

UNIVERSIDAD DE SEVILLA



FACULTAD DE FARMACIA

GRADO EN FARMACIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**CHIA (*SALVIA HISPANICA* L.): ETNOBOTÁNICA E INTERÉS ACTUAL DE
UNA PLANTA PRECOLOMBINA EN AUGE.**



AUTOR: MARTA LOPEZ LARRÁN

Foto de la portada tomada de Bonelli Giorgio <https://digitalcollections.nypl.org/items/510d47dd-c9c1-a3d9-e040-e00a18064a99>



Universidad de Sevilla

Facultad de Farmacia

Trabajo Fin de Grado

Grado en Farmacia

Título: Chía (*Salvia hispanica* L.): etnobotánica e interés actual de una planta precolombina en auge.

Alumna: Marta López Larrán

Sevilla 5 de Julio de 2017

Departamento de Biología Vegetal y Ecología

Tutores: Prof Julia Morales y Prof. Arturo Sousa

Revisión bibliográfica

Resumen y palabras clave

El presente estudio pretende dar a conocer las características de la Lamiaceae *Salvia hispanica* L., comúnmente conocida como Chía, una especie que para los antiguos Aztecas tuvo una gran importancia a nivel medicinal, cultural, culinario e incluso religioso. Tras la colonización española, el uso de esta especie prácticamente cayó en el olvido, quedando recluido exclusivamente en zonas montañosas de Mesoamérica dónde agricultores nativos conservaron la tradición de su cultivo. Hasta el momento, las propiedades que esta planta es capaz de proporcionar al hombre son poco conocidas, pero debido a su alto contenido en ácido alfa-linolénico (Omega-3) se ha convertido en una importante fuente de ácidos poliinsaturados, llegando a superar a numerosos cereales que se incluyen en nuestra dieta diaria. Existen estudios que demuestran que una dieta a base de un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y un bajo consumo en grasas saturadas ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares como arteriosclerosis, diabetes, obesidad, entre otras. La parte de la planta con mayor interés nutricional de la Chía son sus semillas. Además de contener una fuente de aceites esenciales, destaca su contenido en mucílago que ayuda a evitar el estreñimiento crónico. Las semillas se muelen hasta obtener una harina carente de gluten, por lo que también es apta en dietas celiacas. Esta especie vuelve a renacer con tal fuerza, que los países agrícolas como México y Argentina no pueden abastecer a la población mundial por lo que se está expandiendo hacia regiones como Asia y Europa.

PALABRAS CLAVE: *Salvia hispanica*, Chía, ácidos grasos poliinsaturados, omega 3, gluten.

INDICE

1. Introducción	6
2. Objetivos	7
3. Metodología	8
4. Resultados y discusión	
4.1 Aspectos Botánicos	
4.1.1 Familia Labiadas	10
4.1.2 <i>Salvia hispanica</i> L	13
4.2 Aspectos Etnobotánicos	17
4.2.1 Significado del término: Chiapas	17
4.2.2 Usos de <i>Salvia hispanica</i>	18
4.3 Aspectos fitoquímicos	21
4.3.1 Métodos de extracción de aceite contenido en los frutos	24
4.3.2 Microencapsulación del aceite	24
4.3.3 Extracción de mucílagos	26
4.3.4 Métodos de extracción de harinas	27
4.4 Beneficios de <i>Salvia hispanica</i> en la nutrición	
4.4.1 Vínculo entre la composición en ácido graso alfa-Linolénico y un efecto hipolipemiante	27
4.4.2 Relación entre <i>Salvia hispanica</i> y la diabetes	28
4.4.3 <i>Salvia hispanica</i> y el estreñimiento	29
4.4.4 Adaptabilidad en dietas celiacas	30
4.5 Nuevas líneas de investigación de <i>Salvia hispanica</i>	
4.5.1 Estudios sobre los beneficios de su uso en animales	31
4.5.2 Posibles beneficios en ensayos clínicos humanos	31
4.5.3 Aplicación comercial de sus semillas	32
5. Conclusiones	34
6. Bibliografía	35
7. Referencias electrónicas y bases de datos	38

1. Introducción

Salvia hispanica L. es una especie anual, de la familia Lamiaceae, nativa de los valles del sur de México. Esta especie comúnmente se conoce como Chía. Se trata de una de las plantas con mayor importancia para la cultura precolombina de CentroAmérica, no sólo en alimentación, sino en cuanto a su valor ceremonial. De hecho, se han encontrado semillas como ofrendas en importantes templos, al igual que en la elaboración de medicina en la cultura Azteca (Hernández y Miranda, 2008). Durante la época colonial los españoles ya observaron su papel en la sociedad azteca y la aceptaron a cambio de que no hubiera resistencia a la evangelización católica (Sosa y cols., 2016).

Durante muchos años las semillas de *Salvia hispanica* fueron comercializadas solamente en los mercados mexicanos. En 1965 comenzó a estar disponible en comercios dietéticos del sudeste de California y Arizona (Díaz, 2015). En 1991 se inició el Proyecto Regional del Noroeste de Argentina, con el fin de identificar y llevar a producción comercial nuevos cultivos industriales, que pudieran ayudar a diversificar la producción agrícola e incrementar las ganancias de los agricultores de dicha región. La información sobre Chía como fuente natural que poseía ácidos grasos, antioxidantes y fibra dietética acrecentó las expectativas en torno a su cultivo. En virtud de ello, su uso como alimento comenzó a expandirse fuera de México (Orona-Tamayo y cols., 2017). Se trata, por lo tanto, de un alimento funcional que ha ganado una enorme atención en todo el mundo en los últimos años debido a la ola de cambios del estilo de vida saludable. *Salvia hispanica*, que antes era el principal cultivo alimenticio de los pueblos indígenas de México y Guatemala, ahora es ampliamente cultivada y comercializada por su contenido en ácidos grasos (omega) ω -3 alfa-linolénico (ALA) y propiedades antioxidantes. Hoy en día, se extiende a otras áreas como Australia y el sudeste de Asia (Jamboonsri y cols., 2012), ya que en las zonas agrícolas donde ha sido comercializada durante mucho tiempo como es el caso de México y Argentina, existen problemas en su disponibilidad y sostenibilidad como fuente de aceite comestible en el mercado global. En 2014, el brusco aumento del precio desencadenó un rápido crecimiento de la producción de Chía en varios países, con precios comerciales que llegaron a US \$ 8000-12.000 por tonelada (Orona-Tamayo y cols., 2017).

El mayor interés de esta especie son sus semillas ya que contienen una alta cantidad de ácido graso alfa-linolénico (omega 3), el cual es uno de los ácidos grasos esenciales para el organismo humano. Su contenido en PUFA supera a los de numerosos cereales comúnmente consumidos en la dieta diaria. Es bien conocido que una dieta a base de un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados y un bajo consumo en grasas saturadas ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares como arteriosclerosis, diabetes, obesidad, entre otras. Otra sustancia destacable de esta planta son los mucílagos que contiene; se trata de un

tetrapolisacárido lineal compuesto por D-xilosa, D- glucosa y 4-o-metil-D-ácido glucurónico, que actúa como una fibra soluble que ayuda a evitar el estreñimiento crónico. Las semillas de Chía, al ser sumergidas en agua, quedan envueltas por este mucílago, que es de interés desde el punto de vista nutricional y como agente espesante en la industria alimentaria. Estas semillas son sometidas a diferentes procesos de extracción según el producto que se desee obtener, pudiendo ser aceite o harina.

Su harina presenta la ventaja de carecer de gluten, lo que la convierte en apta para dietas celíacas. Debido a esta característica, se han llevado a cabo numerosos estudios acerca de la sustitución de harina de Chía por otras harinas convencionales, dando resultados muy positivos que facilitan una diversidad alimentaria a los pacientes celíacos, como, por ejemplo, distintos tipos de postres, productos panarios y pastas (Ordaz, 2010; Andrade y Albarracín, 2015; Menga y cols., 2017). Al ser inodora e insípida, se puede utilizar para la elaboración de alimentos que requieren proteínas y grasas saludables sin afectar al sabor. No sólo se incorpora en dietas para humanos, también se añade a piensos y dietas para animales con el fin de mejorar sus componentes nutricionales. Se han llevado a cabo estudios en gallinas alimentadas a base de harina de Chía y se obtuvieron resultados muy significativos tanto en la propia carne del animal como en los huevos; en los lípidos contenidos en la yema se observó un aumento de ácido alfa-linolénico y un descenso de ácido palmítico. También se llevaron a cabo estudios en ratas de los que se concluyó que la incorporación de omega 3 contenido en la Chía produjo un efecto hipolipemiante y un control de la glucemia postprandial (Chicco y cols., 2009; Salazar-Vega, 2009).

2. Objetivos

Los objetivos tratados en esta revisión bibliográfica son:

1. Analizar las características taxonómicas de *Salvia hispanica*, su morfología, origen y distribución geográfica, así como nomenclatura científica y popular.
2. Realizar una revisión de los datos etnobotánicos e históricos referidos a los usos populares de este taxón desde la antigüedad.
3. Revisar la composición química de *Salvia hispanica*, y especialmente analizar en qué parte de la planta se localizan sus principios activos y los beneficios que éstos aportan al ser humano.
4. Analizar los métodos de extracción del aceite de sus frutos y los métodos de protección de los aceites poliinsaturados oxidables.
5. Estudiar el interés que puede tener el consumo de *Salvia hispanica* en la nutrición humana

6. Valorar las principales líneas de investigación sobre posibles aplicaciones futuras de los principios activos extraídos para terapias en humanos y animales.

3. Metodología

En la Base de datos bibliográfica Google Académico citando, las palabras clave “*Salvia hispanica*”, aparecen 7.530 resultados. De ellos sólo en 95 artículos aparece el nombre del taxón en el título. Por lo tanto, comparado con otras especies, con un uso habitual por el hombre, no existe tanta información. Se ha empleado el siguiente conjunto de motores bibliográficos de búsqueda:

- Google académico
- PubMed
- ResearchGate

Más concretamente se ha analizado las características y aspectos de mayor relevancia de esta especie desde diferentes puntos de vista.

● Aspectos Botánicos

La búsqueda bibliográfica se ha basado principalmente en *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares vol. 12* concretamente en el capítulo *Labiatae* (Morales y cols., 2010). Se ha incluido información de numerosos artículos y revistas científicas, entre ellos: *Chromosome Number and Meiotic Behavior of Cultivated Chía, Salvia hispanica (Lamiaceae)* (Estilai y cols., 1990); *Diversidad de Labiadas Mediterráneas y Macaronésicas* (Morales, 2000); *Morphological characterization of Chía* (Hernández y Miranda, 2008); *Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo* (Martínez-Gordillo y cols., 2013). Se han comprobado cada una de las características de *Salvia hispanica* mencionadas en el texto con un pliego de la Universidad de Harvard vía online. Para detallar la posición taxonómica y verificar la nomenclatura científica se ha recurrido a las siguientes bases de datos:

- Anthos. Sistema de información sobre Plantas de España suscrito entre la Fundación Biodiversidad, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y el Real Jardín Botánico (Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas).
- ITIS. (Integrated taxonomic information system). Asociación de agencias de los Estados Unidos, Canadá y México (ITIS-Norteamérica); Otras organizaciones; y especialistas taxonómicos. ITIS es también socio de Species 2000 y del Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

- The plant list. La colaboración entre los Royal Botanic Gardens, Kew y Missouri Botanical Garden permitió la creación de The Plant List al combinar múltiples conjuntos de datos de lista de verificación mantenidos por estas instituciones y otros colaboradores.

- Harvard University Herbaria. Se trata de una colección de ejemplares de plantas prensadas y secas de todo el mundo que son utilizados por los investigadores para profundizar en la comprensión sobre las plantas. Elaborada por botánicos y coleccionistas de plantas.

- Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org/species/2926992/vernaculars>

- Flora Mesoamericana.

<http://www.tropicos.org/NamePage.aspx?nameid=17600586&projectid=3&langid=66>

- Aspectos Etnobotánicos

Los principales textos consultados han sido *Origen y significado del nombre de Chía* (De Vos, 1983) perteneciente a la revista científica Mesoamérica; *Ethnobotany of Chía, Salvia hispanica* (Cahill, 2003), *La Chía (Salvia hispanica L.) cultivo y alimento de los aztecas con nuevo potencial* (Díaz, 2015); *Chia Crop (Salvia hispanica L.): its History and importance as a source of polyunsaturated fatty acids Omega-3 around the world: a review* (Sosa y cols., 2016). Éste último artículo es una fuente de información muy reciente ya que fue publicado en diciembre de 2016, lo cual indica que *Salvia hispanica* es una especie que se encuentra en continuo estudio actualmente.

- Aspectos fitoquímicos

Se incluyen textos como *Influence of the microencapsulation process in fatty acids of Salvia hispanica oil* (López y cols., 2015). La información sobre métodos y procesos se ha obtenido de monografías como *La Chía (Salvia hispanica L.) Cultivo y alimento de los aztecas con nuevo potencial* (Díaz, 2015) y concretamente del Capítulo 2 de *Caracterización y funcionalidad de subproductos de Chía (Salvia hispanica L.) Aplicación en tecnología de alimentos* (Capitani, 2013). Se ha recurrido a las figuras del texto *The promising future of Chia, Salvia hispanica L.* (Mohd Ali y cols., 2012) a la hora de plasmar moléculas orgánicas.

- Aspectos nutricionales

En este apartado se ha recurrido a varias monografías y artículos relacionados con dietas libres de gluten y aptas para celíacos. *Gluten-free pasta incorporating Chia (Salvia hispanica L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility* (Menga y cols., 2017). *Composición en Ácido graso alfa-linolénico (w3) en el huevo y carnes de aves empleando Chía en el alimento*

(Salazar-Rosado y cols., 2009); *Disminución de síntomas de estreñimiento del adulto mayor mediante el consumo de tortilla de Chía* (Bautista-Cervantes y cols., 2011); *Dietary Chia seed (Salvia hispanica L.) rich in α -linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats* (Chicco y cols., 2009), entre otros. La mayoría de la información adquirida en este contexto son estudios que consisten en la incorporación de *Salvia hispanica* a la hora de producir alimentos aptos para celiaquía y beneficiosos para el estreñimiento; sin embargo, a pesar del alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados y su relación con la mejoría de enfermedades cardiovasculares y diabetes. También se ha consultado:

- National Center for Biotechnology Information. Este programa, llevado a cabo por investigadores, científicos, becarios postdoctorales y estudiantes se centra en enfoques teóricos, analíticos y aplicados a una amplia gama de problemas fundamentales en biología molecular. Se centra en el análisis de secuencias, análisis de estructura y función de proteínas, informática química y análisis de genomas.

- Nuevas líneas de investigación

En esta sección se han recopilado artículos sobre *Salvia hispanica* basados en experimentos que continúan en estudio. Los principales textos consultados han sido *The Promising Future of Chia, Salvia hispanica L.* (Mohd Ali y cols., 2012) y *Dietary Chia seed (Salvia hispanica L.) rich in α -linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats* (Chicco y cols., 2009).

4. Resultados y Discusión

4.1 Aspectos Botánicos

4.1.1 Familia Labiadas

La familia Labiatae o Lamiaceae consta de unos 220 géneros y unas 4000 especies, siguiendo el criterio clásico de la delimitación de la familia. Se trata de una familia cosmopolita, aunque está casi ausente en los bosques tropicales pluviales (Morales, 2000). Entre sus características principales destacamos que son plantas arbustivas o hierbas perennes o anuales. Presentan tallos epigeos generalmente de sección cuadrangular, glabros o pelosos, con pelos tectores simples o compuestos, con pelos que presentan glándulas simples o esferoidales; a veces, con tallos hipogeos estoloníferos. Hojas opuestas, frecuentemente decusadas o verticiladas, generalmente simples, de lineares a ovaladas, enteras, serradas, dentadas o lobuladas. Inflorescencias en cimas formadas en verticilastro de 2 a muchas flores sentadas o con pedicelos. Flores generalmente pentámeras, hermafroditas, en algunos casos femeninas. Cáliz actinomorfo o zigomorfo, con sépalos soldados, excepto en algunas especies. Corola

generalmente bilabiada, con labio superior plano o cóncavo, a veces casi regular, o unilabiada, con 5 pétalos soldados y 5 lóbulos sobresalientes. Androceo generalmente formado por 4 estambres, con excepción de *Salvia*, *Rosmarinus*, *Lycopus* y *Ziziphora* que tienen 2. Anteras bitecas, en ocasiones uniteca, en *Salvia* con el conectivo alargado y las tecas en paralelo. Gineceo bicarpelar; ovario tetralocular debido a la formación de un falso septo en la pared del carpelo. Estilo generalmente ginobásico, filiforme, largo, fino, peloso o no. Estigma bífido, a veces, dividido en 4. El fruto es generalmente una tetranúcula, es decir seco e indeshicente aunque puede haber núculas drupáceas (Morales y cols., 2010).

La región Mediterránea es muy rica en Labiadas, ya que existen unas 1000 especies pertenecientes a 48 géneros, lo que equivale a la cuarta parte en número de géneros y especies del total Mundial (Morales, 2000). La Tabla 1 nos aporta una idea general sobre la diversidad de la familia Lamiaceae en regiones Mediterráneas, para ello aparece un listado del número de géneros y especies en las diferentes áreas.

Región o País	Nº de Géneros	Nº de Especies
Portugal	31	102
Francia	35	161
Italia	36	194
Chipre	26	66
Creta	22	79
Turquía	45	532
Otras regiones	21	55

Tabla 1: número de géneros y especies en algunas regiones y países mediterráneos (adaptada Morales, 2000).

En la Tabla 2 se destacan los géneros más importantes en cuanto al número de especies que se encuentran en la Región Mediterránea y en la Península Ibérica:

GÉNERO	Nº de especies en la Región Mediterránea	Nº de especies en la Península Ibérica
<i>Teucrium</i>	141	66
<i>Stachys</i>	133	14
<i>Salvia</i>	131	16
<i>Thymus</i>	114	37
<i>Sideritis</i>	87	49
<i>Nepeta</i>	66	13

Tabla 2: géneros más importantes en la región Mediterránea y en la Península Ibérica (modificado a partir de Morales, 2000).

El lugar de origen de la especie a la cual dedicamos este estudio es México, en este país las labiadas están representadas por 32 géneros nativos, por lo que es común encontrarlos de manera silvestre y ampliamente distribuidos. Estos géneros pertenecen a 5 subfamilias: Viticoideae, Ajugoideae, Scutellaroideae, Lamioideae y Nepetoideae (Martínez-Gordillo, 2013). En la Figura 1 se observa la amplia distribución en México.



Figura 1: distribución de la familia Lamiaceae en la República Mexicana (Martínez-Gordillo, 2013).

Respecto al género *Salvia* cabe destacar que de las aproximadamente 900 especies de este género están distribuidas por todo el mundo, más de la mitad, por América Central y Sudamérica (Sáez, 2010). De hecho, México es considerado uno de los países con mayor diversidad, debido a las 300 especies de las cuales más del 85% son endémicas. Se trata de plantas arbustivas o herbáceas con hojas simples, de enteras a pinnatisectas con inflorescencia formada por verticilastros y cáliz de bilabiado a regular. Corola bilabiada con el labio superior formado por 2 pétalos y el labio inferior de 3 pétalos (Sáez, 2010). Se localizan en zonas montañosas del centro-sur del país principalmente en bosques templados, en particular los de coníferas y encinares. No obstante, también se encuentran en los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios, zonas áridas y desérticas (Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2011). La Tabla 3 muestra las secciones del Género *Salvia* en México.

Sección	Nombre	Especies
1	Sigmoideae	11
2	Farinaceae	14
3	Scorodonia	14
4	Uliginosae	28
5	Peninsularis	3

Tabla 3: secciones del Género *Salvia* en la región mexicana (Turner, 2008; 2009; 2010; Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2011).

4.1.2 Salvia hispanica L.

En la Figura 4 se muestra con detalle la jerarquía taxonómica de *Salvia hispanica*. La información obtenida proviene de la base de datos científica Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

Taxonomic Hierarchy	
Kingdom	Plantae – plantas, Planta, Vegetal, plants
Subkingdom	Viridiplantae
Infrakingdom	Streptophyta – land plants
Superdivision	Embryophyta
Division	Tracheophyta – vascular plants, tracheophytes
Subdivision	Spermatophytina – spermatophytes, seed plants, phanerogames
Class	Magnoliopsida
Superorder	Asteranae
Order	Lamiales
Family	Lamiaceae – mints, menthes
Genus	Salvia L. – sage
Species	<i>Salvia hispanica L.</i> – chia

Figura 4: jerarquía taxonómica de *Salvia hispanica* (ITIS, 2017)

S. hispanica. es una planta herbácea anual de 1 m de altura, ramificada y frecuentemente con base leñosa; tallos verdes, en ocasiones pigmentación púrpura, con densos tricomas simples blancos, y glándulas sésiles anaranjadas. Las hojas son simples, opuestas y enteras. Lámina oval elíptica, algo discolora, 8-12 cm de longitud, base cuneada a subcordada, ápice agudo con margen dentado aserrado, pinnadas, nervaduras prominentes en el envés. Pecíolo corto 1-3 cm en la parte superior de la planta y 5-7 cm en las ramificaciones inferiores pubescentes (Di Sapio y cols., 2012; Díaz, 2015). Algunas de las características mencionadas se pueden observar en las Figuras 5 y 6.



Figura 5: a. Detalle de las hojas; b. Porte (Ixtaina, 2010).



Figura 6: porte, tallos y hojas de *Salvia hispanica* (Di Sapiro, 2012).

Las inflorescencias son espigas terminales o axilares, en grupos protegidos por pequeñas brácteas con largas extremidades puntiagudas y con pedúnculo corto. Sus flores son pediceladas y se encuentran reunidas en grupos de seis o más, en verticilos sobre el raquis de la inflorescencia. El cáliz es persistente, pubescente y bilabiado. La corola de color morado o azul y bilabiada; el labio inferior se expande hacia afuera y abajo; el superior es ascendente y se arquea en forma de casco o gálea. Los estambres fértiles son dos y están unidos por un conectivo, el cual se articula en filamentos cortos que se insertan en la corola. El ovario es súpero, bicarpelar y tetralocular, en la base del ovario se encuentra un disco nectarífero. El estilo es glabro, glanduloso en la base y su estigma tiene dos ramificaciones; la más larga está exerta a la corola y la más corta se ubica entre las anteras. Tanto las anteras como el estigma están recubiertos por la gálea (Díaz, 2015). En la Figura 7 se muestra un detalle de la inflorescencia (izquierda) y de la corola con dos estambres apoyados en el labio superior (derecha).



Figura 7: flor *Salvia hispanica* (www.inriodulce.com).

El ovario es discoideo y el estigma bífido. Las características de los estambres, la forma de la flor y la presencia del disco nectarífero, hacen presumir que *Salvia hispanica* es alogámica, es decir se transfiere polen de la antera de la flor de una planta al estigma de la flor de otra planta genéticamente diferente; y entomófila porque es polinizada por insectos. Algunos resultados en otras especies han indicado que la variabilidad de color es debido a la acción de un par de genes alelomórficos, en dónde el color púrpura o morado es dominante frente al blanco. El fruto (Figura 8) proveniente de cada flor es un carcérulo que a su madurez produce pequeños mericarpios indehiscentes denominados núculas o clusas, en números de 1-4, incluidas en el cáliz frecuentemente acrescente, son monosperómicas, ovoides de simetría dorsiventral y tamaño de 1.5-2 mm y 1.1-2 de diámetro. El mayor porcentaje se presenta de color pardeo grisáceo con abundantes manchas irregulares de color castaño oscuro que se destacan más en los límites de las areolas. En menor proporción se observan manchas blancas en la zona basal (Di Sapio y cols., 2012).

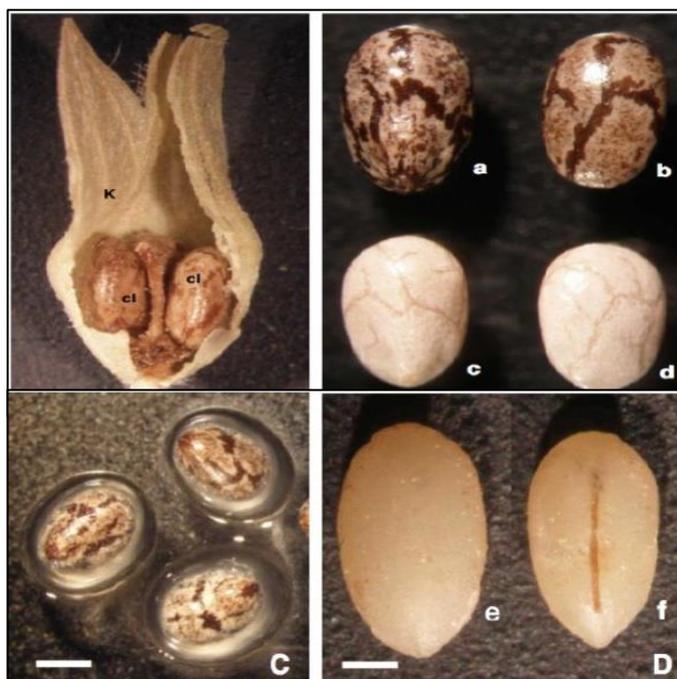


Figura 8: morfología del fruto. **A:** clusas (cl) incluidas en el cáliz (k). **B:** morfología de las clusas; **a,b:** clusas oscuras; **c,d:** clusas claras; **a,c:** cara ventral; **b,d:** cara dorsal. **C:** clusas hidratadas. **D:** morfología de la semilla (Di Sapio y cols., 2012; Díaz, 2015).

S. hispanica es originaria de Mesoamérica (Cahill, 2004) probablemente nativa del sur de México y Guatemala, pero es cultivada en el sur de Estados Unidos, México, Mesoamérica, norte de Sudamérica y las Antillas. Se encuentra en áreas de bosque de coníferas y se distribuye en ambientes semicálidos y templados del eje Neovolcánico Transversal, de las Sierras Madre Occidental, del Sur y de Chiapas, entre 1400 y 2200 m de altitud. La Figura 9 representa la distribución mundial de los cultivos de *Salvia hispanica* a lo largo de la historia:



Figura 9: distribución mundial de *Salvia hispanica*; color verde representan el área de Chía cultivada en los primeros tiempos precolombinos (3500 AC-1000 AC); color azul tiempos precolombino tardío (1000AC-1500 AC); color amarillo post colombino (1500 AC-2000 AC); y color rojo el tiempo moderno (2010 hasta esta fecha) respectivamente (Sosa y cols., 2016).

Existen algunas investigaciones acerca del número cromosómico de especies del género *Salvia*. Concretamente para la especie *Salvia hispanica* resulta complicado obtener el cariotipo, ya que presenta cromosomas muy pequeños en forma de barra sin claras constricciones primarias o secundarias. En el género *Salvia* aparece $2n=12,14,16,18,20,22,24,26,32,44,54$ y 64 . Los cromosomas van de 2 a 3.5 mm de longitud en la fase mitótica (Estilai, 1990). *Salvia hispanica* con $2n= 12$, *S. tiliifolia*, *S. columbariae* y *S. carduacea* con $2n= 22, 26$ y 32 respectivamente (Haque y Ghoshal, 1980).

Se conocen numerosos sinónimos de *Salvia hispanica* como se muestra en la Tabla 4:

Sinonimias
<i>Kiosmina hispanica</i> (L.) Raf.
<i>Salvia chia</i> Sessé & Moc.
<i>Salvia hispanica</i> var. <i>chionocalyx</i> Fernald.
<i>Salvia neohispanica</i> Briq.
<i>Salvia prismatica</i> Cav.
<i>Salvia schiedeana</i> Stapf.
<i>Salvia tetragona</i> Moench var. <i>intonsa</i> Fernald.
<i>Salvia tetragona</i> Moench.
<i>Salvia hispanica</i> var. <i>intonsa</i> Fernald.

Tabla 4: sinonimia de *Salvia hispanica* (<http://www.tropicos.org>)

Según los diferentes países existen distinta terminología vernácula para denominar a esta especie: Chía (español); Chia (inglés), mexikansk chia-salvia (sueco); Mexikanische Chia (alemán) (<http://www.gbif.org/species/2926992/vernaculars>).

4.2 Aspectos Etnobotánicos

Salvia hispanica se usa desde hace 5.500 años como alimento en México y hoy se considera una de las fuentes más importante de ácidos grasos poliinsaturados Omega-3 para el hombre (Sosa y cols., 2016). Durante la Época prehispánica, la Chía fue un cultivo ancestral de México, que fue domesticado 3.500 años AC y hasta la llegada de los españoles junto con el maíz, frijol, amaranto y chile fue clave en la dieta de más de once millones de habitantes de México (Ayerza y Coates, 2011). Sin embargo, la disminución de la población nativa de 22 a 3 millones de personas como resultado del dominio español de casi 289 años hizo que este cultivo casi desapareciera. Los colonizadores españoles se concentraron en establecer haciendas en regiones donde había grandes extensiones de suelos con agua disponible y mostraron poco interés por colonizar las zonas montañosas, lo cual permitió que se conservara el cultivo de Chía. El Codex Mendoza del siglo XVI y Matricula de Los Tributos indican que 21 de los 38 estados aztecas y registros de estados independientes, como Matricula de Huexotzinco, rendían homenaje anualmente a la Chía (Cahill, 2003). La Chía no solo fue importante para los Aztecas ya que, en el lienzo de Tlaxcala, libro de guerra de los Tlaxcaltecas, existen evidencias de que en 1531 se cultivaba en el sur de Sinaloa. Precisamente en esta época colonial, varios autores señalan que el uso de la Chía en México fue prohibido por los españoles debido a su uso en ritos religiosos aztecas (Ayerza, 2014). Sin embargo, existen evidencias en la literatura española que conducen a pensar que los españoles aceptaron parcialmente su uso; por ejemplo, el privilegio que la corona española concedió al pueblo de San Lorenzo de Chiamilpán fue en reconocimiento a que no presentó resistencia a la evangelización (Sosa, 2016). De hecho, Hernán Cortés les regalo tierras en donde les permitió producir Chía al pueblo de San Lorenzo Chiamilpán, a cambio de su apoyo incondicional durante la construcción del palacio de Cortes en Cuernavaca (Sosa, 2016). Además, les entrego un escudo de armas reconocido ante la corona española y que en la parte superior tiene una vasija con semillas de Chía, este símbolo representa la palabra Chiamilpán que en lengua Tlahuica significa campo sembrado con Chía (Sosa, 2016). Tras la independencia de México y el olvido de esta especie durante 180 años, los agricultores de las regiones de Acatic, Jalisco, Olinalá Guerrero y Chiepetlán Puebla conservaron la tradición de su uso mientras que en el resto de México el cultivo de la Chía cayó en el olvido hasta los años 90 (Cahill, 2003).

4.2.1 Significado del término: Chiapas

El significado del nombre de Chiapas ha sido objeto de mucha controversia, que abarca más de dos siglos (1744-1976). El primero en ofrecer una explicación acerca del significado es Mariano Robles Dominguez de Mazariegos, delegado chiapaneco a las Cortes de Cádiz. Según este autor Chiapas derivaría de *Tepetchía* o "cerro de la Chía" (de *tepetl*, cerro; y *Chía*, semilla de *Salvia hispanica*) (De Vos, 1983). Más acertados nos parecen otros estudios que interpretan *Chiapa* como una aféresis de *Chia-apan*, o sea "el río de la Chía" (De Vos, 1983). Esta última interpretación la confirma el glifo que en el Codex de Mendoza corresponde a *Chiapan*, un pueblo homónimo del estado de Puebla que figura en dicho Codex entre los pueblos prehispánicos de México que fueron conquistados por Ahuizotl (1486-1502) y que tributaron a este emperador azteca. En la Figura 10 aparece una representación del glifo que representa el signo de cosa divina (teotl) sobre un semicírculo de puntos (Chía o Chíam) rodeado de una especie de canal de agua (apantli) que da la terminación fonética apán. Teochiapan significaría entonces "en el río de la Chía sagrada" (de teotl, divino; Chía; apan, en el río).



Figura 10: glifos del Codex de Mendoza a. Chiapan; b. Teochiapan (De Vos, 1983).

4.2.2 Usos de *Salvia hispanica*

En la mayoría de preparaciones de uso médico se empleaba *Salvia hispanica*. como un ingrediente, cada parte de la planta tenía un uso medicinal diferente. Las citas medicinales más frecuentes del siglo XVI aparecen en el Manuscrito de Badianus, La Historia de las Indias de Nueva España y el Codex Florentino (Cahill, 2003). Existía la creencia de que las infusiones compuestas de semillas enteras de Chía ayudaban a la absorción de la medicación. Los aztecas utilizaban como medicina tanto la raíz como la semilla de la Chía. La raíz la molían verde y cruda junto con la raíz de un sauce llamado "quetzahuexotl" ("sauce precioso" *Salix lasiolepis* Benth.) y lo servían en forma de bebida como remedio contra la tos y los esputos de sangre. En cambio, la semilla cruda y molida, sacándole el zumo y bebiéndose en ayunas, servía para "limpiar el pecho". La Figura 11 del Codex Florentino (S. XVI), representa una planta de *Salvia hispanica*, así como una bebida de semillas de Chía crudas, con maíz tostado y cola de "tlacuache", una zarigüeya endémica de América, recomendada para la mujer que quería inducir el parto (Cahill, 2003).



Figura 11: planta de *Salvia hispanica* (Ilustración del Codex Florentino) (Cahill, 2003).

Su principal uso fue sobre todo para patologías oftalmológicas en el tratamiento de las obstrucciones oculares e infecciones. La parte menos utilizada eran las raíces, las cuales se empleaban en el tratamiento de las infecciones respiratorias. Tallos y hojas estaban fuertemente asociadas con usos medicinales en general.

Los usos culinarios de la semilla de Chía se llevaban a cabo empleando las semillas enteras, harina de semillas, mucílago de semillas, o bien el aceite de semillas. Una práctica común era asar y moler las semillas en una harina conocida como Chianpinolli la cual imitaba el procesamiento de granos de maíz. El Chianpinolli se incorporó a tortillas, tamales y varias bebidas aztecas conocidas como Chianatoles en el S. XVI (Cahill, 2003). Desde 1600, la bebida refrescante hecha con semillas enteras de Chía ha alcanzado gran popularidad en México, alcanzando su punto máximo en los siglos XVIII y XIX. Muchos hogares mexicanos todavía consumen la bebida llamándola "agua de Chía" o "Chía fresca". La Figura 12 muestra la molienda de la semilla de Chía para formar la harina chiapinolli (Cahill, 2003) y su consumo en los hogares.



Figura 12: mujeres moliendo semillas (Ilustración del Codex Florentino) (Cahill, 2003).

Los usos artísticos anteriores a 1600 se limitaron al aceite de semillas para barnices y pinturas. Sin embargo, también tuvieron algunas funciones decorativas en los tiempos modernos. Es sorprendente el estado de conservación de los barcos mexicanos con siglos de antigüedad gracias a la capa de aceite de Chía con la que eran tratados, el cual proporcionaba un acabado brillante. También era tradición lacar o pintar barro o vasijas de calabaza con aceite de Chía desde tiempos precolombinos. En el Codex Florentino, del cual se obtiene la Figura 13, Sahagún describió e ilustró la extracción y aplicación del aceite de Chía como una laca.



Figura 13: artesano lacando recipientes con aceite de Chía (Ilustración del Codex Florentino) (Cahill, 2003).

Además, el aceite de Chía formó el componente básico de la pintura corporal (Cahill, 2003). La palabra Nahuatl *mixchiaviticac* se define como los círculos de pintura facial usados por las deidades aztecas en la mejilla.

El uso religioso de la Chía por parte del pueblo azteca no se incorporó a los rituales cristianos, como tampoco las deidades tuvieron su similitud con el santoral católico. Algunos autores asocian a *Salvia hispanica* con la fertilidad simbolizada en la diosa Chiomecoatl. Sahagún, en el Codex florentino, habla de ofrendas de maíz, judías y Chía a esta diosa para favorecer la fertilidad, ya que esta deidad representa la vida en sí misma (Cahill, 2003). Los primeros memoriales representan a Opochtli como la patrona del pueblo Atlaca, la deidad de los pescadores. Torquemada describió como el aceite de Chía era utilizado por los pescadores en pies y en piernas para protegerse del agua. Flores corrobora el beneficio que aporta el aceite en la piel. Varios autores se preguntaron si este uso del aceite de Chía era de naturaleza puramente religiosa, si proporcionaba algún efecto beneficioso sobre la piel, o si repelía las plagas acuáticas (Cahill, 2003). La principal conclusión fue que su único uso era proteger la piel.

4.3 Aspectos fitoquímicos

Además de ser una importante fuente de ácidos grasos poliinsaturados omega 3, posee un mayor contenido nutricional por su contenido en proteínas, lípidos, fibra y energía en comparación con otros cultivos (Díaz, 2015). Su contenido en aceites es del 33%, y dentro de este porcentaje el ácido linolénico se encuentra en un 62-64%.

Actualmente, se dispone en el mercado de cuatro fuentes de ácidos grasos ω -3. Las dos más importantes en volumen de producción son las asociadas al pez menhaden y la semilla de lino y las minoritarias son la semilla de Chía y las algas marinas. Sin embargo, el lino y la Chía son los cultivos agrícolas que presentan la mayor concentración conocida de ácido α -linolénico, (Díaz, 2015) comparación representada en la Tabla 5.

Aceite	Ácido graso (% del total de ácidos grasos)						
	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3
Menhaden	8,0	15,2	10,5	7,8	14,5	2,1	1,5
Algas	4,2	14,5	27,6	0,8	5,4	2,3	1,7
Chía	-	6,9	-	2,8	6,6	19,0	63,8
Lino	-	5,5	-	1,4	19,5	15,0	57,5

Tabla 5: caracterización comparativa de diversas fuentes de ácidos grasos ricos en ω -3 (adaptada de Díaz, 2015)

La Chía posee un contenido de proteínas que oscila entre 19 y 23%, presentando como ventaja adicional el no contener gluten, motivo por el cual ha sido considerada como apta para pacientes celíacos. Las proteínas de Chía presentan un buen balance de aminoácidos esenciales, entre ellos puede destacarse la lisina, metionina y cistina, que se encuentran en mayor concentración que los presentes en las proteínas de otras semillas oleaginosas (Díaz 2015). En la Tabla 6 se destacan algunos de los aminoácidos de la proteína de las semillas de Chía.

Aminoácido	g/16 g N	Aminoácido	g/16 g N
Ácido glutámico	12,40	Leucina	5,89
Ácido aspártico	7,64	Isoleucina	3,21
Lisina	4,44	Valina	5,10
Cistina	1,47	Arginina	8,90
Metionina	0,36	Otros	-
Total 80,64			

Tabla 6: contenido de aminoácidos correspondientes a hidrolizados de proteínas de semillas de Chía (Díaz 2015).

La semilla de Chía es una buena fuente de vitamina del grupo B. Investigaciones recientes muestran que el bajo nivel de vitamina B en la sangre está asociado a un aumento del riesgo de sufrir una enfermedad cardiocoronaria fatal y apoplejía (American Heart Association, 1999). La comparación del contenido de vitaminas de la Chía con respecto a la de otros cultivos tradicionales muestra que el nivel de niacina es mayor que el presente en maíz, soja, arroz y cártamo, mientras que su contenido de vitamina A es inferior al del maíz. Las concentraciones de tiamina y riboflavina son similares a las del arroz y el maíz, aunque menores que las de soja y de cártamo (Díaz 2015).

Con respecto al contenido de minerales, son una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre. En comparación con la leche, las semillas de Chía presentan un contenido 6 veces mayor de calcio, el doble de fósforo y 4,6 veces más de potasio (Díaz, 2015). Los niveles de hierro en las semillas de Chía y en la harina desgrasada son muy elevados, representado valores poco frecuentes en semillas (Díaz, 2015). En la Tabla 7 se puede observar su contenido en vitaminas y en minerales:

Nutriente	Semilla de Chía	
	Entera	Harina desgrasada
Vitaminas (mg/100g)		
Niacina	6,13	11,30
Tiamina	0,18	0,79
Riboflavina	0,04	0,46
Vitamina A	44 IU	-
Minerales (mg/100g)		
Calcio	714	1180
Potasio	700	1100
Magnesio	390	500
Fósforo	1097	1170
Hierro	16,4	20,4
Zinc	3,7	8,5
Cobre	0,2	2,6

Tabla 7: contenido de vitaminas y minerales presentes en semillas de Chía y en harina residual desgrasada (Adaptada de Instituto Nacional de Alimentos, 2003; Díaz, 2015).

El contenido de fibra de las semillas de Chía representa alrededor del 18-30%, presenta mayor contenido de fibra dietaria que la cebada, trigo, avena, maíz y arroz. El contenido de fibra en la harina residual de Chía representa alrededor de un 40%, de la cual un 5% corresponde a fibra soluble, denominada mucílago. Dicho mucílago es un tetrapolisacárido lineal compuesto

por D-xilosa, D- glucosa, 4-o-metil-D-ácido glucurónico en proporciones de 2:1:1, cuyo peso molecular varía entre 0,8 a 2×10^6 Da. Este mucílago es la capa transparente que se forma alrededor de la semilla cuando ésta se hidrata. El mucílago de Chía forma parte de las tres capas externas que recubren la semilla. Al momento de hidratar las núculas, el epicarpio se engrosa, por lo que la cutícula se quiebra debido a la falta de elasticidad y las células que se encuentran dentro comienzan a producir mucílago, el cual se extiende a lo largo de la superficie del fruto (Capitani, 2013).

La elevada actividad antioxidante de la fracción de harina de Chía rica en fibra (FRF) es atribuible a la presencia de los compuestos polifenólicos, principalmente los ácidos cafeico y clorogénico y la quercetina, la cual es uno de los compuestos más potentes y estables para los cuales se ha evaluado la actividad antioxidante (Capitani, 2013). En la Tabla 8 se muestran los compuestos polifenólicos presentes en extractos hidrolizados y no hidrolizados obtenidos a partir de la semilla de Chía.

Compuesto	g/kg de semilla de Chía
Extracto no hidrolizado	
Flavonoles	
Ácidos cinámicos:	
- Ácidos cafeico	$6,6 \times 10^{-3}$
- Ácidos clorogénico	$7,1 \times 10^{-3}$
Extracto hidrolizado	
Flavonoles:	
- Mirsetina	$3,1 \times 10^{-3}$
- Quercetina	$0,2 \times 10^{-3}$
- Kaemferol	$1,1 \times 10^{-3}$
Ác. Cinámicos: Ácidos cafeico	$13,5 \times 10^{-3}$

Tabla 8: concentración de antioxidantes fenólicos presentes en extractos de semilla de Chía (Capitani, 2013).

En la Figura 14 aparece reflejada las estructuras químicas de algunos de los compuestos mencionados en la tabla anterior:

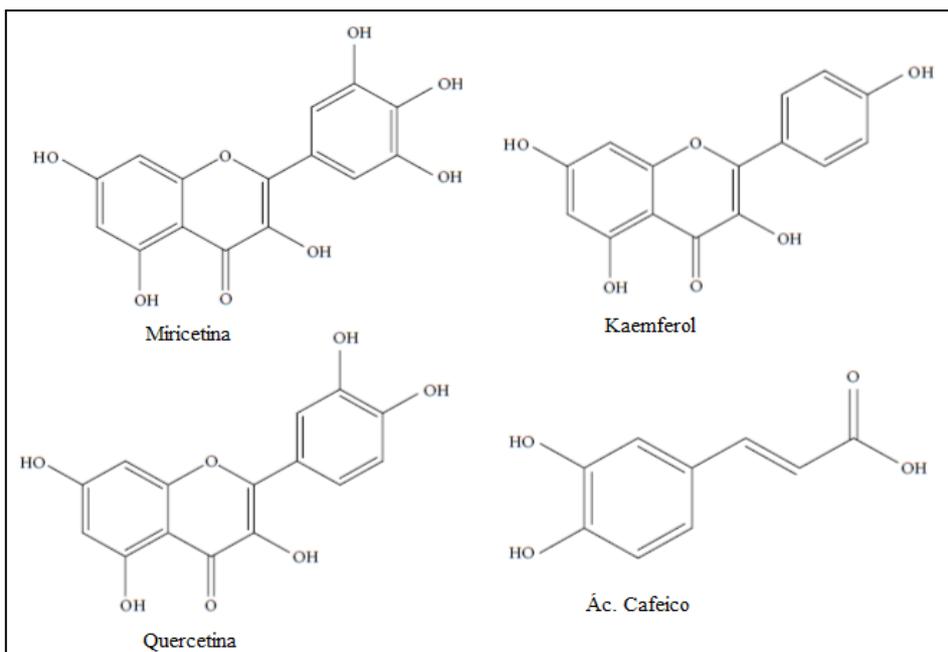


Figura 14: moléculas orgánicas de los antioxidantes fenólicos presentes en extractos de semilla de Chía (Mohd Ali y cols., 2012).

4.3.1 Métodos de extracción de aceite contenido en los frutos

El proceso de extracción de aceites para semillas oleaginosas puede ser por prensado dónde se suelen emplear las prensas de tornillo sinfín o bien por adición de solventes. Normalmente, las semillas de *Salvia hispanica* son tratadas con el segundo método. Una vez que la muestra está preparada, se procesa mediante un equipo Soxhlet, empleando como disolvente n-hexano durante un tiempo de 6 horas a una temperatura aproximada de $45 \pm 2^\circ\text{C}$. La mezcla hexano-aceite se destila a presión reducida en un evaporador rotatorio a 45°C , para obtener el aceite crudo. Posteriormente, se envasa en frascos de vidrio ámbar con rosca y se almacena a 0°C bajo atmósfera de nitrógeno (Capitani, 2013).

4.3.2 Microencapsulación del aceite de Chía

La microencapsulación es un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas son introducidas en una matriz o sistema polimérico matricial con el objetivo de impedir su pérdida, protegerlos de la reacción con otros compuestos presentes o impedir que sufran reacciones de oxidación. Proporciona un medio de envasar, separar y almacenar materiales a escala microscópica para su liberación posterior bajo condiciones controladas (López y cols., 2015). Dentro de los métodos físicos más utilizados para microencapsular aceites, se encuentra el secado por aspersion, que es el más ampliamente utilizado para ingredientes alimenticios, por ser el más económico (López, 2015). Se han realizado estudios para evaluar la influencia de este proceso en el contenido de ácidos grasos en *Salvia hispanica* (López y cols., 2015). Como se

observa en la Tabla 9, en las microcápsulas se mantuvo un elevado contenido de ácido linoleico y linolénico, por lo que se puede deducir que el proceso de microencapsulación no afectó al contenido de ácido linolénico presente en el aceite. Por otro lado, la ausencia de las bandas características que mostró el espectro del aceite entre 2800 y 3000 cm^{-1} , correspondientes al grupo carboxilo en el espectro de la sustancia microencapsulada, indicaron una importante eficiencia en el atrapamiento del aceite en la microcápsula. Estas bandas se observaron minimizadas en el espectro de las microcápsulas, por lo que se demostró la efectividad del proceso de microencapsulación (Figura 15) (López y cols., 2015).

Ácidos grasos	Aceite sin microencapsular (%)	Microcápsulas (%)
Palmítico	8,51 ± 0,47	9,26 ± 0,50
Palmitoleico	0,19 ± 0,02	0,22 ± 0,02
Heptadecanoico	0,25 ± 0,03	0,30 ± 0,03
Esteárico	3,58 ± 0,25	4,06 ± 0,26
Oleico	7,19 ± 0,17	7,40 ± 0,17
Linoleico	19,74 ± 0,26	19,99 ± 0,08
Alfa-linolénico	60,19 ± 1,07	58,25 ± 1,10
Eicosanoico	0,20 ± 0,03	0,25 ± 0,04

Tabla 9: contenido de ácidos grasos del aceite de Chía (López y cols., 2015).

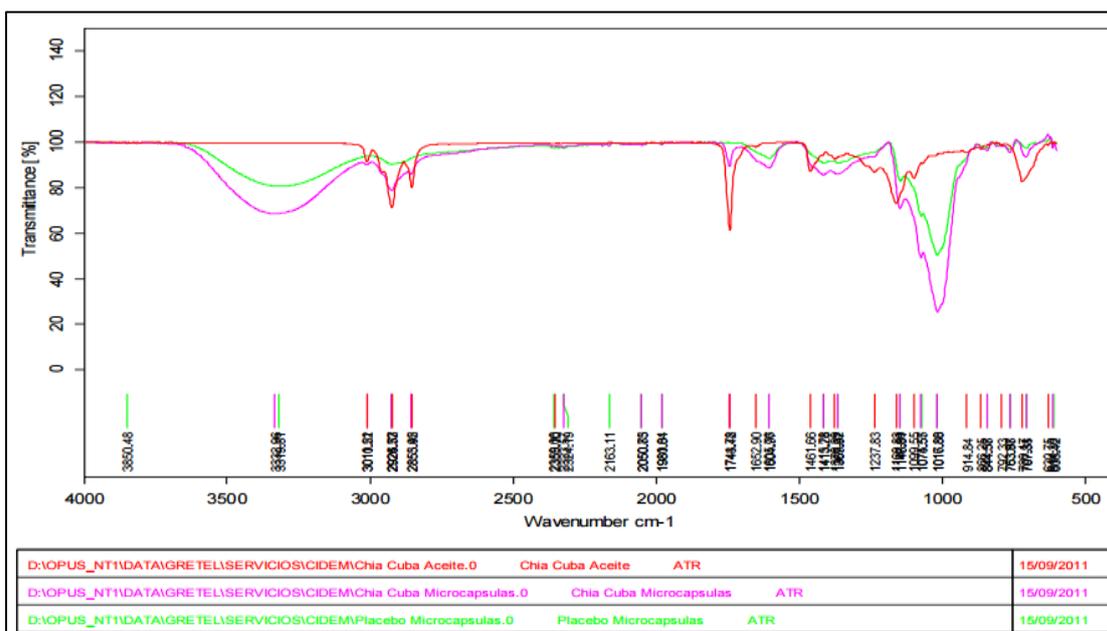


Figura 15: 2. Espectros infrarrojos del aceite sin microencapsular (Rojo), microencapsulado (Morado) y de los polímeros (Verde) (López y cols., 2015).

4.3.3 Extracción de mucílagos de Chía

Los pasos para obtener el mucílago de las semillas son remojar las semillas enteras de Chía en agua (1:10 p/v), durante 4 h, a temperatura ambiente y con agitación manual durante los primeros 15 min para lograr la completa hidratación de las semillas y evitar su aglomeración. Posteriormente, dicha mezcla se distribuye en bandejas de plástico (9 x 5 x 15 cm) en una capa de 1 cm de espesor, y se cubren con papel aluminio, se congelan a -20°C durante 96 h y después se liofilizan a -50°C (Liofilizador RIFICOR). Por último, el mucílago seco se separa de las semillas mediante un proceso de tamizado empleando el agitador Zonytest cuya malla es de $840\ \mu\text{m}$, en tres periodos de 15 min cada uno, previo a la separación manual de la mezcla de semillas y de mucílago liofilizado (Capitani, 2013). Los procesos realizados se encuentran descritos en la Figura 16:

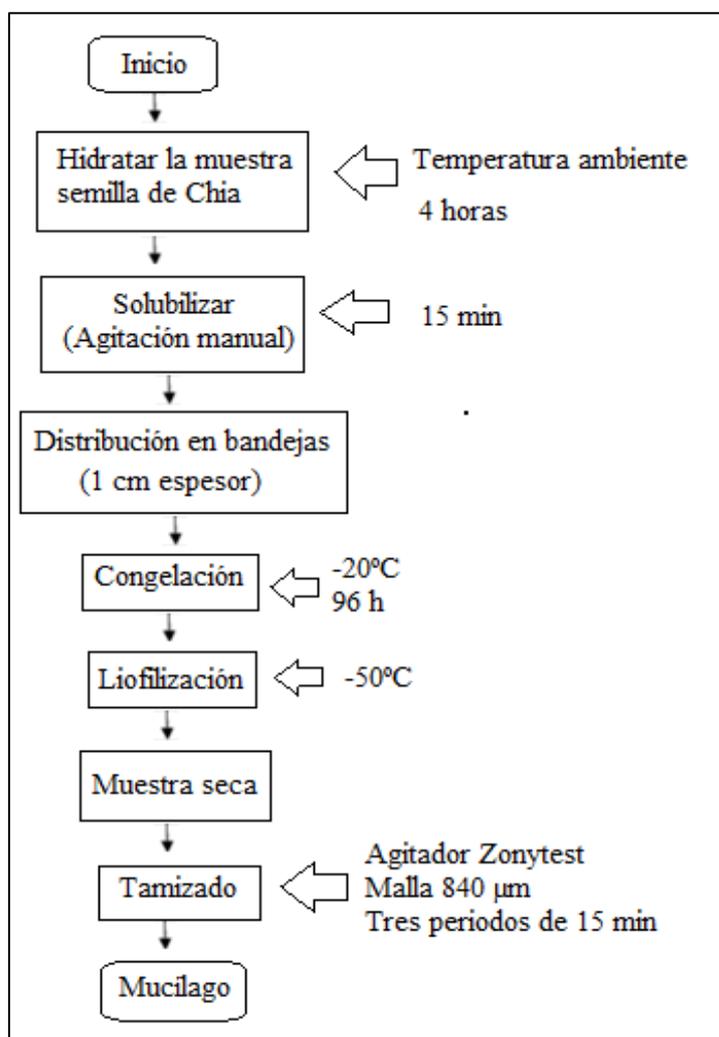


Figura 16: Proceso de extracción de mucílago de Chía (Adaptado de Capitani, 2013).

4.3.4 Métodos de extracción de harinas de Chía

En el proceso de extracción por prensado la harina se obtiene tras la extracción del aceite de semillas de Chía mediante una prensa de tornillo helicoidal. Anteriormente, el contenido de humedad de las semillas fue ajustado a 10% según la metodología propuesta por Singh y Bargale (2000). El agua se agregó a la muestra mediante aspersión. Después se almacenó durante 48 h en un recipiente con cierre hermético, el cual se somete a agitación, a intervalos regulares de tiempo, para asegurar una distribución uniforme de la humedad. La extracción del aceite se llevó a cabo en una sola etapa a 25-30°C. Las semillas fueron suministradas a la prensa desde la tolva por gravedad. La cantidad de harina se determina gravimétricamente y se expresa como porcentaje en peso (g harina/100 g semilla; Capitani, 2013).

La harina de Chía obtenida por extracción con solvente se lleva a cabo en un equipo Soxhlet, empleando como disolvente n-hexano cuyo punto de ebullición son 69°C (IUPAC, 1992) y las semillas previamente trituradas en un molinillo de laboratorio de cuchilla horizontal durante 60 s. El proceso se efectúa durante 8 h a 80°C y a presión atmosférica. Por último, la harina se desolventiza para eliminar el solvente residual. El contenido de harina se determina gravimétricamente y se expresa como porcentaje en masa de la semilla triturada libre de humedad (g harina/100 g semilla y desgrasada; Capitani, 2013).

4.4 Beneficios de *Salvia hispanica* en la nutrición

Desde el punto de vista nutricional, la Chía presenta un valor biológico de 73.20, valor superior a otras fuentes de origen vegetal de consumo masivo, como el maíz con 50 y trigo con 34 (Fernández y cols., 2006).

4.4.1 Vínculo entre la composición en ácido graso alfa-Linolénico y un efecto hipolipemiante.

Los ácidos grasos omega 3 han mostrado contrarrestar las complicaciones generadas por la obesidad debido a su actividad hipolipemiante, antiinflamatoria y antioxidante (Escobar y cols., 2013). Por lo tanto, al alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados omega 3 que presenta esta especie se le atribuye un efecto hipolipemiante, de modo que si se incorpora en la dieta habitual de los animales refleja un descenso del colesterol y triglicéridos en sangre. Esta propiedad contribuiría a la disminución del riesgo coronario. A consecuencia de esto, se realizó un estudio sobre la incorporación de Harina integral de Chía (HICH) en el alimento de aves de postura (15%) y en pollos de engorde (10%) que propició el enriquecimiento de la yema de huevo y de los tejidos de los pollos en ácido α -linolénico (C18:3), así como una disminución en el porcentaje de ácido palmítico (C16:0). La productividad de las aves no se vio comprometida por los niveles de incorporación de harina estudiados, ni tampoco la salud de los animales

(Salazar-Vega y cols., 2009), aunque las gallinas alimentadas con HICH perdieron peso al final del período experimental ($p<0,05$). El porcentaje de postura disminuyó en relación al grupo testigo por efecto de la adición de HICH en la dieta ($p<0,05$), sin embargo, el peso del huevo se incrementó ($p<0,01$) en los grupos con HICH. Todo esto queda reflejado en la Tabla 10.

Nivel de incorporación de Chía	Etapa experimental		Productividad	
	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Porcentaje de postura	Peso de huevo (g)
0% (Testigo)	1,35±0,04	1,39±0,09	84,3±0,21	61,9±0,69
15%	1,33±0,03	1,21±0,11	80,7±0,54	65,3±1,10

Tabla 10: peso de las gallinas de postura, porcentaje de postura y peso del huevo en función del porcentaje de inclusión de harina integral de Chía. Media \pm desviación estándar (Modificación Salazar-Vega, 2009).

La reducción en el porcentaje de ácido palmítico en la yema de huevo y el enriquecimiento en ácido ω -3 representa una ventaja para la salud de los consumidores, ya que el consumo de este tipo de alimentos reduce el riesgo asociado con enfermedades cardiocoronarias (AHA, 1999). A continuación, en la Tabla 11, se observa cómo el contenido de C16:0 disminuyó ($p<0,05$) conforme se incrementó el porcentaje de Chía en el alimento, mientras que el resultado fue inverso para el C18:3, ya que se incrementó al pasar de ser indetectable hasta representar un 4,4%.

Nivel de incorporación de Chía	Porcentaje de ácidos grasos	
	C16:0	C18:3
0% (Testigo)	40,8±2,9	0
15%	35,9±2,0	4,4±1,8

Tabla 11: porcentaje de ácidos grasos en la yema de huevo de gallinas de postura alimentadas con harina integral de Chía. Media \pm desviación estándar (modificado a partir de Salazar-Vega, 2009).

4.4.2 Relación entre *Salvia hispanica* y la Diabetes.

Varias investigaciones han demostrado que las ratas normales alimentadas con una dieta alta en carbohidratos (particularmente fructosa o sacarosa) durante 3-5 semanas desarrollan hipertriacilglicerolemia, hiperinsulinemia, disminución de la tolerancia a la glucosa y disminución de la acción de la insulina (Bezerra y cols., 2000; Chicco y cols, 2009). Sin embargo, se ha demostrado que el perfil metabólico y hormonal obtenido en ratas alimentadas con una dieta rica en sacarosa (SRD) depende tanto de la cantidad de tiempo como de la cantidad de sacarosa administrada (Salazar y cols., 2009). Cuando la dieta se prolonga de 15 a

40 semanas, se observa un estado estable de hipertriacilglicerolemia, hiperglucemia moderada, resistencia a la insulina y patrones alterados de secreción de insulina estimulada por glucosa en islotes perifusados (Chicco y cols., 2003). Además de la dislipidemia, las ratas presentan un sobrepeso moderado, una adiposidad visceral y un aumento sustancial del almacenamiento de triacilglicéridos en tejidos no adiposos; por ejemplo: el hígado, el páncreas, el esqueleto y los músculos cardíacos (Chicco y cols., 2003; Chicco y cols., 2009). Todos estos efectos metabólicos inducidos por la alimentación de un SRD a largo plazo se asemejan mucho a los encontrados en los seres humanos con sobrepeso y / o la diabetes tipo 2. Se realizó un estudio dónde utilizaron semillas de Chía dietética en lugar de aceite de maíz (rico en Ácido linoleico) como fuente dietética de grasa para probar si esta intervención nutricional podría prevenir o mejorar la dislipidemia y la insensibilidad a la insulina inducida en ratas alimentadas con SRD. Observaron que la semilla de Chía dietética fue capaz de prevenir el inicio de la dislipidemia, cuando se administró simultáneamente con SRD durante 3 semanas (experimento a corto plazo), no cambió los niveles de glucosa en plasma, impidió el desarrollo de la resistencia a la insulina y se corrigió parcialmente el aumento significativo de insulinemia observado en las ratas alimentadas con SRD. El experimento continuó con la alimentación con SRD a largo plazo (5 meses) dónde se observó que la hipertriacilglicerolemia y la resistencia a la insulina continuaban controladas, e incluso que podían ser completamente revertidas. Junto a todo lo anterior se observó, también, una disminución de la adiposidad visceral en las ratas sin cambios significativos en el peso corporal total o la ingesta energética (Chicco y cols., 2009).

4.4.3 *Salvia hispanica* y el estreñimiento

La constipación o estreñimiento se caracteriza por un retardo de la evacuación de las heces o por la evacuación de heces menos abundantes y más duras que las normales. Las personas de la tercera edad suelen presentar tendencia a padecer este trastorno, por tanto, se llevaron a cabo una serie de investigaciones en este grupo fisiológico con problemas de estreñimiento que consistieron en consumir tortilla elaborada a base de Chía. La ingesta de fibra en esta población era insuficiente, y presentaban síntomas como esfuerzo excesivo, evacuación incompleta y heces duras (Figura 17). El tratamiento provocó un cambio estadísticamente significativo con la dosis de 6g, sin embargo, con una dosis de 9g se presentó con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, se puede concluir que hay disminución de síntomas a partir de la dosis de 6 g (Bautista, 2011).

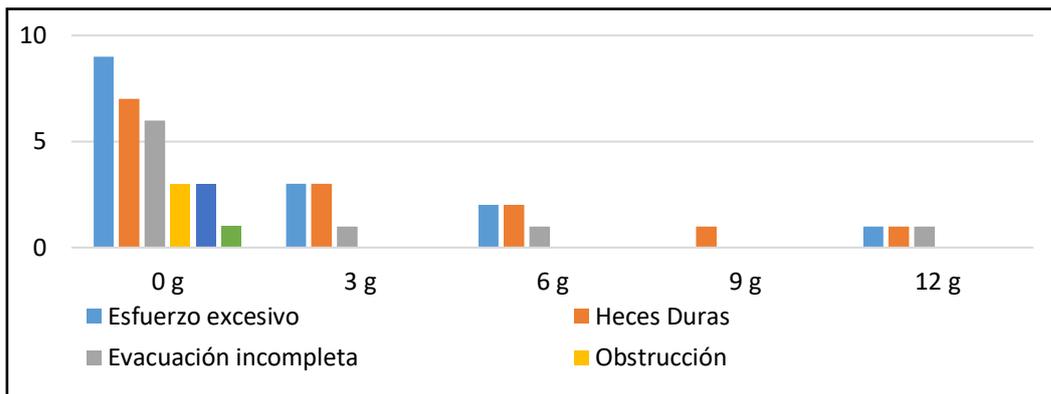


Figura 17: frecuencia de síntomas de estreñimiento en función del consumo de gramos de Chía (Bautista, 2011).

4.4.4 Adaptabilidad en dietas celiacas

Por otra parte, cabe destacar la importancia de la harina de Chía, por ser sin gluten. La enfermedad celíaca es una intolerancia de por vida a la gliadina del trigo y a las prolaminas secalina del centeno, la hordeína de la cebada. La reacción a la ingestión de gluten es la inflamación del intestino delgado, llevando a la mala absorción de nutrientes. El único tratamiento efectivo es una estricta dieta sin gluten. Los productos a base de trigo son alimentos básicos en la dieta de la mayoría de las personas en todo el mundo y la obtención de pasta sin gluten con características similares a la pasta de trigo representa una tarea difícil para la industria. Los productos sin gluten son generalmente muy ricos en almidón y carecen de proteínas. Capriles y Arêas (2016) subrayaron la necesidad de reducir el índice glucémico de los alimentos sin gluten, mediante la introducción de materias primas ricas en fibra y proteínas. Un estudio realizado por Menga y cols., (2017) propone abordar este objetivo mediante la adición de semillas de Chía y mucílago para la elaboración de pasta fresca sin gluten. La investigación ha demostrado que la Chía puede representar un sustituto válido de los hidrocoloides (que imitan la red de gluten), obteniéndose una pasta sin gluten con características de cocción equivalentes a las alcanzables a partir de un producto comercial. Por otra parte, con una concentración del 10% de mucílago o semillas de Chía se obtiene una pasta más nutritiva y sana en comparación con muestras de CGF (commercial gluten free) como lo confirman el alto contenido de proteínas, fibra dietética y ácidos fenólicos (Menga y cols., 2017). A su vez, se han estudiado otro tipo de alimentos como productos panarios, pudín y postres con el mismo objetivo (Ordaz, 2010; Andrade y Albarracín, 2015).

4.5 Nuevas líneas de investigación

4.5.1 Estudios sobre los beneficios de *Salvia hispanica* en animales.

Varias especies vegetales han sido reconocidas comercialmente como buenas fuentes de aceite para uso dietético, incluyendo semilla de colza de linaza, semilla de girasol, semilla de soja, maíz, onagra y semilla de Chía. Antruejo y cols. (2011) realizaron un estudio comparativo utilizando semillas de linaza, semilla de colza y Chía como pienso de pollo observando que los huevos de gallinas alimentadas con Chía tuvieron el mayor contenido de ALA ω -3 en comparación con las gallinas alimentadas con linaza o colza (Mohd Ali y cols., 2012). Debido a la mayor disponibilidad y precio más bajo de la linaza, se llevó a cabo un intento de reemplazar Chía con linaza en la alimentación de las gallinas ponedoras, dando lugar a una ligera disminución de la ω -3 ALA contenido en la yema de huevo (Mohd Ali y cols., 2012) y un alto contenido antinutricional que afectó a la calidad de la carne de ave. Además de la utilización de Chía en aves de corral destinadas al consumo humano, se procedió de igual manera en alimentación de cerdos y conejos con semillas de Chía dando lugar a un aumento de PUFA en grasas de la carne, así como en el aroma y el sabor (Mohd Ali y cols., 2012). Se realizaron estudios sobre los efectos de la alimentación de semillas de Chía en plasma de rata. Sus hallazgos indicaron que los triglicéridos séricos (TG) y las lipoproteínas de baja densidad (LDL) disminuyeron significativamente mientras que los niveles de lipoproteína de alta densidad (HDL) y ω -3 PUFA aumentaron (Mohd Ali y cols., 2012). Estas son las características deseables de los alimentos humanos ya que no se encontraron características organolépticas atípicas. Esto demostró la superioridad de la semilla de Chía frente a otras fuentes nutricionales. Por lo tanto, es una buena fuente sustituta de PUFA procedente de los peces u otros aceites de semillas, esto se demuestra en la Tabla 12.

Ácidos grasos	Chía semillas	Ácidos grasos	Chía semillas
16:0	6,60	18:3 n -3	64,60
18:0	2,80	Grasas saturadas	12,04
18:1	6,80	Monoinsaturados	7,44
18:2 n -6	18,60	Poliinsaturados	86,2

Tabla 12: composición de ácidos grasos de semillas de Chía (g / 100 ácidos grasos totales) (Chicco y cols., 2009).

4.5.2 Posibles beneficios de Chía en ensayos clínicos humanos.

La correlación entre elevadas grasas saturadas y bajo consumo de PUFA con enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el síndrome metabólico fue un descubrimiento importante (Ayerza y cols., 2002; Martha y cols., 2012). Además, se observó que el efecto aditivo de ácido

α -linolénico (ALA) presentaba efectos cardioprotectores en las mujeres, lo que condujo a realizar estudios clínicos humanos con Chía para combatir los factores de riesgo de la enfermedad. Hasta la fecha, se han llevado a cabo cuatro ensayos clínicos y los detalles se resumen en la Tabla 13. Entre estos ensayos, tan sólo el de Nieman y cols. (2009) no mostró beneficios para la salud. Esta diferencia podría deberse a las duraciones de tratamiento empleadas y también a los componentes bioquímicos reales de la semilla de Chía dietética utilizada en los diversos estudios. Sin embargo, estudios posteriores (Vuksan y cols., 2010; Martha y cols., 2012) sí demostraron los beneficios de Chía en la salud humana.

Duración	Modo de ensayo	Formulación	Resultados
7 semanas	10 mujeres menopáusicas	25 g Semillas Chía/día.	ALA y Ácido eicosapentanoico (EPA) aumentaron tras la suplementación de Chía. Estos estudios coincidieron con estudios previos en conejos, gallinas y ratas.
12 semanas	Ensayo ciego con 76 voluntarios (Placebo 37; Semilla de Chía 39)	25 g Semillas Chía en 250 ml de agua 2 veces al día.	Aunque los estudios realizados no fueron satisfactorios, demostraron que el contenido de ALA aumenta en el plasma (Nieman y cols., 2009).
2 meses	Aleatorio, con control dietético (500 kcal durante 2 semanas) en sujetos con síndrome metabólico (Placebo 35; Infusión 32)	Infusión de 235 kcal (Proteínas de soja, semillas Chía...)	El peso corporal disminuye y reduce los TG y los niveles de glucosa en sangre (Martha y cols., 2012).
120 minutos	Aleatorio, ensayo doble ciego en 11 voluntarios sanos	50 g de pan blanco que contiene 0, 7, 15 o 24 g de semillas de Chía.	Disminuye la glicemia postprandial (Vuksan y cols., 2010).

Tabla 13: ensayos clínicos en humanos con semillas de Chía (Mohd Ali y cols., 2012).

Sin embargo, los estudios de la ingesta de Chía en la dieta humana que tienen en cuenta factores como un estilo de vida o variaciones genéticas son todavía muy limitados, lo que implica que deben estudiarse con profundidad en el futuro.

4.5.3 Aplicación comercial de semillas de Chía.

Los alimentos funcionales han ganado una gran relevancia en todo el mundo en los últimos años, debido a la creciente preocupación de la población por su alimentación y bienestar. Una de las razones que ha despertado este cambio en la sociedad, es el creciente número de personas

que sufren de enfermedades cardiovasculares (ECV), presión arterial alta, obesidad, diabetes y otras enfermedades relacionadas. Estas condiciones son comúnmente debido al estilo de vida inactivo y la mala dieta, consumiendo diariamente altas cantidades de ácidos grasos saturados. Hay algunos estudios sobre la correlación entre el alto contenido de grasas saturadas (SFA: Saturated Fatty Acids), en particular el ácido palmítico, y bajo consumo de PUFA; también para aumentar su funcionalidad como suplementos alimenticios de alto contenido en nutrientes (Mohd Ali y cols., 2012).

Recientemente, Chía ha recuperado su popularidad al convertirse en una de las principales fuentes de aceite que contiene altos niveles de PUFA. Chía, que antes era el principal cultivo alimenticio de los pueblos indígenas de México y Guatemala, ahora es ampliamente cultivada y comercializada por su contenido de ácidos grasos (omega) ω -3 alfa-linolénico (ALA) y propiedades antioxidantes. Hoy en día, se extiende a otras áreas como Australia y el sudeste de Asia (Jamboonsri y cols., 2012). La Tabla 14 presenta un resumen de los usos comerciales actuales de la semilla de Chía.

Usos	Productos	Resultados
Alimentación animal	Pollos	Aumento del ácido ω -3 alfa-linoleico y ácido ω -6 linoleico del huevo y la yema (Antruejo y cols., 2011). Aumento del ácido ω -3 alfa-linoleico y disminución del ácido graso palmítico de la carne. El gusto, la evaluación sensorial y la producción de huevos y pollos de engorde no fueron afectados (Ayerza y Coates, 2002).
	Cerdos y conejos	Aumento de los AGPI en las grasas de la carne, así como un mejor aroma, sabor y digestibilidad de la carne (Peiretti y Meineri, 2008).
Formulación de alimentos	Harina compuesta (15-20% de Chía con harina de maíz)	Aumento de la fibra dietética total y una disminución en el índice glucémico (Vendón-Villalobos y cols., 2012).
	Ingrediente para galletas, barras de cereales, patatas fritas, postres, panes, jaleas y emulsiones	Mejor retención de agua, capacidad de absorción y estabilidad emulsionante (Capitani y cols., 2012).
Suplementos	Aceite de semilla de Chía	Aplicación tópica para enfermedades de la piel como prurito y eczema xerótico, especialmente en pacientes con disfunción diabética y renal (Jeong y cols., 2010).
	Bebidas cargadas de hidratos de carbono	Mejora la resistencia deportiva de los atletas en más de 90 minutos (Illian y cols., 2011)

	Suplemento para mujeres posmenopáusicas	Mejora de los niveles de ALA y ácido eicosapentaenoico (EPA) (Nieman y cols., 2010).
--	---	--

Table 14: uso comercial de las semillas de Chía (Mohd Ali y cols., 2012).

En el año 2000, las Directrices Dietéticas de los Estados Unidos recomendaron que la semilla de Chía podría utilizarse como alimento primario sin exceder los 48 g/día. La Comisión Europea aprobó la utilización de semillas de Chía en los productos de panificación con un límite no superior al 5%. Además de pan, la industria alimentaria de varios países de todo el mundo, incluyendo Estados Unidos, Canadá, Chile, Australia, Nueva Zelanda y México, ha utilizado ampliamente semillas de Chía o su aceite para diferentes aplicaciones como la fabricación de cereales para el desayuno, barras de cereales, pasteles, y yogur (Mohd Ali y cols., 2012). También se consume como ensalada de brotes, en las bebidas y aderezo para ensaladas (Rendón-Villalobos y cols., 2012). A pesar de sus conocidas actividades antioxidantes y el perfil saludable de sus ácidos grasos, los consumidores no han sido muy conscientes de los beneficios de Chía hasta hace poco.

La producción de semillas de Chía es un importante contribuyente a la economía argentina, responsable del 24% de su industria agrícola. Sin embargo, a pesar de que la semilla de Chía se ha comercializado durante mucho tiempo en Argentina, existen problemas en su disponibilidad y sostenibilidad como fuente de aceite comestible en el mercado global. La actual siembra y producción de aceite de semilla de Chía todavía está por satisfacer plenamente la demanda del mercado mundial (Mohd Ali y cols., 2012).

5. Conclusiones

1 → La familia Labiatae generalmente presenta corola bilabiada, con labio superior plano o cóncavo, o unilabiada, con 5 pétalos soldados. De las aproximadamente 900 especies del género *Salvia* que están distribuidas por todo el mundo, más de la mitad, por América Central y Sudamérica (Sáez, 2010). *Salvia hispanica* es un taxón, perteneciente a la familia de las Labiadas, que procede de México y Guatemala. Sus inflorescencias son espigas terminales o axilares, en grupos protegidos por pequeñas brácteas con largas extremidades puntiagudas y con pedúnculo corto. Corola de color morado y bilabiada. Las características de los estambres, la forma de la flor y la presencia del disco nectarífero, hacen presumir que *Salvia hispanica* es alogámica.

2 → *Salvia hispanica* es una especie con numerosos usos conocidos en la antigüedad. Se empleaba como ingrediente en recetas médicas; se utilizaba el aceite procedente de sus frutos como barniz. En el uso culinario se molían sus semillas hasta obtener una harina conocida como Chianpinolli. También se empleó en ritos religiosos para la realización de ofrendas a los Dioses.

3 → La parte dónde se almacenan los principios activos más usados de *Salvia hispanica* son principalmente las semillas. Chía presenta un alto contenido en ácido alfa-linolénico (omega 3), lo que la convierte en un alimento apto para todo tipo de dietas y que ejerce propiedades beneficiosas para el ser humano. Además, en su composición química destacan una serie de componentes que la convierten en un alimento muy completo.

4 → Las semillas Chía pueden ser sometidas a diferentes procesos de extracción según el producto que se desee obtener: aceite, mucílago o harina. Destaca también la microencapsulación del aceite de Chía que impide la peroxidación lipídica.

5 → La harina de *Salvia hispanica* carece de gluten, lo que la convierte en apta para dietas celiacas. Actualmente se sustituye la harina de trigo por harina de *Salvia hispanica* a la hora de fabricar algunos alimentos comunes

6 → *Salvia hispanica* también se añade a piensos para animales con el fin de mejorar sus componentes nutricionales. Se han llevado a cabo estudios en animales con resultados muy significativos.

6. Bibliografía

American Heart Association (1999). Functional foods: position of ADA. J Am Diet Assoc 99: 1278-85.

Ayerza R y Coates W, Dietary levels of Chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. Poultry Science. 2000; 79, no. 5: 724-39.

Ayerza R y Coates W. Dietary levels of Chía: influence on hen weight, egg production and sensory quality, for two strains of hens. British Poultry Science. 2002: 43; 283–90

Ayerza R, Coates W y Lauria M. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an ω -3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics,” Poultry Science.2002; 81, no6: 826–37.

Ayerza R, Coates W. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown Chia (*Salvia hispanica* L). Indust Crops Prod. 2011; 34: 1366-71.

Ayerza, R. Chia flowering season prediction using day length data of 11 selected locations. Rev. Ind. Agríc. de Tucumán. 2014; 91: 33-5.

Bautista M; Cervantes E, Ramírez A, Sánchez. Y. Disminución de síntomas de estreñimiento del adulto mayor mediante el consumo de tortilla de Chía. Proyecto Integrador en Nutrición y Ciencia de los Alimentos III. Universidad Iberoamericana Puebla. Área de Síntesis y Evaluación ASE de Nutrición. 2011.

- Bezerra RM, Ueno M, Silva MA, Tavares DQ, Carvalho CRO and Saad MJA. A high fructose diet affects the early steps of insulin action in muscle and liver of rats. *J Nutr.* 2000; 130: 1531–35.
- Cahill JP. Genetic diversity among varieties of Chía (*Salvia hispanica* L.). *Gen. Res. Crop Evol.* 2004; 51:773-81.
- Cahill, JP. Ethnobotany of Chía, *Salvia hispanica*. *Econ Bot.* 2003;57(4): 604-18.
- Capitani MI. Caracterización y funcionalidad de subproductos de Chía (*Salvia hispanica* L.) Aplicación en tecnología de alimentos. Departamento de Química. Argentina. 2013.
- Capriles VD, Arêas JAG. Approaches to reduce the glyceic response of gluten-free products: In vivo and in vitro studies. *Food Funct.* 2016; 7: 1266-72.
- Chicco A, D'Alessandro ME, Karabatas L, Pastorale C, Basabe JC & Lombardo YB (2003) Muscle lipid metabolism and insulin secretion are altered in insulin-resistant rats fed a high sucrose diet. *J Nutr.* 2003; 133: 127–33.
- Chicco AG, D'Alessandro ME, Hein GJ, Oliva ME, Lombardo YB. Dietary Chia seed (*Salvia hispanica* L.) rich in α -linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats. *Brit J Nutr.* 2009; 101: 41–50.
- Cornejo-Tenorio G, Ibarra-Manríquez G. Diversity and distribution of the genus *Salvia* (Lamiaceae) in Michoacan, Mexico. *Rev Mex Biodiv.* 2011, 82: 1279-96.
- De Vos J. Origen y significado del nombre de Chiapas. *Rev. Mesoamérica.* 1983; 5: 1-7.
- Di Sapio O, Bueno M, Busilacchi H, Quiroga ME, Severin C. Caracterización Morfoanatómica de Hoja, Tallo, Fruto y Semilla de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *Bol. Latinoam. Caribe Plant. Med. Aromat.* 2012; 11: 249-68.
- Díaz LN. La Chía (*Salvia hispanica* L.) cultivo y alimento de los aztecas con nuevo potencial. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. México. 2015; 1-86.
- Escobar J, Estrada L, Gómez L, Gil AM, Cadavid A. ¿Pueden los ácidos grasos omega 3 y 6 contrarrestar los efectos negativos de la obesidad en la gestación?. *Rev. Chil. Obstet. Ginecol.* 2013;78; n°3.
- Estilai A, Hashemi A, Truman K. Chromosome Number and Meiotic Behavior of Cultivated Chia, *Salvia hispanica* (Lamiaceae). *Hortscience.* 1990; 25(12):1646-7.
- Fernández I, Ayerza R, Coates W, Vidueiros SM, Iobodianik N, Pallaro AN. Características nutricionales de la chía. *Actualización en Nutricion.* 2006; 7: 23-5.
- Haque MS, Ghoshal KK. Karyotypes and chromosome morphology in the genus *Salvia* Linn. *Cytologia.* 1980; (45):627–40.
- Hernández JA, Miranda S. Morphological characterization of Chia. *Fitotec. Mex.* 2008; 31 (2): 105 – 13.

Illian TG, Casey JC, y Bishop PA. Omega 3 Chia seed loading as a means of carbohydrate loading. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25, no1: 61-5.

Ixtaina VY. Caracterización de la semilla y el aceite de Chía (*Salvia hispanica* L.) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en tecnología de alimentos. Universidad de Química. Argentina. 2010.

Jamboonsri W, Phillips TD, Geneve RL, Cahill JP, Hildebrand DF. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L. – a new ω 3 source. *Gen Res Crop Evol*. 2012; 59 (2): 171-8

Jeong SK, Park HJ, Park BD y Kim IH. Effectiveness of topical Chia seed oil on pruritus of end-stage renal disease (ESRD) patients and healthy volunteers,” *Annals of Dermatology*. 2010; 22, no2; 143–8

López OD, Vicente R, Rodríguez EA, González VL, Nogueira A, González ML. Influence of the microencapsulation process in fatty acids of *Salvia hispanica* oil. *Aliment Cienc Inv*. 2015; 23(1): 60-64.

Martha GC, Armando RT, Carlos AA y cols. A dietary pattern including Nopal, Chia seed, soy protein, and oat reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic síndrome. *J Nutr*. 2012; 142, no1: 64-9.

Martínez-Gordillo M, Fragoso-Martínez I, García-Peña MR, Montiel O. Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. *Rev Mex Biodiv*. 2013; (84): 30-86.

Menga V, Amatob M, Phillips TD, Angelino D, Morreale F, Fares C. Gluten-free pasta incorporating Chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. *Food Chem*. 2017 221:1954–61.

Mohd Ali, Keong S, Ho WY, Beh BK, Tan SW, Tan SG. The Promising Future of Chia, *Salvia hispanica* L. Hindawi Publishing Corporation. *J Biomed Biotechnol*. 2012; 1-10. Article ID 171956. doi:10.1155/2012/171956

Morales, A.; Quintanar, A. and Cabezas, F. (2010). Labiatae. In: Castroviejo, S. (ed.) - Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares., vol. 12. Madrid, Real Jardín Botánico, C.S.I.C., p. 25-484.

Morales, R. Diversidad de Labiadas Mediterráneas y Macaronésicas. *Portugaliae Acta Biol*. 2000; (19): 31-48.

Orona-Tamayo D, Valverde ME Y Paredes-López O. Chia-The New Golden Seed for the 21st Century. Chapter 17. Sustainable Protein Sources. 2017; 265–81

Peiretti PG, Meineri G. Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with Chía (*Salvia hispanica* L.) seed supplements. *Meat Sci*. 2008; 80, no. 4: 1116–21.

Rendón-Villalobos R, Ortiz-Sanchez A, Solorza-Feria J, Trujillo-Hernandez CA. Formulation, physicochemical, nutritional and sensorial evaluation of corn tortillas supplemented with Chía seed (*Salvia hispanica* L.). Czech J Food Sci. 2012; 30, n°2: 118-25.

Sáez L. (2010). *Salvia* L. In: Morales R, Quintanar A, Cabezas F (eds) Flora Iberica, vol XL., Real Jardín Botánico CSIC, Madrid, pp 298–326.

Salazar-Vega MI, Rosado-Rubio JG, Chel-Guerrero LA, Betancur-Ancona DA, Castellanos-Ruelas AF. Composición en ácido graso alfa-linolénico (w3) en el huevo y carnes de aves empleando Chía en el alimento. Interciencia. 2009; 34: 209-13.

Sosa A, Ruiz G, Rana J, Gordillo G, West H, Sharma M, Liu X X, Robles RR. Chia Crop (*Salvia hispanica* L.): its History and Importance as a Source of Polyunsaturated Fatty Acids Omega-3 Around the World: a review. Crop Res Fert. 2016; 1: 1-9.

Turner, B L. Recension of the Mexican species of *Salvia* (Lamiaceae), section Scorodonia. Phytologia. 2009; 91:256-69.

Turner, B. L. *Salvia acerifolia* (Lamiaceae), a new species from Michoacán, México. Phytologia. 2008; 90:138-40.

Turner, BL. Recension of the Mexican species of *Salvia* (Lamiaceae), sect. Peninsularis. Phytologia. 2010; 92:20-26.

Turner, BL. Recension of the Mexican species of section Uliginosae of *Salvia* (Lamiaceae). Phytologia. 2009; 91:440-66.

Vuksan V, Jenkins AL, Dias AG y cols. Reduction in postprandial glucose excursion and prolongation of satiety: possible explanation of the long-term effects of whole grain Salba (*Salvia hispanica* L.). European Journal of Clinical Nutrition. 2010; 64, no4: 436-8.

7. Referencias electrónicas y bases de datos

Anthos. Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (Consultado en 2017) <http://www.anthos.es/>

Flora Mesoamericana:

<http://www.tropicos.org/NamePage.aspx?nameid=17600586&projectid=3&langid=66>

Global Biodiversity Information Facility: <http://www.gbif.org/species/2926992/vernaculars>

Harvard University Herbaria. (Consultado 2017) <https://huh.harvard.edu/>

ITIS (Integrated taxonomic information system) (Consultado 2017). <https://www.itis.gov/>

The plant list. (Consultado 2017) <http://www.theplantlist.org/>