reactivas por deslocalización de electrones. (Adaptado de Dey *et al.*, 2016 citado en Guzmán-Melgarejo, 2017).

4.5 Isoflavonas como fitoestrógeno

Están compuestas por dos anillos de benceno unidos por un pirano, la estructura se encuentra unida con su respectiva aglicona, β -glucósido, malonil-glucósido o acetil-glucósido. El malonil-glucósido es el que se encuentra en mayor concentración en la soya no procesada, pero este es sensible al calor y se convierte rápidamente en acetil-glucósido o β -glucósido (Chen y Chen, 2021).

Estas isoflavonas para poder tener función de fitoestrógeno deben de transformarse S-equol, proceso que se lleva a cabo durante la digestión.

Etapas de conversión de las isoflavonas (Figura 15).

1. Mediante la acción metabólica de las enzimas gastrointestinales los precursores de isoflavonas, daidzina y genistina, se transforman en daidzeína y genisteína, respectivamente, rompiendo el enlace entre la isoflavona y el glucósido unido.
2. La fermentación de estos compuestos se hace mediante la microbiota intestinal, para poder obtener S-equol.

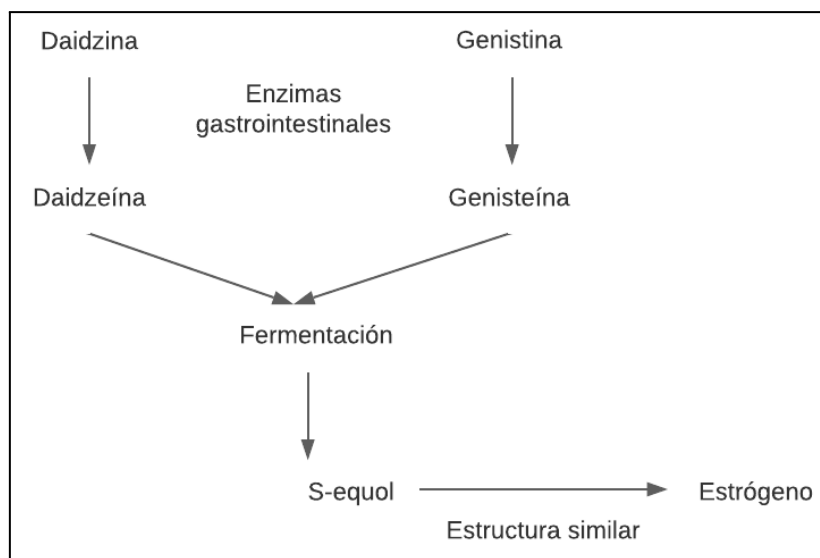


Figura 15. Conversión de isoflavonas a S-equol (Adaptado de Chen y Chen, 2021)

El S-equol es un compuesto con una estructura similar al estrógeno, este puede unirse con los receptores de estrógeno lo que ha provocado preocupación sobre la inducción de tumores estrógeno-dependientes, principalmente cáncer de mama. Sin embargo, la proliferación de las células del cáncer depende principalmente del ER α , mientras que la activación de ER β parece suprimir la proliferación de células cancerígenas inducidas por ER α (Reiter, *et al.*, 2009 citado en Chen y Chen, 2021).

A pesar de que los resultados de diversos estudios no han clarificado los mecanismos por los cuales estos compuestos actúan, se observa un efecto que podría ayudar en el tratamiento de la menopausia y en algunas otras enfermedades relacionadas con estrógeno y la presencia del ER β .

Discusión de resultados

Coloquialmente el término “superalimento” se utiliza para describir alimentos que se consideran particularmente benéficos para la salud humana por su alto contenido de nutrientes, como: vitaminas, antioxidantes, proteínas, minerales o fibra. Particularmente alimentos no tradicionales se denominan “superalimentos”, por el contrario, no hay una definición científica o legal para “superalimento”, se recomienda la denominación de “alimento funcional”, debido a que el término es aprobado por la comunidad científica.

Este tipo de declaraciones, conocidas como declaraciones de salud, son reguladas en algunos países. De manera general, para adicionarse en el etiquetado se debe presentar evidencia que respalde el efecto positivo en la salud más allá de la nutrición básica.

Con la finalidad de identificar el impacto de estos alimentos en los consumidores Liu *et al.* (2021) y Lucas *et al.* (2021), realizaron estudios enfocados en esta área. Observaron que las personas creen en el beneficio que se les atribuye, cuando se brinda información esto favorece en su elección, y evoca sentimientos positivos de autocuidado. Por otro lado, en el mercado es común encontrar que este tipo de alimentos tengan precios elevados por lo cual también hace una distinción social, la compra de estos productos se asocia a un estilo de vida con capacidad adquisitiva.

Como ejemplo de “superalimentos”, se seleccionaron tres semillas: la chía, el amaranto y la soya, siendo parte importante de la dieta por su contenido nutrimental.

Con respecto a la composición de los alimentos, el avance de la tecnología ha permitido conocer no sólo el contenido de macrocomponentes en los alimentos, sino que actualmente también se pueden determinar aquellos que se encuentran en concentraciones muy pequeñas (vitaminas, nutrimentos inorgánicos y otros compuestos bioactivos), gracias a esto, hoy en día se puede asociar a éstos componentes el efecto observado de un “alimento funcional” o “superalimento”.

Para poder determinar si la chía, el amaranto y la soya se pueden denominar “superalimentos” se realizó una revisión. Los resultados obtenidos se resumen en las Tabla 5.

| Chía | |
|--|---|
| Semilla entera | Mejora en la sensibilidad a la insulina, tolerancia a la glucosa en ayuno y reducción de la concentración de glucosa en plasma. |
| Fibra | Reducir velocidad de absorción de lípidos y carbohidratos |
| ALA | Aumento de oxidación de ácidos grasos |
| Lípidos | Regulación de metabolismo de lípidos por PAAR α y CPT1A |
| | Aumento de HDL-c y disminución de LDL-c, CT y TAG |
| Amaranto | |
| Lípidos (escualeno, tocoferoles, fosfolípidos y fitoesteroles) | Inhibición de LDL, VLDL y CT |
| | Disminución de resistencia a la insulina |
| | Actividad antioxidante |
| Péptidos | Aumento de ACE e inhibición de Ang I |
| | Inhibición de la unión de fibrinógeno |
| | Inhibición de DPPIV y aumentando la secreción de insulina |
| Soya | |
| Proteínas | Disminución de CT, LDL-c y VLDL-c |
| Péptidos | Inhibición de Ang I |
| | Aumento de masa muscular |
| | Reducción de proteína C reactiva y factor de necrosis tumoral |
| | Aumento de función del sistema antioxidante enzimático |
| Fitoesteroles e isoflavonas | Aumento de HDL-c |
| Fitoesteroles | Disminución de absorción de colesterol |
| Isoflavonas | Función antioxidante |
| | Tratamiento para menopausia |

Tabla 5. Resumen de efectos observados.

Con el análisis realizado de composición se puede hacer la relación compuesto/efecto, sin embargo, es importante resaltar que estos van a tener un impacto en la salud gracias al metabolismo y la integración de estas sustancias a los sistemas y rutas bioquímicas del organismo.

Gracias a su contenido de ácido α -linolénico, el consumo de chía puede ayudar en el tratamiento y prevención de enfermedades relacionadas con la acumulación de lípidos en sangre y órganos. También tiene un alto contenido de fibra que reduce la absorción de

lípidos y carbohidratos, y la sensibilidad a la insulina. Estos beneficios ayudan en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y control del peso corporal.

Los péptidos que se liberan de las proteínas nativas del amaranto presentan beneficios en padecimientos relacionados con la circulación sanguínea, actuando sobre el sistema renina-angiotensina. Debido al alto contenido carbohidratos, principalmente de almidón, podría afectar la absorción de los compuestos bioactivos, por lo cual sería recomendable consumir las fracciones proteicas y lipídicas separadas con el fin de que se puedan obtener los beneficios atribuidos a estos compuestos.

La soya es la que más se ha estudiado con pruebas en humanos. Su fracción proteica es de gran importancia tanto cuantitativa como cualitativa, ya que pueden ayudar al sistema antioxidante por medio de sistemas enzimáticos y por deslocalización de electrones. Por otro lado, los estudios de las isoflavonas de la soya con respecto a su función como fitoestrógeno pueden ayudar en el tratamiento de la menopausia y los síntomas que se presentan con ella.

Finalmente se encontró que los tres alimentos (la chía, el amaranto y la soya) modifican el perfil de lípidos, aumentando HDL y disminuyendo LDL, colesterol total y triacilgliceroles en circulación. La dislipidemia es el aumento de la concentración plasmática de colesterol y lípidos en la sangre, principalmente LDL. Para reducir este efecto, el HDL los transporta al hígado para su almacenamiento o eliminación.

El aumento de LDL en circulación se encuentra asociado al desarrollo de padecimientos como obesidad, hipertensión, diabetes mellitus, infarto agudo al miocardio y eventos vasculares cerebrales.

Todos estos beneficios tienen un gran potencial en la población mexicana, esto debido al incremento de población con enfermedades relacionadas con el síndrome metabólico, el cual se vincula con la obesidad y el sedentarismo. Los factores involucrados en el síndrome metabólico son: la obesidad, alta presión arterial, alteración de la glucosa en sangre en ayuno, altos niveles de triacilgliceroles y bajos niveles de colesterol HDL. Esta condición incrementa el riesgo de desarrollar diabetes y enfermedades cardiovasculares, las cuáles son caracterizadas como las principales causas de mortalidad en México.

De manera general, se cree que estos alimentos ayudan a la salud, pero es importante considerar que también tienen un aporte calórico en la dieta; por lo tanto, al igual que todos

los alimentos su consumo debe ser de acuerdo con las porciones recomendadas con la Secretaría de Salud (2010).

De acuerdo con los trabajos revisados, se observa que los estudios más recientes sobre la chía y amaranto se han realizado principalmente en modelos animales e *in vitro*, por lo que se recomendaría hacer más pruebas en personas con el fin de confirmar si los resultados son similares a los de los modelos.

Las principales diferencias entre los estudios revisados se deben a factores particulares de la dieta y factores externos como padecimiento de enfermedades, sexo, tiempo de duración, forma de consumo, por mencionar algunos. En próximos estudios sería recomendable empezar a determinar las porciones y formas de consumo para obtener los beneficios anteriormente mencionados.

Esta revisión muestra que el consumo de la chía, el amaranto y la soya aporta un beneficio a la salud. Sin embargo, estos alimentos sólo son algunos ejemplos, ya que, en la actualidad hay más productos que se denominan “superalimentos”. Se podrían hacer estudios en más alimentos de esta categoría para informar a los consumidores de los efectos que se pueden obtener.

Conclusiones

- El amaranto, la chía y la soya son alimentos que por su composición podrían otorgar beneficios a la salud, sin embargo se debe de estudiar más sobre las formas de consumo para obtener el mayor información acerca de su efecto benéfico.
- El término “superalimento”, se determina por la mercadotecnia, es utilizado en productos que por su composición ayudan a las funciones normales de la salud. Este tipo de productos están enfocados para consumidores que buscan mejorar su calidad de vida, pero se debe de puntualizar que no son cura para enfermedades.
- La elección de productos depende de factores tanto internos como externos, pero un factor importante que está en manos de la industria de alimentos es el etiquetado nutrimental y las declaraciones que se hacen, ya que para los consumidores esta es la primera impresión del producto.
- En el caso de los tres alimentos estudiados, a más de un componente se le atribuye el efecto positivo en la salud. En el caso de la chía los componentes de interés fueron la fibra y la fracción lipídica, específicamente el contenido de ALA. Para el amaranto fueron las proteínas y los fitoesteroles. Finalmente en la soya la fueron la fracción proteica, los fitoesteroles e isoflavonas.
- La ingesta de los componentes bioactivos como parte del consumo de alimentos que los contienen se incorporan a una o varias rutas metabólicas y como consecuencia se observan cambios benéficos para la salud.
- Se cuenta con investigaciones que respaldan los beneficios a la salud que brindan la chía, el amaranto y la soya, sin embargo, no se considera conveniente nombrarlos “superalimentos”, para estos alimentos se propone el término “alimento funcional” de acuerdo con la definición de la FAO.

Anexo I

Composición química de chía, amaranto y soya por porción de acuerdo con la Secretaría de Salud 2010.

| Componente | Chía (semilla seca) (g/ 14 g) | <i>A. cruentus.</i> (g/ 30g) | <i>A. hypochondriacus.</i> (g/ 30 g) | Soya entera cocida (g/ 45 g) | Soya entera texturizada (g/ 35 g) |
|-----------------------------|---|--|--|---|---|
| Agua | 0.98 | 3.00 | 2.49 | 4.09 | 3.18 |
| Proteína | 3.06 | 4.26 | 4.97 | 17.12 | 13.31 |
| Ceniza | 0.64 | 0.82 | 0.81 | 2.20 | 1.71 |
| Lípidos | 3.43 | 1.61 | 2.03 | 9.04 | 7.03 |
| Carbohidratos Totales | 5.89 | 20.29 | 18.42 | 13.89 | 10.80 |
| Fibra dietética | 4.85 | 3.31 | 2.46 | 6.40 | 4.97 |
| Carbohidratos digeribles | 1.04 | 16.98 | 15.96 | 7.49 | 5.83 |
| Aporte calórico (kcal) | 47.27 | 99.45 | 101.99 | 179.80 | 139.83 |
| Referencias | Porras-Loaiza <i>et al.</i> , 2013; USDA, 2019a | Dyner <i>et al.</i> , 2007; Bodroza-Solarov <i>et al.</i> ,2008; Bianchini <i>et al.</i> , 2014 | Marcone, 2000; López-Mejía <i>et al.</i> , 2013; Temesgen y Bultosa, 2017 | Redondo-Cuenca <i>et al.</i> , 2007; Barros <i>et al.</i> , 2014; USDA, 2019c | |

Bibliografía

- Abreu y Abreu, A. T., Milke-García, M. P., Argüello-Arévalo G. A., Calderón-de la Barca A. M., Carmona-Sánchez, R. I., Consuelo-Sánchez, A., Coss-Adame, E., García-Cedillo, M. F., Hernández-Rosiles, V., Icaza-Chávez, M. E., Martínez-Medina, J. N., Morán-Ramos, S., Ochoa-Ortiz, E., Reyes-Apodaca, M., Rivera-Flores, R.L., Zamarripa-Dorsey, F., Zárate-Mondragón, F. y Vázquez-Frias, R. (2021). Dietary fiber and the microbiota: A narrative review by a group of experts from the Asociación Mexicana de Gastroenterología. *Revista de Gastroenterología de México (English Edition)*, 86(3), 287–304.
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (2018). La soya oleaginosa de importancia mundial. [en línea] (Actualizado al 12 de Septiembre del 2018) <https://bit.ly/3P7RXyJ> [Último acceso 25 de abril de 2021]
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (2018) La soya oleaginosa de importancia mundial. Consultado el 18 de noviembre del 2021 <https://bit.ly/31eWonD>
- Aguilera, J. M. (2019). The food matrix: implications in processing, nutrition and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3612–3629.
- Akash, N. , Leslie, S., Brundha, .M P. (2020) Awareness on benefits of chía seeds among college students *Drug Invention Today*, 14(2), pp. 348–351. <https://bit.ly/3Dh9wFM>
- Alamri, E. (2019). The Influence of Two Types of Chia Seed on Some Physiological Parameters in Diabetic Rats. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 8(3), 131–136.
- Amigo, M. (2007) Efecto de la desglicosilación enzimática en la antigenicidad del alérgeno β -conglucina (7S globulina) de soja [Diploma de estudios avanzados, Universidad Autónoma de Madrid] <https://bit.ly/3z0D1tN>
- Aphalo, P., Martínez, E. N., & Añón, M. C. (2015). Amaranth Sprouts: A Potential Health Promoting and Nutritive Natural Food. *International Journal of Food Properties*, 18(12), 2688–2698. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1080/10942912.2015.1004585>
- Arteaga Sánchez, L., & Tovar Palacio, A. R. (2021). Efecto del compuesto bioactivo genisteína sobre la sensibilidad a la insulina en sujetos adultos con obesidad.

- Arterburn, L. M., Hall, E. B., & Oken, H.. (2006). Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), 1467S–1476S. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1093/ajcn/83.6.1467s>
- Assad, R., Reshi, Z. A., Jan, S., & Rashid, I. (2017). Biology of Amaranth. *BOTANICAL REVIEW*, 83(4), 382–436.
- Aulisa, G., Binda, C., Padua, E., Pratesi, A., Bellia, A., Bellia, C., Lombardo, M. (2020) If we eat soy, do we keep the beneficial effects of the Mediterranean diet?. *Nutrition and Food Science* Vol. 50 No. 6 p 1099-1108 <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1108/NFS-10-2019-0322>
- Ayerza, R. y Coates, W. (2005). Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat. *Nutrition Research*, 25(11), 995–1003. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2005.09.013>
- Azam, M., Zhang, S., Qi, J., Abdelghany, A.M., Shaibu, A.S., Ghosh, S., Feng, Y., Huai, Y., Gabregziabher, B.S., Li, J. Li, B., Sun, J. (2021) Profiling and associations of seed nutritional characteristics chinese and USA soybean cultivars. *Journal of food composition and analysis* 98(2021) 103803. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103803>
- Barros, É. A. de, Broetto, F., Bressan, D. F., Sartori, M. M. P., Costa, V. E. (2014). Chemical composition and lipoxygenase activity in soybeans (*Glycine max* L. Merr.) submitted to gamma irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 98, 29–32. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.12.040>
- Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009) *Food Chemistry* (4° edición) Springer
- Bender, D. (2014). *Nutrition : A Very Short Introduction*. Oxford Oxford University Press -06-01. <https://bit.ly/35il3cZ>
- Bianchini, M. das G. de A., Beleia, A. del P., & Bianchini, A. (2014). Changes in chemical composition of whole flours from grains amaranth after different thermal treatments. *Ciencia Rural*, 44(1), 167–173. <https://bit.ly/3C7V5EU>
- Bodroza-Solarov, M., Filipcev, B., Kevresan, Z., Mandic, A., & Simurina, O. (2008). Quality of bread supplemented with popped *Amaranthus cruentus* grain. *Journal of Food Process Engineering*, 31(5), 602–618. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00177.x>
- Bricarello, L. P., Kasinski, N., Bertolami, M. C., Faludi, A., Pinto, L. A., Relvas, W. G., Izar, M. C., Ihara, S. S., Tufik, S., & Fonseca, F. A. (2004). Comparison between the effects of soy milk and non-fat cow milk on lipid profile and lipid peroxidation in

- patients with primary hypercholesterolemia. *Nutrition*, 20(2), 200–204. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.nut.2003.10.005>
- Brútsch, L., Stringer, F. J., Kuster, S., Windhab, E. J., & Fischer, P. (2019). Chia seed mucilage - a vegan thickener: isolation, tailoring viscoelasticity and rehydration. *Food & Function*, 10(8), 4854–4860. <https://bit.ly/31n1Jt0>
 - Burdge, G. C. (2006). Metabolism of alpha-linolenic acid in humans. *PROSTAGLANDINS LEUKOTRIENES AND ESSENTIAL FATTY ACIDS*, 75(3), 161–168. <https://bit.ly/3Hwp5v7>
 - Burdge, G. C. (2006). Metabolism of alpha-linolenic acid in humans. *Prostaglandins Leukotrienes And Essential Fatty Acids*, 75(3), 161–168. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.plefa.2006.05.013>
 - Bustamante-Rangel, M., Delgado-Zamarreño, M. M., Pérez-Martín, L., Rodríguez-Gonzalo, E., Domínguez-Álvarez, J. (2018) Analysis of isoflavones in food. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 17, 391-411.
 - Capuano, E., y Janssen, A. E. M. (2021). Food Matrix and Macronutrient Digestion. *Annual Review of Food Science & Technology*, 12(4), 193–212. <https://bit.ly/3oijL8m>
 - Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC). (2022). Tromboembolismo venoso (coágulos de sangre). [en línea] (Actualizado al 14 de abril del 2022) <https://bit.ly/3Pasowj> [Último acceso el 19 de marzo de 2022]
 - Chen, L. R. y Chen, K. C. (2021). Utilization of Isoflavones in Soybeans for Women with Menopausal Syndrome: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3212), 3212. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.3390/ijms22063212>
 - Cherkas, A., Zarkovic, K., Cipak Gasparovic, A., Jaganjac, M., Milkovic, L., Abrahamovych, O., Yatskevych, O., Waeg, G., Yelisyeyeva, O., & Zarkovic, N. (2018). Amaranth oil reduces accumulation of 4-hydroxynonenal-histidine adducts in gastric mucosa and improves heart rate variability in duodenal peptic ulcer patients undergoing *Helicobacter pylori* eradication. *Free Radical Research*, 52(2), 135–149. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1080/10715762.2017.1418981>
 - Choi, J., Won, S. B., & Kwon, Y. H. (2020). Maternal Consumption of a Low-Isoflavone Soy Protein Isolate Diet Accelerates Chemically Induced Hepatic Carcinogenesis in Male Rat Offspring. *Nutrients*, 12(2), 571. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.3390/nu12020571>

- Cicero, A. F. G., Minardi, M., Mirembe, S., Pedro, E. y Gaddi, A. (2004). Effects of a new low dose soy protein/ β -sitosterol association on plasma lipid levels and oxidation. *European Journal of Nutrition (Print)*, 43(5), 319–322.
- Clemens von Schacky. (2021). Importance of EPA and DHA Blood Levels in Brain Structure and Function. *Nutrients*, 13(1074), 1074. <https://bit.ly/3xRscur>
- Codex Alimentarius (2013) Nutrition and Health Claims (CAC/GL 23-1997) <https://bit.ly/3lu9wMB>
- CONABIO. (s/f). Glycine max. 19 de marzo del 2022, de CONABIO Sitio web: <https://bit.ly/3Avq4fm>
- Cuevas, A. y Alonso, R. (2016) Dislipidemia diabética, *Rev. Med. Clin. Condes*, 27(2) 152-159 <https://bit.ly/2VxRxuv>
- Cupisti, A., Ghiadoni, L., D’Alessandro, C., Kardasz, I., Morelli, E., Panichi, V., Barsotti, G., Taddei, S., Salvetti, A., Locati, D., Morandi, S., Arnoldi, A., & Saba, A. (2007). Soy protein diet improves endothelial dysfunction in renal transplant patients. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 22(1), 229–234. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1093/ndt/gfl553>
- Czerwinski, J., Bartnikowska, E., Leontowicz, H., Lange, E., Leontowicz, M., Katrich, E., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2004). Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(10), 622–629. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.jnutbio.2004.06.002>
- da Silva, B. P., Anunciação, P. C., Matyelka, J. C. da S., Della Lucia, C. M., Martino, H. S. D., & Pinheiro-Sant’Ana, H. M. (2017). Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. *Food Chemistry*, 221, 1709–1716. <https://bit.ly/3tpLmFT>
- de Luna Jimenez, A. (2006) Valor nutritivo de la proteína de soya. *Investigación y ciencia*, 14 (36) 29-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67403606>
- Delicato, C., Salvatore, F. P., Contó, F. (2019) Consumers’ Understanding of Healthy Foods: The evidence of superfoods in Belgium. 8th AIEAA Conference “Tomorrow’s food: Diet transition and its implications on health and the environment” Pisonia, Italia.
- Dong, S., Zhang, R., Ji, Y.-C., Hao, J.-Y., Ma, W.-W., Chen, X.-D., Xiao, R., & Yu, H.-L. (2016). Soy milk powder supplemented with phytosterol esters reduced serum cholesterol level in hypercholesterolemia independently of lipoprotein E genotype: a

random clinical placebo-controlled trial. *Nutrition Research*, 36(8), 879–884. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.nutres.2016.05.006>

- Duarte Anzaldo, A. G. (2011) Propiedades reológicas en disolución acuosa del mucílago extraído de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) [Tesis de licenciatura] UNAM-DGB Tesis digitales. <http://132.248.9.195/ptb2011/marzo/0667598/Index.html>
- Dyner, L., Drago, S. R., Piñeiro, A., Sánchez, H., González, R., Villaamil, E., Valencia, M. E. (2007). Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(1), 69–78.
- European parliament and of the council (2006) Nutrition and health claims made on foods. *Diario Oficial de la Unión Europea*. [en línea] Consultado 30 de noviembre del 2021 de <https://bit.ly/3Di9ptv>
- Fennema, O. R., Damodaran, S., Parkin, K. (eds.) (2008) *Fennema's food chemistry* (4° edición) CRC Press.
- Fernández-Martínez, E., Lira-Islas, I. G., Carino-Cortes, R., Soria-Jasso, L., EPerez-Hernández, E., Pérez-Hernández, N. (2019). Dietary chia seeds (*Salvia hispanica*) improve acute dyslipidemia and steatohepatitis in rats. *Journal of Food Biochemistry*, 43(9), e12986. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12986>
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (2017). *La chía, como Cultivo Alternativo*. [en línea] (Actualizado al 15 de Noviembre del 2017) <https://bit.ly/3uxeTPD> [Último acceso el 19 de abril de 2021]
- Flowers, M. T., & Ntambi, J. M. (2008). Stearoyl-CoA desaturase and its relation to high-carbohydrate diets and obesity. *Biochimica et Biophysica Acta -- Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1791(2), 85–91. <https://bit.ly/3C9y1pt>
- Garduño Díaz, S. D. (2019). *Food lipids : chemistry, nutrition and biotechnology*. Delve Publishing. <https://bit.ly/32JP4k2>
- Gins, M., Gins, V., Momyleva, S., Kulikov, I., Medvedev, S., Kononkov, P., Pivovarov, V. (2018). Mineral composition of Amaranth (*Amaranthus* L.) seeds of vegetable and grain usage by arhiv bsp selection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12(1), 330–336. <https://doi.org/10.5219/863>
- González boillos, M., Pereg, V., & Burguera, B. (2008). Novedades en terapia hipoglucemiante. *Fármacos con acción incretina. Endocrinología y Nutricion*, 55(Supplement 2), 73–77. [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/S1575-0922\(08\)76266-1](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/S1575-0922(08)76266-1)

- González, I. (2019) Nutrición [Apuntes] Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Química
- Government of Canada (s. f. a) Health claims on food labels. Nutrient function claims. [en línea] Consultado en 24 de noviembre de 2021 en <https://bit.ly/3deJnN8>
- Government of Canada (s. f. b) Health claims on food labels. Function claims. [en línea] Consultado en 24 de noviembre de 2021 en <https://bit.ly/3Ek3rcU>
- Grancieri, M., Martino, H. S. D., Gonzalez de Mejia, E. (2021). Protein Digests and Pure Peptides from Chia Seed Prevented Adipogenesis and Inflammation by Inhibiting PPAR γ and NF- κ B Pathways in 3T3L-1 Adipocytes. *Nutrients*, 13(1), 176. <https://doi.org/10.3390/nu13010176>
- Groeniger, J. O., van Lenthe, F. J., Beenackers, M. A., Kamphuis, C. B. M. (2017). Does social distinction contribute to socioeconomic inequalities in diet: the case of “superfoods” consumption. *International Journal of Behavioral Nutrition & Physical Activity*, 14, 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0495-x>
- Guzmán-Melgarejo, G. J. (2017) Antioxidantes: su importancia para la salud y usos en la industria alimenticia [Tesis de licenciatura, UNAM] Dirección general de bibliotecas- Tesis digitales. <https://bit.ly/3hPEFbQ>
- Han, K., Li, X. Y., Zhang, Y. Q., He, Y. L., Hu, R., Lu, X. L., Li, Q. J., Hui, J. (2020). Chia seed oil prevents high fat diet induced hyperlipidemia and oxidative stress in mice. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122(4), 1900443. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900443>
- Hashimoto, R., Sakai, A., Murayama, M., Ochi, A., Abe, T., Hirasaka, K., Ohno, A., Teshima-Kondo, S., Nikawa, T., Yanagawa, H., Yasui, N., Inatsugi, M., Doi, D., Takeda, M., Mukai, R., & Terao, J. (2015). Effects of dietary soy protein on skeletal muscle volume and strength in humans with various physical activities. *Journal of Medical Investigation*, 62(3), 177–183. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.2152/jmi.62.177>
- Hematdar, Z., Ghasemifard, N., Phishdad, G., & Faghih, S. (2018). Substitution of red meat with soybean but not non-soy legumes improves inflammation in patients with type 2 diabetes; a randomized clinical trial. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 17(2), 111–116.
- Hongu, N., Franklin, A. M. (2016) Chia seed. College of agriculture, University of Arizona (UA). Campus repository. <http://hdl.handle.net/10150/625408>

- Hrnčić, M. K., Ivanovski, M., Cor, D., Knez, Z. (2020). Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.): An Overview-Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *MOLECULES*, 25(1). <https://doi.org/10.3390/molecules25010011>
- Hulver, M. W., Berggren, J. R., Carper, M. J., Miyazaki, M., Ntambi, J. M., Hoffman, E. P., Thyfault, J. P., Stevens, R., Dohm, G. L., Houmard, J. A., & Muoio, D. M. (2005). Elevated stearoyl-CoA desaturase-1 expression in skeletal muscle contributes to abnormal fatty acid partitioning in obese humans. *Cell Metabolism*, 2(4), 251–261. <https://bit.ly/3MhjY5J>
- Iftikhar, Maryam & Khan, Majid. (2019). Amaranth. 10.1007/978-981-13-6167-8_13.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2021) Características de las defunciones registradas en México durante enero a agosto de 2020. Comunicado de prensa Núm 61/21. [en línea] Consultada 12 de agosto del 2021 en <https://bit.ly/3G8dRNk>
- Jackson R. L., Greiwe J. S., Schwen R. J. (2011) Emerging evidence of the health benefits of S-equol, an estrogen receptor β agonist. *Nutrition Reviews* 69(8) 432-448 <https://bit.ly/3gTIHOW>
- Jacob, L. M. (2020). Soybean. Salem Press Encyclopedia. <https://bit.ly/3EnCjcx>
- Jin, F., Nieman, D., Sha, W., Xie, G., Qiu, Y., Jia, W. (2012). Supplementation of Milled Chia Seeds Increases Plasma ALA and EPA in Postmenopausal Women. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67(2), 105–110. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0286-0>
- Johnson, L. A., White, P. J., Galloway, R. (2008). Soybeans : chemistry, production, processing, and utilization. AOCS Press.
- Juárez Barroso, L. A. (2014) Estudio sobre la legislación y normatividad de alimentos funcionales. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México] UNAM-DGB Tesis digitales <http://132.248.9.195/ptd2014/enero/0707250/Index.html>
- Kanikowska, D., Kanikowska, A., Rutkowski, R., Wlochal, M., Orzechowska, Z., Juchacz, A., Zawada, A., Grzymislawski, M., Roszak, M., Sato, M., Breborowicz, A., & Witowski, J. (2019). Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and canola (*Brassica napus* L.) oil impact on the oxidative metabolism of neutrophils in the obese patients. *Pharmaceutical Biology*, 57(1), 140–144. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1080/13880209.2019.1569696>

- Khowala. S., Verma, D., Banik, S. P. (2008) Biomolecules (Introduction, structure and function) Carbohydrates, Indian Institute of Chemical Biology https://www.researchgate.net/publication/200787272_Carbohydrates#:~:text=is%20a%20included-,Definition,aldehydes%20and%20ketones.
- Kim, H. J., Miyazaki, M., y Ntambi, J.M.(2002). Dietary cholesterol opposes PUFA-mediated repression of the stearoyl-CoA desaturase-1 gene by SREBP-1 independent mechanism. *Journal of Lipid Research*, 43(10), 1750–1757. <https://bit.ly/3tlC0v6>
- Kraujalis, P., Venskutonis, P. R., Pukalskas, A., Kazernavičiūtė, R. (2013). Accelerated solvent extraction of lipids from *Amaranthus* spp. seeds and characterization of their composition. *LWT - Food Science and Technology*, 54(2), 528–534. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.06.014>
- Kulczynski, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., Gramza-Michalowska, A. (2019). The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds-Current State of Knowledge. *Nutrients*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/nu11061242>
- Labanca, R. A., Svelander, C., Alminger, M., Yildiz, F. (2019). Effect of particle size of chia seeds on bioaccessibility of phenolic compounds during in vitro digestion. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1694775>
- Lafont, J. J., Durango, L. C., Aramendiz, H. (2014). Estudio Químico Del Aceite Obtenido A Partir De Siete Variedades De Soya (*Glycine Max L.*). *Información tecnológica*, 25(2), 79-86. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000200009>
- Latham, M.C. (2002) *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Capítulo 9 Macronutrientes: carbohidratos, grasas y proteínas. FAO
- Liu, H., Meng-Lewis, Y., Ibrahim, F., y Zhu, X. (2021). Superfoods, super healthy: Myth or reality? Examining consumers' repurchase and WOM intention regarding superfoods: A theory of consumption values perspective. *Journal of Business Research*, 137, 69–88. <https://bit.ly/3xMUS7S>
- López-Mejía, O.A., López-Malo, A., Palou, E. (2013) Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus L.*) seeds or leaves. *Elsevier*, 0926-6690, 55-59. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.017>
- Lucas, B. F., Costa, J. A. V., & Brunner, T. A. (2021). Superfoods: drivers for consumption. *Journal of Food Products Marketing*, 27(1), 1–9. <https://bit.ly/31oic03>

- Maleki, Z., Jazayeri, S., Eslami, O., Shidfar, F., Hosseini, A. F., Agah, S., & Norouzi, H. (2019). Effect of soy milk consumption on glycemic status, blood pressure, fibrinogen and malondialdehyde in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 44, 44–50. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.ctim.2019.02.020>
- Małgorzata Moszak, Agnieszka Zawada, Aldona Juchacz, Marian Grzymistawski, & Paweł Bogdański. (2020). Comparison of the effect of rapeseed oil or amaranth seed oil supplementation on weight loss, body composition, and changes in the metabolic profile of obese patients following 3-week body mass reduction program: a randomized clinical trial. *Lipids in Health and Disease*, 19(1), 1–11. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1186/s12944-020-01330-7>
- Marcone, M. F. (2000). First report of the characterization of the threatened plant species *Amaranthus pumilus* (seabeach amaranth). *Journal of Agricultural and Food Chemistry (impreso)*, 48(2), 378–382.
- Martinuzzo, M. (2017) Sistema de coagulación, *Hematología*, 21, 31-42 <https://bit.ly/2VL3sFc>
- Martirosyan, D. M., Miroshnichenko, L. A., Kulakova, S. N., Pogojeva, A. V., & Zoloedov, V. I. (2007). Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids in Health and Disease*, 6(Jan.), 12. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1186/1476-511X-6-1>
- Mayo Clinic (2020) Trombosis venosa profunda (TVP) <https://mayocli.in/3etle5t> [Ultima revisión 22 de Julio del 2021]
- Medina-Urrutia, A., Lopez-Urbe, A. R., El Hafidi, M., González-Salazar, M. del C., Posadas-Sánchez, R., Jorge-Galarza, E., del Valle-Mondragón, L., Juárez-Rojas, J. G. (2020). Chia (*Salvia hispanica*)-supplemented diet ameliorates non-alcoholic fatty liver disease and its metabolic abnormalities in humans. *Lipids in Health & Disease*, 19(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12944-020-01283-x>
- Ministry of health, laboue and welfare (s.f) Food for specified health uses (FOSHU) [en línea] Consultado el 24 de noviembre del 2021 de <https://bit.ly/3lhzMDF>
- Mitra, H., Rasoul, S., Awat, F., Maryam, M., Sara, K., y Reza, G. (2015). The effect of probiotic soy milk and soy milk on anthropometric measures and blood pressure in patients with type II diabetes mellitus: A randomized double-blind clinical trial. *ARYA Atherosclerosis*, 0, 74–80.

- Moghaddam A. S., Mohammad H. E., Bijan I., Gholam R. A., Mohammad Reza M. (2014). The effects of consumption of bread fortified with soybean flour on metabolic profile in type 2 diabetic women: A cross-over randomized controlled clinical trial. *International Journal of Preventive Medicine*, 5(12), 1529–1536.
- Mohammad, S. M., Mowla, K., Haidari, F., Zarei, M., & Choghakhori, R. (2016). Soy milk consumption, markers of inflammation and oxidative stress in women with rheumatoid arthritis: A randomised cross-over clinical trial. *Nutrition & Dietetics*, 73(2), 139–145. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1111/1747-0080.12174>
- Montes Chañi, E. M., Pacheco, S. O. S., Martínez, G. A., Freitas, M. R., Ivona, J. G., Ivona, J. A. Craig, W. J., Pacheco, F. J. (2018). Long-Term Dietary Intake of Chia Seed Is Associated with Increased Bone Mineral Content and Improved Hepatic and Intestinal Morphology in Sprague-Dawley Rats. *Nutrients*, 10(7), 922. <https://doi.org/10.3390/nu10070922>
- Montoya, R. A., Gómez, F. M. A., Reyes, M. C., Milán, C. J., González de Mejía, E. (2015). Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety*, 14(2), 139–158. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12125>
- Muñoz, A. M., Alvarado-Ortiz, U. C., Encina, C. (2011) Fitoesteroles y fitoestanoles: propiedades saludables, *Revista horizonte médico*, 11(2), 93-100. <https://bit.ly/36wn0iK>
- Nakai, S., Fujita, M., Kamei, Y. (2020) Health promotion effects of soy isoflavones, *J Nutr Sci Vitaminol*, 66, 502-507. <https://bit.ly/3AJsLYi>
- Narayan, B., Miyashita, K., & Hosakawa, M. (2006). Physiological effects of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) – a review. *Food Reviews International*, 22(3), 291–307. <https://doi.org/10.1080/87559120600694622>
- Nikolaevsky, V. A., Martirosyan, D. M., Muzalevskaya, E. N., Miroshnichenko, L. A., & Zoloedov, V. I. (2014). Hepatotropic, antioxidant and antitoxic action of amaranth oil. *Functional Foods in Health & Disease*, 4(5), 159–171.
- Norma Oficial Mexicana (1994) NOM-086-SSA1-1994 Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Epecificaciones nutrimentales. Diario Oficial de la Federación [en línea] Consultado 1 de diciembre de 2021 de <https://bit.ly/3ppK3VF>

- Norma Oficial Mexicana (2020) NOM-051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria. Diario Oficial de la Nación [en línea] Consultado 1 de diciembre de 2021 de <https://bit.ly/31oQpfw>
- Ogrodowska, D., Zadernowski, R., Czaplicki, S., Derewiaka, D., Wronowska, B. (2014). Amaranth Seeds and Products The Source of Bioactive Compounds. Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences, 64(3), 165–170. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0095-z>
- Oliva, M. E., Ferreira, M. del R., Joubert, M. B. V., D'Alessandro, M. E., Alessandro, M. E (2021). Salvia hispanica L. (chia) seed promotes body fat depletion and modulates adipocyte lipid handling in sucrose-rich diet-fed rats. Food Research International, 139, 109842. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109842>
- Ontiveros, N., Lopez-Teros, V., Vergara-Jimenez, M. D. J., Islas-Rubio, A. R., Cardenas-Torres, F. I., Cuevas-Rodriguez, E. O., Reyes-Moreno, C., Granda-Restrepo, D. M., Lopera-Cardona, S., Ramirez-Torres, G. I., & Cabrera-Chavez, F. (2020). Amaranth-hydrolyzate enriched cookies reduce the systolic blood pressure in spontaneously hypertensive rats. Journal of Functional Foods, 64, 103613. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.jff.2019.103613>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Hipertensión . [en línea] (Actualizado al 25 de agosto del 2021) <https://bit.ly/3PcQJ4M> [Último acceso el 22 de Octubre del 2022]
- Page, R. C. L (2008) Insulin, other hypoglycemic drugs and glucagon. Side effects of drugs annual, 30, 494-506 <https://bit.ly/3wNDL3F>
- Paredes Delgado, B. (2013) Detección de organismo genéticamente modificados en productos de maíz o soya utilizando la reacción de cadena polimerasa (PCR) [Tesis de licenciatura] UNAM-DGB Tesis Digitales <http://132.248.9.195/ptd2013/marzo/0690491/Index.html>
- Paredes-López, O. (2018). Amaranth biology, chemistry, and technology (First edition). CRC Press. <https://cutt.ly/Jny84wd>
- Paško, P., Bartoń, H., Zagrodzki, P., Chłopicka, J., Iżewska, A., Gawlik, M., Gawlik, M., & Gorinstein, S. (2011). Effect of amaranth seeds in diet on oxidative status in plasma and selected tissues of high fructose-fed rats. Food Chemistry, 126(1), 85–90. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.foodchem.2010.10.08>

- Peña-Levano, L., Adams, C., Burney, S. (2021) Latin America's superfood economy: Producing and Marketing Açaí, Chia seeds, and Maca root. *Choices: The Magazine of Food, Farm & Resource Issues*, [s. l.], v. 25, p. 1–6. <https://cutt.ly/KvGCoZ1>
- Porrás-Loaiza, P., Jiménez-Munguía, M. T., Sosa-Morales, M. E., Palou, E., López-Malo, A. (2013) Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1111/ijfs.12339>
- Poudyal, H., Panchal, S. K., Waanders, J., Ward, L., Brown, L. (2012). Lipid redistribution by α -linolenic acid-rich chia seed inhibits stearoyl-CoA desaturase-1 and induces cardiac and hepatic protection in diet-induced obese rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 23(2), 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2010.11.011>
- Proserpi Carlos E. (s/f). Dislipidemia: síntomas, causas, tratamiento, definición y dieta. 11 de Febrero del 2022, de S.V.E.M Sitio web: <https://bit.ly/3AzLW9j>
- Redondo-Cuenca, A., Villanueva-Suarez, M. J., Rodríguez-Sevilla, M. D., & Mateos-Aparicio, I. (2007). Chemical composition and dietary fibre of yellow and green commercial soybeans (*Glycine max*). *Food Chemistry*, 101(3), 1216–1222. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.025>
- Reynaud, Y., Buffière, C., Cohade, B., Vauris, M., Liebermann, K., Hafnaoui, N., Lopez, M., Souchon, I., Dupont, D., Rémond, D. (2021) True ileal amino acid digestibility and digestible indispensable amino acid scores (DIAASs) of plant-based protein foods. *Food chemistry* 338(2021) 128020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128020>
- Riggins, C. W., y Mumm, R. H. (2021). Amaranths. *Current Biology: CB*, 31(13), R834–R835. <https://bit.ly/3K5kMZm>
- Rowlands, J. C., & Hoadley, J. E. (2006). FDA perspectives on health claims for food labels. *Toxicology*, 221(1), 35–43. <https://bit.ly/3sCZc8E>
- Ruíz Alonso, L. (2016) Fibra dietética: definición, beneficios y métodos de cuantificación [Tesis de licenciatura] UNAM-DGB Tesis digitales <https://bit.ly/3HBYjS4>
- Sabbione, A. C., Nardo, A. E., Anon, M. C., & Scilingo, A. (2016). Amaranth peptides with antithrombotic activity released by simulated gastrointestinal digestion. *Journal*

of Functional Foods, 20, 204–214.
<https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.jff.2015.10.015>

- Sabbione, A. C., Rinaldi, G., Anon, M. C., & Scilingo, A. A. (2015). Antithrombotic effects of *Amaranthus hypochondriacus* proteins in rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(1), 19–27.
<https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/s11130-015-0517-2>
- SADER (2020a) Amaranto, un cultivo ancestral y de alto valor nutricional <https://bit.ly/2UrGyT6> [Última revisión 22 de Julio del 2021]
- SADER (2020b) Cultivo de chíá en zacatecas <https://bit.ly/3hVsOcl> [Última revisión 22 de Julio del 2021]
- Sánchez-López, F., Robles-Olvera, V. J., Hidalgo-Morales, M., Tsopmo, A. (2020) Characterization of *Amaranthus hypochondriacus* seed protein fractions, and their antioxidant activity after hydrolysis with lactic acid bacteria. *Journal of Cereal Science*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103075>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Amaranto, un cultivo ancestral y de alto valor nutricional.[en línea] (Actualizado al 20 de Enero del 2022) <https://bit.ly/3RfWkZL> [Último acceso 3 de febrero de 2022]
- Secretaría de Salud (2010) Guía de alimentos para la población mexicana. <https://cutt.ly/vvLJdAm>
- Sedaghat, A., Shahbazian, H., Rezazadeh, A., Haidari, F., Jahanshahi, A., Mahmoud Latifi, S., & Shirbeigi, E. (2019). The effect of soy nut on serum total antioxidant, endothelial function and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Diabetes & Metabolic Syndrome*, 13(2), 1387–1391.
<https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.dsx.2019.01.057>
- SEMARNAT (2019a) Canasta básica de alimentos. <https://www.gob.mx/canastabasica> [Última revisión 22 de Julio del 2021]
- SEMARNAT (2020b) Consumo aparente de los principales cultivos de granos y oleaginosas. <https://cutt.ly/gvGX0HD> [Última revisión 15 de febrero del 2022]
- Shi, H., Nam, P. K., Ma, Y. (2010) Comprehensive profiling of isoflavones, phytosterols, tocopherols, minerals, crude protein, lipid, and sugar during soybean (*Glycine max*) germination. *J. Agric. Food Chem.* 58(8) 4970-4976.
<https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1021/jf100335j>
- Silva, B. P. da, Dias, D. M., Moreira, M. E. de C., Toledo, R. C. L., Matta, S. L. P. da, Lucia, C. M. D., Martino, H. S. D., Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2016). Chia seed shows

good protein quality, hypoglycemic effect and improves the lipid profile and liver and intestinal morphology of Wistar rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(3), 225–230. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0543-8>

- Singh, H., y Gallier, S. (2014). Chapter 2 - Processing of Food Structures in the Gastrointestinal Tract and Physiological Responses. *Food Structures, Digestion and Health*, 51–81. <https://bit.ly/32YLSkZ>
- Şöhretoğlu, D., & Renda, G. (2020). Medicinal natural products in osteoporosis. *Annual Reports in Medicinal Chemistry*, 327–372. <https://bit.ly/35INSik>
- Srivastava, S., Sreerama, Y. N., & Dharmaraj, U. (2021). Effect of processing on squalene content of grain amaranth fractions. *Journal of Cereal Science*, 100. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.jcs.2021.103218>
- Suarez, S., Aphalo, P., Rinaldi, G., Anon, M. C., & Quiroga, A. (2020). Effect of amaranth proteins on the RAS system. In vitro, in vivo and ex vivo assays. *Food Chemistry*, 308, 125601. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.foodchem.2019.125601>
- Suharoschi, R., Pop, O. L., Vlaic, R. A., Muresan, C. I., Muresan, C. C., Cozma, A., Sitar-Taut, A. V., Vulturar, R., Heghes, S. C., Fodor, A., & Iuga, C. A. (2019). Chapter 3 - Dietary Fiber and Metabolism. *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications*, 59–77. <https://bit.ly/3211OYr>
- Tamargo, A., Martin, D., Hierro, J. N. del, Moreno-arribas, M. V., Muñoz, L. A. (2020). Intake of soluble fibre from chia seed reduces bioaccessibility of lipids, cholesterol and glucose in the dynamic gastrointestinal model simgi®. *Food Research International*, 137, 109364. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109364>
- Taniya, M. S., MV, R., PS, S., Krishnan, G., & S, P. (2020). Bioactive peptides from amaranth seed protein hydrolysates induced apoptosis and antimigratory effects in breast cancer cells. *Food Bioscience*, 35. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.fbio.2020.100588>
- Temesgen, A., Bultosa, G. (2017). Physicochemical Characteristics and Nutrient Composition of Three Grain Amaranth Species Grown in Hirna, Eastern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 11(1), 17–25.
- Tenore, G. C., Caruso, D., Buonomo, G., D'Avino, M., Ciampaglia, R., Novellino, E., Avino, M. d'. (2018). Plasma lipid lowering effect by a novel chia seed based nutraceutical formulation. *Journal of Functional Foods*, 42, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.007>

- Toda, T., Sugioka, Y., & Koike, T. (2020). Soybean isoflavone can protect against osteoarthritis in ovariectomized rats. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3409–3414. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/s13197-020-04374-w>
- Togashi, A. y Oikawa, S. (2021) Leaf productivity and persistence have been improved during soybean (*Glycine max*) domestication and evolution. <https://rdcu.be/cg1EZ>
- Tonstad, S., Smerud, K., & Høie, L. (2002). A comparison of the effects of 2 doses of soy protein or casein on serum lipids, serum lipoproteins, and plasma total homocysteine in hypercholesterolemic subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 78–84. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1093/ajcn/76.1.78>
- United States Department of Agriculture. (2019 a) Seeds, chia seeds, dried. Food data central.. [en línea] (Actualizado al 1 de abril del 2019) <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170554/nutrients> [Último acceso el 27 de mayo de 2021)
- United States Department of Agriculture. (2019 b) Amaranth grain, uncooked. Food data central. [en línea] (Actualizado al 1 de abril del 2019) <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170682/nutrients> [Último acceso el 27 de mayo de 2021)
- United States Department of Agriculture. (2019 c). Soybeans, mature seeds, raw. [en línea] (Actualizado al 1 de abril del 2019) <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174270/nutrients> [Último acceso el 27 de mayo de 2021)
- USDA Foreign Agricultural Service (2009) Regulations on supervision of functional foods [en línea] Consultado el 24 de noviembre del 2021 de <https://bit.ly/3ohSyCF>
- Ustunol, Z. (2015). *Applied food protein chemistry*. Wiley-Blackwell. <https://bit.ly/3leOQ4P>
- Velarde-Salcedo, A. J., Barrera-Pacheco, A., Lara-González, S., Montero-Morán, G. M., Díaz-Gois, A., González de Mejía, E., & Barba de la Rosa, A. P. (2013). In vitro inhibition of dipeptidyl peptidase IV by peptides derived from the hydrolysis of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) proteins. *Food Chemistry*, 136(2), 758–764. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.foodchem.2012.08.032>
- Venskutonis, P. R., Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive*

Reviews in Food Science & Food Safety, 12(4), 381–412.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>

- Ware, M. 2019 What are superfoods and why should you eat them?. Medical News Today Consultado 10 de febrero de 2022 <https://bit.ly/3psF0EE>
- Winarsi, H. a, Sasongko, N. D., & Purwanto, A. (2016). Germinated-soy milk in suppressing inflammation and oxidative stress in blood plasma and breast milk of lactating mothers. *International Food Research Journal*, 23(2), 646–652.
- Winarsi, H. b, Wijayanti, S. P. M., Sasongko, N. D., & Purwanto, A. (2015). Effects of Soy-Germ Protein on Catalase Activity of Plasma and Erythrocyte of Metabolic Syndrome Women. *HAYATI Journal of Biosciences*, 22(1), 1–5. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.4308/hjb.22.1.1>
- World Health Organization (s.f. a) Macronutrients [en línea] Consultado el 19 de octubre de 2021 <https://bit.ly/3DoU0aY>
- World Health Organization (s.f. b) Micronutrients [en línea] Consultado el 19 de octubre de 2021 <https://bit.ly/3ruhRU8>
- Wu, J., Wang, L., & Udenigwe, C. C. (2017). Revisiting the mechanisms of ACE inhibitory peptides from food proteins. *Trends in Food Science & Technology*, 69(Part B), 214–219. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.tifs.2017.07.011>
- Zahra Yari, Hadi Tabibi, Iraj Najafi, Mehdi Hedayati, & Mina Movahedian. (2020). Effects of soy isoflavones on serum lipids and lipoprotein (a) in peritoneal dialysis patients. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 30(8), 1382–1388. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.numecd.2020.04.023>
- Zaid, A., Hughes, H.G., Porceddu, E., Nicholas, F. (2004) Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación. FAO investigación y desarrollo. Consultado 10 de febrero de 2022 <https://bit.ly/3pT5QWX>
- Zhang, Y. Y., Zhang, Y., Chen P, Shu, F., Kai Li, Liansheng Qiao, Zujun Chen, & Lingzhi Wang. (2019). A novel angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptide derived from the glutelin of vinegar soaked black soybean and its antihypertensive effect in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Biochemistry*, 166(3), 223–230. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1093/jb/mvz029>