

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LAS
SEMILLAS DE CHIA (*Salvia hispánica L.*) COMERCIALIZADAS EN EL
DISTRITO DE SANTA ANA.**

**TESIS PRESENTADA POR LA:
BACH. YENI MAMANI VARGAS**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ASESORA:
ING. HILKA MARIELA CARRIÓN SÁNCHEZ**

CUSCO - PERU

2018

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre conmigo, colmarme a mí y a mis seres queridos con salud y amor, también por darme la bendición de estar viva y así poder concluir esta meta.

A mi madre Matilde por su apoyo en todas las etapas de mi vida, por su gran amor, su paciencia y comprensión, por escucharme siempre y consentirme tanto, porque en sus oraciones siempre eh estado yo y siempre ha querido lo mejor para mí.

A mi padre, Zenovio por su apoyo incondicional y confianza.

A mi hermana Janeth, por los tantos momentos de risas y peleas.

A mi sobrino Kevin por todo su cariño, por alegrarme cada día con su inocencia, darme fuerza y ánimo para seguir adelante.

A mi tía Aurelia por su cariño y consejos.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincera gratitud y reconocimiento a quienes de diferentes maneras colaboraron en el desarrollo e hicieron posible este proyecto de tesis:

Agradezco infinitamente a Dios por todas las bendiciones que he recibido, guiarme y permitirme culminar exitosamente mi carrera.

A mi querida familia en especial a mi madre Matilde, pilar fundamental de mi vida, por su amor, entereza y apoyo incondicional en mi formación personal y académica, gracias por estar siempre ahí, a mi padre Zenovio por su apoyo, cariño y sobretodo confianza, a mi hermana Janeth por su cariño y preocupación, a mi sobrino adorado Kevin que su inocencia y ternura provoca en mí ser mejor persona, a mi tía Aurelia por su cariño y sus consejos de aliento. Gracias a todos de corazón.

A la Universidad San Antonio Abad del Cusco y a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por la oportunidad y los conocimientos otorgados a favor de mi formación académica.

A mi asesora de tesis Ing. Hilka Mariela Carrión Sánchez, por apoyar y por haber aceptado la dirección de este trabajo de investigación, quien ha compartido sus conocimientos para el mejoramiento del mismo.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias Tropicales quienes día a día impartieron en mí sus conocimientos y contribuyeron en mi formación profesional.

Al Laboratorio de Cromatografía de la UNSAAC en especial al Qco Jorge Choqueneira por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo.

A Marisela Rimachi F. compañera de estudio y amiga incondicional, por su apoyo y cariño.

Finalmente, quiero agradecer a todos quienes de alguna u otra manera me brindaron su ayuda desinteresada para conseguir culminar esta investigación, “infinitas gracias”

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.1.1 Identificación del problema.....	2
1.1.2 Formulación del problema.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 GENERALIDADES DE LA CHIA	7
2.2.1 Origen y Breve reseña histórica	7
2.2.2 Taxonomía.....	9
2.2.3 Características botánicas	9
2.2.4 Producción y distribución de la chía	11
2.2.5 Composición química y aspectos nutricionales de la semilla de chía.....	16
2.2.6 Aspectos legislativos en base a comercialización	20
2.3 SEMILLAS.....	21
2.3.1 Semillas y su importancia en la nutrición humana.....	21
2.3.2 Calidad de semillas.....	22
2.3.3 Métodos de Análisis de semillas	22
2.4 ACIDOS GRASOS.....	23
2.4.1 Estructura de los ácidos grasos.....	23
2.4.2 Los procedimientos analíticos Cromatografía.....	27
III. MATERIALES Y METODOS	28

3.1 Zona de ubicación.....	28
3.2 Materiales	28
3.2.1 Muestras	28
3.2.2 Equipos.....	28
3.2.3 Instrumentos	29
3.2.4 Materiales	29
3.3 Metodología de la Investigación.....	30
3.3.1 Tipo y Nivel de investigación	30
3.3.2 Muestreo.....	30
3.3.3 Caracterización física	30
3.3.3.3 Método de análisis por peso de mil semillas.....	32
3.3.3.4 Tamaño y forma	34
3.3.4 Análisis de ácidos grasos por cromatografía gaseosa (CG)	35
3.3.5 Análisis estadístico	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	37
4.1 Caracterización física.....	37
4.1.1 Porcentaje de Pureza	37
4.1.2 Composición de la mezcla comercial según el color del pericarpio y peso de mil semillas	38
4.1.3 Tamaño y forma de las semillas de chía.....	41
4.2 Porcentaje de ácidos grasos presentes en las semillas de chía comercializadas en el distrito de Santa Ana.....	42
4.3 Porcentaje de ácidos grasos saturados e insaturados de las semillas de chía comercializadas en el distrito de Santa Ana.	44
4.4 Relación entre los principales ácidos grasos encontrados en las semillas de Chía comercializadas en el Distrito de Santa Ana.	46
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. BIBLIOGRAFIA	50
VIII. APENDICE	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido y composición de ácidos grasos de aceite de semilla de chía cultivada en diversos países de América.	14
Tabla 2. Composición de ácidos grasos de las semillas de chía cultivadas en diversos países de América.	15
Tabla 3. Caracterización comparativa de diversas fuentes de ácidos grasos ricos en ω -3.....	16
Tabla 4. Composición de ácidos grasos del aceite de semilla de Chía.	21
Tabla 5. Estructuras de los ácidos grasos más comunes	24
Tabla 6. Porcentaje de semillas puras, materia inerte y otras semillas de las semillas de chía expandidas a granel y envasadas.	37
Tabla 7. Composición en porcentajes de la mezcla comercial de las semillas según el color del pericarpio y peso de mil semillas de las muestras de semillas de chía.	39
Tabla 8. Distribución de tamaño de semillas de chía gris comercializadas en el Distrito de Santa Ana.	41
Tabla 9. Porcentaje de ácidos grasos (%) presentes en las muestras de semillas de <i>Salvia hispánica L.</i>	43
Tabla 10. Porcentaje de ácidos grasos saturados e insaturados de semillas de Chía comercializadas en el Distrito de Santa Ana.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Semillas de chía (<i>Salvia hispánica</i> L.): b) semillas de chía color gris jaspeado; c) semillas de chía color blanco y d) semillas de chía color marrón uniforme	11
Figura 2. Ácido 9-octadecenoico (oleico).....	25
Figura 3. Estructura de los ácidos grasos poliinsaturados más importantes en aceites vegetales (ácidos linoleico y α -linolenico).....	25
Figura 4. Secuencia de conversiones de ácidos grasos insaturados	26
Figura 5. Etapa de muestreo de las semillas de chía para el análisis de pureza de las semillas de chía.	31
Figura 6. Semillas de color gris y blancas de las semillas de chía.	32
Figura 7. Proceso del análisis de peso de mil semillas.....	33
Figura 8. Dimensiones características (a) vista frontal, (b) vista del perfil.....	34
Figura 9. Equipos utilizados para los análisis de la composición de la mezcla comercial según el color del pericarpio (balanza analítica), el tamaño y forma (vernier digital) de las semillas de chía.	35
Figura 10. Proceso de extracción del aceite crudo para el análisis de los ácidos grasos de las semillas.....	36
Figura 11. Relación inversa del contenido de ácido α - Linolenico con: a) ácido oleico; b) ácido linoleico.	46

ABREVIATURAS

ω -3	omega-3
ω -6	omega-6
C16:0	ácido palmítico
C18:0	ácido esteárico
C18:1	ácido oleico
C18:2	ácido linoleico
C18:3	ácido α -linolénico
W1000	peso de mil semillas
L	dimensión longitudinal de la semilla
Dg	diámetro geométrico de la semilla
R	relación de aspecto
R2	coeficiente de correlación
S	área superficial específica de las semillas
SD	Desviación estándar
T	espesor de la semilla
W	ancho de la semilla
AG	Ácidos grasos
AGM	Ácidos grasos monoinsaturados
AGP	Ácidos grasos poliinsaturados
AGS	Ácidos grasos saturados
AOCS	American Oil Chemists' Society
CAA	Código Alimentario Argentino
CG	cromatografía gaseosa
DHA	Ácido graso docosahexanoico
DPA	Ácido graso docosapentanoico
EPA	Ácido graso eicosapentanoico

FA	ácido graso (fatty acid)
FAME	Metil ésteres de ácidos grasos (fatty acid methyl ester)
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
msnm	Metros sobre el nivel del mar
OMS	Organización Mundial de la Salud
P	nivel de significación

RESUMEN

Se determinó la composición de ácidos grasos de las semillas de Chía (*Salvia hispánica* L.) comercializadas en el Distrito de Santa Ana. Se analizaron 20 muestras que se comercializan en distintos lugares del distrito de Santa Ana. Se determinó: porcentaje de pureza, composición de la mezcla comercial según el color del pericarpio, el peso de mil semillas, tamaño y forma de las semillas, y ácidos grasos. Los resultados obtenidos mostraron que el porcentaje de pureza vario entre 96.80 - 100 %, la composición de la mezcla comercial vario entre; 82.47 - 94.18 % para las semillas de color gris, peso de mil semillas fluctuaron entre 1.0833 - 1.4803 g, el tamaño de las semillas de chía de color gris vario de acuerdo a la siguiente distribución; la dimensión longitudinal, vario entre 1.92 - 2.12 mm, el ancho vario entre 1.25 - 1.35 mm, el espesor vario entre 0.87 - 0.92 mm, el diámetro geométrico vario entre 1.28 - 1.37 mm, el área superficial específica de las semillas vario entre 5.14 - 5.93 mm², la relación de aspecto vario entre 62.39 - 65.48 %, obteniéndose la forma de la semilla de chía, un elipsoide. Los principales ácidos grasos presentes fueron: α -linolénico (C18:3) > linoleico (C18:2) > oleico (C18:1) \approx palmítico (C16:0) > esteárico (C16:0) en los cuales el principal ácido graso fue el α -linolénico en un rango de 49.910 – 60.260%. La relación ω -6/ ω -3 varió de 0.319 a 0.474.

Comprobándose que las semillas de chía que se comercializan en el distrito de santa son de variada calidad en cuanto a la composición de sus ácidos grasos y procedencias, ya que existen marcadamente diferencias significativas en la composición del ácido α -linolenico.

I. INTRODUCCIÓN.

En la sociedad actual, los desequilibrios y desajustes alimentarios están relacionados con la aparición de un gran número de enfermedades. Entre los macronutrientes que componen la dieta habitual se encuentran las grasas (Gunstone, 2004). Si bien tienen una connotación negativa en el saber popular, debido a su asociación con las enfermedades cardiovasculares y la obesidad, en los últimos años se ha incrementado el interés científico y público en el rol de ciertas grasas denominadas, ácidos grasos poliinsaturados (AGP) conocido también como ácidos grasos esenciales.

La importancia del consumo de ciertos AGP como el Ácido α -Linolénico y el ácido Linoleico, los cuales son precursores del Omega-3 y Omega-6 respectivamente, estos últimos al estar en un balance adecuado, puede ayudar a reducir el riesgo de algunas enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y enfermedades degenerativas (Ayerza & Coates, 2014). La mayoría de las semillas tiene un contenido alto de AGP, siendo el Omega-6 el que se encuentra en una mayor proporción, lo cual desfavorece el equilibrio entre Omega-3 y Omega-6 (Ayerza, 2010).

La chía (*Salvia hispánica L.*) es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia Lamiaceae, originaria de Mesoamérica (Ayerza, 2009a). En la actualidad el consumo de semillas de chía ha tomado gran relevancia en cuanto a salud y nutrición humana, debido a su elevado contenido de AGP, en especial el ácido α -linolénico seguido del ácido Linoleico, además de ser una buena fuente de proteínas, fibra, minerales, vitaminas y antioxidantes. Estas semillas presentan entre 25 y 34% de su peso en aceite y éste, a su vez, contiene hasta un 64% de ácido α -linolénico (Ayerza, 2011).

Debido a la información científica sobre la composición de ácidos grasos que presentan estas semillas, la sociedad toma un gran interés para su consumo, comercializándose en diferentes lugares del distrito de Santa Ana, debido a ello en el presente trabajo se determinó la composición de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) comercializados en el Distrito de Santa Ana.

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Identificación del problema.

La composición de ácidos grasos de las semillas de chía, crea gran interés para su consumo. En la región Cusco se vienen comercializando semillas de chia de diferentes procedencias, en los diferentes lugares como en ferias, supermercados, mercados y otros, la cual el Distrito de Santa Ana no es ajeno, en donde estas semillas se comercializan en los diferentes lugares (herboristerías, mercados, etc.), en su mayoría se expenden a granel y en algunos casos sin el etiquetado correspondiente, debido a ello no se conoce la composición de ácidos grasos y características físicas de las semillas de chía que se comercializan en el Distrito de Santa Ana, por tanto no es explotada a nivel industrial, por falta de información sobre su potencial farmacológico y alimenticio, además no presentan la garantía del producto, generando inseguridad al consumidor, ya que en otros países se llegaron a encontrar semillas de chía adulteradas con semillas de otras especies hasta en un 100% del total de semillas, es decir una adulteración total, no había semillas de “chía” en un producto que se comercializaba bajo esa denominación.

Debido a que en el Perú se viene comercializando las semillas de chía en forma incorrecta, estas podrían causar efectos negativos en la salud de los consumidores, si podrían llegar a ser adulteradas como en otros países.

Por todo lo descrito, se pretende obtener información de gran relevancia de la pureza y de la composición de ácidos grasos, de las semillas de chía que se comercializan en el distrito de Santa Ana, ya que es por este componente que la población llega a adquirir estas semillas como un alimento funcional, así se pueda tener mayor confianza para consumirlo.

1.1.2 Formulación del problema.

¿Las semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) comercializadas contienen un buen porcentaje de ácidos grasos?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

- Determinar el porcentaje de ácidos grasos de las semillas de Chía (*Salvia hispánica* L.) comercializadas en el Distrito de Santa Ana.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Determinar la caracterización física de las semillas de chía.
- Identificar el porcentaje de los principales ácidos grasos de semillas de Chía.
- Identificar el porcentaje de ácidos grasos saturados e insaturados de semillas de Chía.
- Analizar la relación entre los principales ácidos grasos presentes en las semillas de Chía.

1.3 Justificación.

Teniendo en cuenta que la población en la actualidad, demanda nuevas alternativas de alimentos saludables y existe una incertidumbre al seleccionarlos, surge la necesidad de realizar estudios a las semillas de Chía (*Salvia hispánica* L.), las cuales, según la información de trabajos científicos, poseen altos porcentajes de ácidos grasos α -Linolenico y Linoleico que son precursores del omega 3 y omega 6 respectivamente. Estos últimos al estar en un balance adecuado, pueden ayudar a reducir el riesgo de algunas enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y enfermedades degenerativas, además presentan otros componentes benéficos para la salud.

Debido a todo lo descrito estas semillas poseen una alta demanda en el mercado lo cual hace que estas semillas sea un alimento idóneo para este estudio, comercializándose en los diferentes lugares del distrito de Santa Ana en la mayoría de los casos en forma a granel, con vendedores ambulantes que no garantizan el producto, además no se tiene mucha información de estas semillas, ya que según los estudios realizados anteriormente en otros países, afirman que la composición de ácidos grasos varía de acuerdo al ecosistema donde se realiza el cultivo, y del Perú no se tiene información cabal sobre la composición de estos ácidos grasos de las semillas que se producen y comercializan dentro del país.

Es muy importante, garantizar la identidad adecuada, la limpieza y el contenido de sus ácidos grasos. La correcta identificación de estas semillas es esencial, su adulteración puede afectar la eficacia de sus componentes.

1.4 Hipótesis.

Las semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) comercializadas en el Distrito de Santa Ana, presentan altos contenidos de ácidos grasos insaturados linoleico y α -linolenico, y sus valores coinciden con lo descrito en la literatura para esta especie.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 ANTECEDENTES

Farías (2010) Evaluó la calidad de muestras de semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) comercializadas en diferentes provincias de Argentina. Para determinar la calidad de los frutos se consideró: uniformidad, peso de los 1000 granos, color y pureza. El porcentaje de pureza de la mayoría de las muestras vario entre 9.80% - 97.5%, en semillas extrañas dos muestras presentaban 100% de semillas extrañas, ambas semejantes en la composición de semillas extrañas. Se identificaron las semillas de malezas. Teniendo en cuenta el color de las muestras analizadas ninguna se ajustó a la normativa vigente. Considerando que las semillas de “chía” se comercializan para consumo humano con fines terapéuticos, resulto un hecho grave la presencia de malezas y las adulteraciones que se determinaron.

Ixtaina (2010). Realizó la caracterización de las semillas y el aceite de chía (*Salvia hispánica L.*) obtenido mediante distintos procesos, donde realizó una caracterización de las semillas de chía oscuras y blancas provenientes de dos orígenes geográficos diferentes (Argentina y Guatemala) en lo referido a sus aspectos morfológicos mediante el estudio de su forma y tamaño, propiedades gravimétricas (peso de mil semillas) así como en sus propiedades friccionales. La identificación y cuantificación de ácidos grasos de las semillas de chia se llevó a cabo por cromatografía gaseosa en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 6890. La dimensión longitudinal varió entre 1,60–2,42 mm y 1,60–2,73 mm, el ancho varió entre 1,22–1.36 mm y 1,26–1.50 mm, el espesor varió entre 0.72–0.84 y 0.65–0.85 mm, el diámetro geométrico varió entre 1.19–1.38 mm y 1.14–1.43 mm, el área superficial específica de una semilla varió entre 4.51–6.01 mm² y 4.10–6.41 mm², la relación de aspecto varió entre 54.5–67.8% y 61.1–69.4 %, para las semillas negras y blancas respectivamente, la forma se describió a un elipsoide. El peso de mil semillas fueron de 1.150 y 1.323 g para las “semillas” grises y 1.301g para las blancas. Los métodos de extracción ensayados influenciaron significativamente el rendimiento de aceite con un rango de variación de 20,3 a 33,6% (b.s.), obteniendo un 30% más de aceite por solvente que por presión. Los ácidos grasos principales clasificados en el siguiente orden de abundancia: α -linolénico (C18:3) > linoleico (C18:2) > oleico (C18:1) \approx palmítico (C16:0) > esteárico (C18:0) > vaccénico (18:1), para ambos sistemas de extracción, en los cuales el principal ácido graso fue el α -linolénico en un rango de 64,5 – 69,3%. Los resultados experimentales muestran que el rendimiento de aceite era mucho menor en el prensado que en la extracción con disolvente. La composición proximal y la calidad de los aceites de semillas de chía

fueron influenciadas por el proceso de extracción. Sin embargo, la composición de ácidos grasos fue similar en los aceites obtenidos por ambos sistemas de extracción.

Bueno (2011) Realizó un análisis de la calidad las semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) comercializadas en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina); donde determino el porcentaje de pureza, peso de 1000 semillas, germinación fisiológica y ácidos grasos. Como resultado del análisis de pureza físicobotánica, se determinó que cinco lotes presentaron una pureza superior al 95%, un lote mostró muy baja pureza (21,6%), mientras que en los dos restantes se observó ausencia total de semillas de “chía”, comprendiéndose así que existe una adulteración parcial o total de esas semillas y el de germinación vario entre 23 y 92 %. Los principales ácidos grasos presentes en las semillas estudiadas fueron: α -linolénico (C18:3) > linoleico (C18:2) > oleico (C18:1) \approx palmítico (C16:0) > esteárico (C18:0), en los cuales el principal ácido graso fue el α -linolénico con un rango de 56.60% - 62.70 %., seguido del linoleico con 20.30 % - 22.00 %. Con este relevamiento se comprobó que en la ciudad de Rosario se comercializan lotes de “chía” de variada calidad, algunos con adulteración parcial o total con semillas de otras especies.

Quintana, et al., (2015) realizaron la caracterización del aceite de semilla de chía (*Salvia hispánica L.*), extraído con solvente orgánico y prensado en frío. Se evaluó el proceso de extracción de aceite de la semilla de Chía de la variedad negra y blanca, siendo el mejor método de extracción para ambas variedades, el de prensado en frío, donde se obtuvo un rendimiento de 27% y 25% para las variedades negra y blanca respectivamente, en cuanto al método de solvente orgánico su rendimiento fue 14% y 8% para las variedades negra y blanca respectivamente. Los principales ácidos grasos detectados en los aceites de Chía obtenidos por ambos procesos fueron los siguientes según el orden de abundancia: ácido α -linolénico > ácido linoléico > ácido oleico \approx ácido palmítico > ácido esteárico, donde se obtuvo según su variedad y rendimiento un alto porcentaje de omega 3 (61.45 – 74.63 %) y omega 6 (14.79 - 15.80%).

Alvites (2017) Comparo el perfil de ácidos grasos del aceite de chía (*Salvia hispánica L.*) orgánica y convencional (variedades blanca y negra) cultivadas en el Perú, como una alternativa para aceites vegetales comestibles. Los principales ácidos grasos presentes en el aceite de chía de cultivo orgánico y convencional, según el orden de abundancia, fueron los siguientes el ácido α -linolénico > ácido linoleico > ácido oleico > ácido palmítico > ácido estarico. En cuanto al ácido graso α -linolénico, el aceite obtenido de semillas de chía negra y

blanca de cultivo orgánico presentó valores ligeramente superiores 63,65 y 64,56 en comparación al aceite del cultivo convencional 63,05 y 63,52. El contenido de ácidos grasos, poliinsaturados y monoinsaturados en el aceite de chía, de cultivo orgánico, mostró valores de 82,33% y 6,05%, siendo superiores a los encontrados en el aceite obtenido de la chía, proveniente de cultivo convencional 81,78% y 6,17%. El contenido de ácidos grasos saturados presentó un valor inferior de 10,70% en el aceite de chía orgánico y 11,06% en el aceite de chía obtenida de semilla de cultivo convencional. La relación omega3/omega 6 del aceite de chía, de cultivo orgánico, presentó un valor superior de 3,52, mientras que en el aceite, de cultivo convencional, un valor de 3,42.

2.2 GENERALIDADES DE LA CHIA

2.2.1 Origen y Breve reseña histórica

La *Salvia hispánica* L. es una especie originaria del centro-sur de México y norte de Guatemala, fracción de lo que antiguamente se denominaba Mesoamérica (Capitani, 2013). Es comúnmente conocida como chía, siendo esta palabra una adaptación española al término nahua *chian* o *chien* (plural), término que en náhuatl significa “semilla de la que se obtiene aceite” (Watson, 1938, citado por Ixtaina, 2010).

Existen evidencias que demuestran que la semilla de chía fue utilizada como alimento hacia el año 3500 (A.C.) siendo cultivada en el Valle de México entre los años 2600 y 900 (A.C.) por las civilizaciones teotihuacanas y toltecas. Asimismo, fue uno de los principales componentes de la dieta de los Aztecas junto con la quinoa, el amaranto, el maíz y alguna variedad de porotos (Rodríguez Vallejo, 1992). La chía era utilizada como materia prima para la elaboración de medicinas, alimentos y pinturas, así como en ofrendas a los dioses durante las ceremonias religiosas (Sahagún, 1579, citado por Ixtaina 2010).

Con la llegada de los españoles, las tradiciones de los nativos fueron suprimidas y la mayor parte de su agricultura intensiva y de su sistema de comercialización destruidos. Muchos cultivos que habían tenido la mayor preponderancia en las dietas precolombinas fueron prohibidos por los españoles debido a su estrecha asociación con los cultos religiosos (Soustelle, 1955; Engel, 1987 citados por Ixtaina, 2010).

Sin embargo, esta especie logró sobrevivir a la persecución de los conquistadores españoles debido a la conservación de algunas tradiciones precolombinas por parte de pequeños grupos de descendientes de las naciones Nahuatl. Actualmente, los descendientes de los Nahuatl y de los Mayas utilizan este grano ancestral en una popular bebida denominada chía fresca, aunque su preparación difiere de la realizada por los antiguos Mexicanos (Ayerza y Coates, 2005).

Durante muchos años las semillas de chía fueron comercializadas solamente en los mercados mexicanos y utilizada como materia prima para la elaboración de la bebida denominada “chía fresca”, la cual era consumida por razones étnicas o religiosas. En 1965 la chía comenzó a estar disponible en comercios dietéticos del sudeste de California y Arizona y hacia finales de los años 1980s se comenzó a comercializar en los Estados Unidos un alimento para mascotas, incrementándose la demanda de las semillas y posibilitando la venta mayoritaria de su producción (Ixtaina, 2010).

En 1991, los resultados de las investigaciones científicas acerca de los efectos negativos de las grasas saturadas, los ácidos grasos *trans* y el desbalance entre los ácidos grasos ω -6 y ω -3 en la dieta occidental así como los beneficios del consumo de ω -3 para prevenir enfermedades cardiovasculares, depresión, cáncer y otras patologías, comenzó a ser cada vez de mayor interés. Asimismo, la información sobre la chía describiéndola como una fuente natural de este tipo de ácidos grasos, antioxidantes y fibra dietaria acrecentó las expectativas en torno a su cultivo. En virtud de ello, su uso como alimento comenzó a expandirse fuera de México (Ayerza y Coates, 2005).

La ciencia actual permite explicar por qué las antiguas civilizaciones consideraban a la chía un componente básico de su dieta. La composición química y el valor nutricional asociado, le confieren un gran potencial para incorporarla a los mercados alimenticios e industriales. A su vez, la información tecnológica ha dado una excelente oportunidad para desarrollar una industria agrícola capaz de ofrecer al mundo un “cultivo nuevo y antiguo a la vez” (Ayerza y Coates, 2005).

2.2.2 Taxonomía

Según Carlos Linneo (1753), la taxonomía para la Chía (*Salvia hispánica L.*) es la siguiente:

Reino: Vegetal o Plantae

División: Magnolophyta o Angiospermae

Clase: Magnoliopsida o Dicotyledoneae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Sub familia: Nepetoideae

Tribu: Mentheae

Género: *Salvia*

Especie: *hispánica*.

Fuente: Ixtaina (2010)

2.2.3 Características botánicas

Salvia hispánica L. es una planta herbácea anual, que mide de 1 a 1,5 m de altura, con tallos ramificados de sección cuadrangular con pubescencias cortas y blancas. Presenta hojas opuestas con bordes aserrados de 8-12 cm de longitud y 4-7 cm de ancho (Disapio, *et al.*, 2012). Las flores son hermafroditas, púrpuras o blancas, pedunculadas y se encuentran reunidas en grupos de seis o más en ramilletes terminales (Martínez, 1959; Ramamoorthy, 1985; citados por Ixtaina, 2010).

El fruto, es típicamente un esquizocarpo consistente en lóculos indehiscentes que se separan para formar cuatro mericarpios parciales denominados núculas o clusas, comúnmente conocidos como semillas, los cuales son monospermicos, ovales, suaves y brillantes, de color pardo grisáceo con manchas irregulares marrones en su mayoría y algunos blancos, que miden de 1,5 a 2,0 mm de longitud. (Ayerza y Coates, 2005). Cahill & Provance (2002) mencionan que cada planta produce numerosas semillas las cuales, pueden ser blancas u oscuras, siendo este último color, gris jaspeado, determinado por un gen dominante; Sin embargo, también es factible encontrar semillas de color marrón uniforme, las cuales presentan un menor peso, debido a que corresponden a semillas vanas o vacías, con un escaso o nulo desarrollo de las estructuras seminales, por lo cual no germinan (Rovati *et al.*, 2012). Valero (2014) observo que en *Salvia hispánica L.* se presentan semillas de tres colores, gris jaspeado, blanco y marrón uniforme, siendo el porcentaje de éste último variable y

obteniéndose en mayor proporción bajo condiciones adversas durante el período reproductivo, esto es, temperaturas muy bajas y presencia de heladas. Según FAO (2010) el género *Salvia* es catalogado como sensible a la congelación.

Debido a la accidentada geografía de donde es originaria, la extensa área de distribución y el sistema de polinización altamente autógeno de la chía, es probable que exista gran diversificación entre poblaciones naturales de chía. (Hernandez et al., 2008). Cahill (2005), en su estudio corrobora esta afirmación, determinando gran diversidad genética entre poblaciones silvestres de *Salvia hispanica* L. A pesar de lo anterior, solo existe documentación de dos variedades de chía: *Salvia hispanica* L. var. *chionocalyx* y *Salvia hispanica* L. var. *intonsa* (Fernald, 1907; citado por Zuñiga, 2013). En su estudio, Fernald (1907), describe brevemente a las variedades *chionocalyx* e *intonsa* en sus características morfológicas de las plantas más no de sus frutos.

A pesar de la existencia de las citadas variedades de chía, actualmente la investigación científica se realiza en base a los genotipos descubiertos y a las selecciones procedentes de distintas localidades, preferentemente del subcontinente centroamericano y los principales productores de chía del continente americano (Zuñiga, 2013).

Los genotipos descubiertos son nombrados: iztac 1, iztac 2, tzotzol, miztic y tilitic. La diferencia observable de estos genotipos es el color de la clusa: Iztac 1 e iztac 2 tienen la clusa de color blanco; tilitic y miztic poseen clusas de color negro y tzotzol posee una mezcla entre clusas blancas y negras (Ayerza, 2013; Ayerza y Coates, 2009). Ixtaina et al., (2008) determina una pequeña diferencia de tamaño entre semillas blancas y negras, donde las semillas blancas son algo más grandes que las negras, pero las oscuras poseen mayor peso que las blancas.

La figura 1 muestra los diferentes colores de semillas que producen las plantas de *salvia hispánica* L.

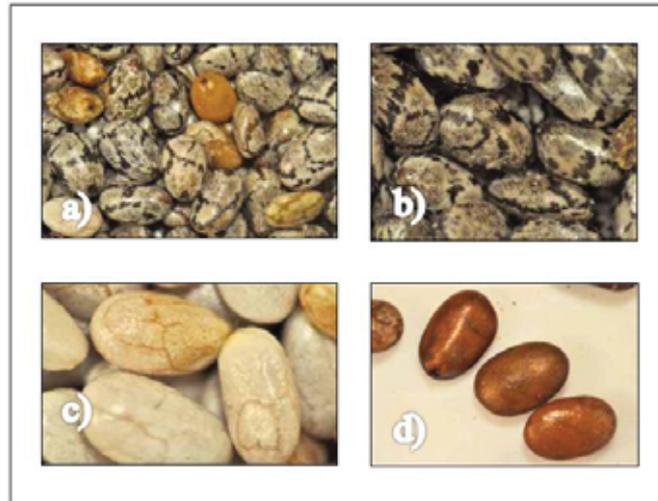


Figura 1. a) Semillas de chía (*Salvia hispánica* L.): b) semillas de chía color gris jaspeado; c) semillas de chía color blanco y d) semillas de chía color marrón uniforme (Rovati et al., 2012).

2.2.4 Producción y distribución de la chía

Históricamente, esta especie ha sido cultivada tanto en ambientes tropicales como subtropicales, en áreas libres de heladas y en regiones con heladas anuales, desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm. (Ixtaina, 2010).

Carlos Iñurrategui, experto argentino que ha dedicado cuarenta años a la comercialización internacional de la chía, expresa que “Aunque el padre de la chía es México, en los últimos años, Argentina, Paraguay y Bolivia se establecieron como los grandes productores, porque la cultivan extensivamente a ésta semilla: detrás de ellos están Nicaragua, Perú y Ecuador”. Siendo Estados Unidos y la Unión Europea su principal mercado (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2014).

En el año 2012, Argentina fue el primer productor y exportador mundial de chía, ubicándose a una distancia considerable de sus principales competidores (Bolivia, Paraguay y México). En el año 2013 pasó a ocupar el tercer puesto después de Bolivia y Paraguay (DG-FEX-MIFIC, 2014). IBCE (2016) indica que a partir del 2013 hasta el 2015 Bolivia ocupa el primer lugar como país productor y exportador de chía en el mundo.

Según Jorge Mosto Oquendo, quien trabaja desde hace cuatro años distribuyendo la chía por todo el Perú. Menciona que hace cinco años la producción de esta semilla era incipiente y se importaba de México a S/. 120 el kilo, así que este cultivo básico para los aztecas y mayas era inaccesible para la mayoría de peruanos. Sin embargo, con el tiempo se dio a conocer, los

agricultores se enamoraron de lo fácil que era cultivarla y lo bien que se pagaba por ella. Pero su alta oferta ha hecho que su precio adquiera una clara tendencia a la baja. Según Mosto, la variación del precio de la chía ha sido tal que ahora en los mercados el kilo de chía no se vende a S/. 70 sino que en algunos lugares se la encuentra hasta en S/. 12, menciona que la chía es tan rica en antioxidantes que las semillas no se deterioran ni se ponen rancias, por lo que las grandes empresas adquirieron cantidades a esos altos precios y las han almacenado por largos períodos y ellas se rehúsan a sincerar los precios del mercado interno. (Diario La Republica, 2015)

Sin embargo, para el gobierno parece estar claro que el mercado y rentabilidad de la chía no está en el mercado nacional pues consideran a esta semilla un producto de mercado de exportación, cuya demanda está aumentando en el exterior. De hecho, de acuerdo a las partidas arancelarias de la Sunat, las exportaciones de chía han crecido enormemente. Sus principales mercados de destino son Estados Unidos, Alemania, China y Australia (Diario La Republica, 2015)

Según la Sunat, basado en los impuestos que pagan por exportación, Arequipa y Cusco concentran el 98,5% de la producción nacional (Diario La Republica, 2015)

Según el ingeniero Alexander Ulloa, dedicado al cultivo de chía desde, 2007 las condiciones perfectas se dan en la costa, con una temperatura de entre 19 a 28 °C, lo que en Perú correspondería a la zona de Chao y Viru (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2012).

Producto que viene siendo cultivado con éxito en Ayacucho y otras regiones de nuestra zona andina. El alto poder nutritivo de la chía peruana llega a los Estados Unidos, Alemania, China y Australia y otros 30 destinos (SENASA 2015).

Se sabe que el origen geográfico tiene un impacto significativo sobre la composición de las semillas de *Salvia hispánica L.* (Ayerza y Coates, 2011).

Ayerza (2009) y Ayerza & Coates (2009a, 2011) demuestran que la ubicación de la plantación de las semillas afecto principalmente, a la longitud del período de crecimiento, contenido de aceite, rendimiento de semilla, contenido de proteína, así como la composición de ácidos grasos, donde el contenido de proteínas y demás componentes fueron similares entre genotipos dentro de un mismo ecosistema.

Ayerza (2013) y Ayerza & Coates (2009b) indican que entre genotipos dentro de un mismo ecosistema no mostraron diferencias significativas para todos los componentes medidos como proteínas, fibra, aminoácidos, antioxidantes, aceite y su composición de ácidos grasos.

Ayerza & Coates (2011) reportaron que la altitud sobre el nivel del mar afecta al contenido de proteínas y a la composición de ácidos grasos, además indicaron que a medida que se incrementa la altitud se incrementa la relación AGP:AGS y disminuye la relación $\omega 6:\omega 3$, además menciona que es posible que estas diferencias podrían ser utilizados para distinguir el origen de las semillas. Del mismo modo Ayerza (2011) indica que la elevación se relaciona positivamente con el contenido de ácidos grasos α -linolénico.

Ayerza (2009) realizó el análisis de regresión para explorar la tendencia de las asociaciones entre los ácidos grasos, y su coeficiente (R^2), donde el porcentaje α -linolénico graso se relacionó negativamente con el porcentaje de ácidos grasos oleico ($R^2 = 0,73$), y con el porcentaje de linoleico ($R^2 = 0.82$). Ayerza (2011) también llevó a cabo el mismo análisis y encontró que el porcentaje de ácidos grasos α -linolénico se relacionó negativamente con palmítico ($R^2 = 0.78$), oleico ($R^2 = 0,73$), y el porcentaje linoleico ($R^2 = 0.91$). Debido a ello Ayerza (2009, 2011) menciona que la relación negativa significativa del contenido de ácidos grasos α -linolénico con los ácidos grasos, oleico y linoleico, están de acuerdo con las observaciones previas reportadas para varios cultivos, como las almendras, castañas, soja y linaza que es una rica fuente de ácido graso α -linolénico. Esta fuerte asociación inversa encontrado, es apoyado, por la biosíntesis del ácido graso α -linolénico mediante el proceso de desaturación del ácido graso oleico, ácido graso linoleico por la acción de las enzimas desaturasas específicas.

Ayerza (2011) y Ayerza & Coates (2011), indican que la semilla procedente del ecosistema inter valle andino podría promoverse a los consumidores como el mejor valor, debido al aumento de los beneficios potenciales para la salud proporcionados por la semilla de chía allí producidos.

Según Peiretti & Gai (2009) en su estudio el ácido α -linolénico disminuyó con el aumento de la etapa de crecimiento, de 649 a 499 g / kg del total de la ácidos grasos, en la etapa vegetativa temprana a la etapa de florecimiento, respectivamente, mientras que todos los otros ácidos grasos aumentaron, lo que está de acuerdo con la literatura sobre otros cultivos de semillas oleaginosas. A lo que señala que la calidad de la chía está estrechamente relacionada con el envejecimiento de la planta.

La Tabla 1 muestra el contenido y la composición acídica del aceite de semilla de chía obtenido a partir de cultivos comerciales realizados en Argentina, Bolivia, Colombia, México y Perú, utilizando la misma fuente de material genético. Como puede observarse, existen

diferencias debido a la influencia de los factores ambientales previamente comentados (Ayerza y Coates, 2005; citado por Ixtaina 2010).

Tabla 1. Contenido y composición de ácidos grasos de aceite de semilla de chía cultivada en diversos países de América.

País	Aceite (g/100 g semilla)	Ácido graso (%)				
		Palmítico	Estearico	Oleico	Linoleico	α -linolénico
Argentina	34,0	7,0	3,0	6,7	19,5	63,1
Bolivia	32,7	7,4	2,7	7,1	18,7	63,6
Colombia	29,9	7,5	3,5	7,6	19,2	57,9
México	31,0	6,7	3,3	7,5	19,6	61,6
Perú	32,4	7,2	3,0	6,9	18,4	64,2

Fuente: Ixtaina, 2010

Debido a la gran influencia que tiene la altura sobre el nivel del mar donde se cultiva las semillas sobre los componentes de la misma, principalmente la composición de ácidos grasos la tabla 2 muestra la composición de ácidos grasos de semillas de *Salvia hispánica L.* cultivados en diferentes países de América.

Tabla 2. Composición de ácidos grasos de las semillas de chía cultivadas en diversos países de América.

Ácido graso (%)	Da Silva, <i>et al.</i> , 2014	Ayerza, 2013	Ayerza y Coates, 2011	Ixtaina, 2011	Ayerza, 2011	Bueno <i>et al.</i> , 2010	Ayerza y Coates, 2009	Ayerza, 2009
Palmitico C16:0	7.07	6.20 - 6.50	6.39 - 7.72	5.5 - 6.6	5.90 - 8.90	6.10 - 8.50	7.53 - 8.56	6.89 - 9.66
Estearico C18:0	3.36	3.65 - 4.10	2.36 - 3.74	2.7 - 3.9	3.10 - 4.78	2.80 - 3.40	3.33 - 3.84	2.36 - 4.34
Oleico C18:1	7.04	6.65 - 6.80	6.59 - 9.12	5.3 - 5.8	6.35 - 8.42	7.20 - 8.10	7.34 - 8.59	6.51 - 9.29
Vaccenico C18:1	-	-	-	0.4 - 0.5	-	-	-	-
Linoleico C18:2	18.23	17.50 - 18.40	16.99 - 22.5	16.6 - 20.3	15.70 - 22.60	20.30 - 22.00	19.23 - 20.23	17.65 - 22.5
α-Linolenico C18:3	62.80	63.30 - 64.50	56.93 - 64.75	64.5 - 69.3	54.80 - 66.17	56.60 - 62.70	58.37 - 61.73	60.05 - 64.71
AGS	11.12	-	9.26 - 11.32	8.3 - 9.9	-	-	10.86 - 12.40	9.26 - 13.99
AGP	81.59	-	78.87 - 82.85	84.9 - 85.9	-	-	78.40 - 80.97	76.0 - 82.85
w6/w3	0.29	0.27 - 0.29	0.26 - 0.39	-	0.24 - 0.41	-	0.31 - 0.34	0.26 - 0.37
AGP: AGS	-	-	6.97 - 9.01	8.7-10.4	-	-	-	5.84 - 9.01
AGS: AGP	-	-	-	-	-	-	0.14 - 0.16	-

2.2.5 Composición química y aspectos nutricionales de la semilla de chía

La semilla de chía ha sido descrito como una buena fuente de aceite, proteína, fibra dietética, minerales y compuestos polifenólicos (Ayerza y Coates, 2005). Según Ayerza (2011) la semilla de chía contiene entre 25 y 34% de su peso en aceite y éste, a su vez, contiene hasta un 64% de ácido α -linolénico.

Ayerza & Coates (2005) indican que en el mercado, se disponen de cuatro fuentes de ácidos grasos ω -3. De estas cuatro materias primas, el lino (*Linum usitatissimum* L.) y la chía son los cultivos agrícolas que presentan la mayor concentración conocida de ácido α -linolénico sin embargo, a diferencia del lino, la semilla de chía no tiene factores antinutricionales. Las otras dos fuentes disponibles son de origen marino: las algas y el pescado menhaden (*Brevoortia tyrannus*) y contienen ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA), ambos ácidos grasos ω -3 de cadena larga. Las fuentes de origen vegetal a nivel terrestre presentan un contenido de estos compuestos mucho mayor, así como un menor tenor de ácidos grasos saturados con respecto a las fuentes marinas. La Tabla 3 muestra una caracterización comparativa del perfil de ácidos grasos de dichas fuentes.

Tabla 3. Caracterización comparativa de diversas fuentes de ácidos grasos ricos en ω -3.

Aceite	Ácido graso (% del total de ácidos grasos)										
	14:0	16:0	16:1 ¹	18:0	18:1 ²	18:2 ³	18:3 ⁴	20:4 ³	20:5 ⁴	22:5 ⁴	22:6 ⁴
Menhaden	8,0	15,2	10,5	7,8	14,5	2,1	1,5	1,2	13,2	4,9	8,6
Algas	4,2	14,5	27,6	0,8	5,4	2,3	1,7	4,7	27,7	-	-
Chía	-	6,9	-	2,8	6,6	19,0	63,8	-	-	-	-
Lino	-	5,5	-	1,4	19,5	15,0	57,5	-	-	-	-

14:0: ácido mirístico; 16:0: ácido palmítico; 16:1: ácido palmitoleico; 18:0: ácido esteárico; 18:1: ácido oleico; 18:2: ácido linoleico; 18:3: ácido α -linolénico; 20:4: araquidónico; 20:5: ácido eicosapentanoico (EPA); 22:5: docosapentanoico (DPA); 22:6: ácido docosahexanoico (DHA); ¹ ω -7; ² ω -9; ³ ω -6; ⁴ ω -3

Fuente: Ixtaina, 2010

Cabe señalar que los aceites de chía, lino y algas marinas al ser especies vegetales se diferencian principalmente del obtenido a partir del pez menhaden, ya que este último al ser un recurso de origen animal contiene cantidades apreciables de colesterol (521 mg/100g) (United States Department of Agriculture, 2002) citado en Ixtaina (2010).

Los efectos benéficos del pescado han recibido mucha atención; sin embargo, los ácidos grasos EPA y DHA son fácilmente peroxidados formando hidroperóxidos, cuyos productos de degradación secundaria son dañinos para las células (Sugihara y col., 1994; citado por Ixtaina 2010). El EPA y DHA se oxidan más rápidamente que los ácidos linoleico, α -linolénico y

araquidónico, originando productos de oxidación con implicancias desde el punto de vista toxicológico (Freese y Mutanen, 1997; citado por Ixtaina 2010). La evidencia científica muestra que tanto EPA como DHA pueden ejercer efectos benéficos en cuanto a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, sólo si la protección contra el estrés oxidativo es suficiente para minimizar el daño a nivel tisular (Song y col.,2000; citado por Ixtaina 2010).

Muchas personas están limitadas en el uso del pescado debido a las alergias, tanto alimenticias como ocupacionales, que él genera. Al mismo tiempo, las reservas de pescado del mundo están disminuyendo debido a la excesiva pesca y a la polución de las vías acuáticas (Ayerza & Coates, 2005).

El lino y las algas marinas nunca fueron considerados recursos nutricionales importantes en la historia de la humanidad. Es más, el lino ha sido fuertemente cuestionado en cuanto a una cantidad de factores que interfieren en el desarrollo normal de hombres y animales. El lino es utilizado esencialmente para manufacturar productos industriales, como revestimientos, cobertura de pisos, pinturas y barnices (Ayerza & Coates, 2005).

Las semillas de chia se han estudiado principalmente debido a su calidad del aceite en cuanto a su composición de ácidos grasos (Martínez et al, 2012). Entre sus componentes principales estan el ácido linoleico y α -linolénico, representando la mayor fuente natural de ácidos grasos omega-6 y omega-3, importantes en la nutrición humana por reducir los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y enfermedades degenerativas (Ayerza & Coates, 2014). La mayoría de las semillas tiene un contenido alto de AGP, siendo el Omega-6 el que se encuentra en una mayor proporción, lo cual desfavorece el equilibrio entre Omega-3 y Omega-6 (Ayerza, 2010). La ingesta de cantidades suficientes de omega-3 aporta múltiples beneficios para la salud, disminución del riesgo cardiovascular, prevención de enfermedades del sistema nervioso y también disminución de los síntomas de enfermedades inflamatorias, como la artritis reumatoidea (Simopoulos, 1999 citado por Bueno *et al.*, 2010).

Los ácidos grasos omega-3 son aquellos que se derivan del ácido α -linolénico, donde este actúa en el cuerpo humano como un sustrato para la transformación del ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), mediante la acción de las enzimas desaturasas y elongasas (Alabdulkarim, Bakeet, & Arzoo, 2012; citado por Jaramillo, 2013). El ácido α -linolénico a pesar de ser el principal precursor del DHA y EPA desarrolla una mínima conversión, de allí la importancia del consumo de alimentos que se conviertan en una fuente directa de EPA y DHA (Jaramillo, 2013).

Según Gunstone (2004) los ácidos Omega 3 tienen tres funciones fisiológicas importantes:

1. Como componentes principales de las membranas biológicas que son importantes en la estructura y función de la membrana. DHA está presente en altas concentraciones en la retina, el cerebro y en los espermatozoides.
2. Pueden alterar la expresión del gen, bajo regulación de algunas enzimas y alta regulación de otras.
3. Finalmente EPA tiene un papel importante en la regulación de los eicosanoides a partir del ácido araquidónico a través de la competencia por las enzimas que metabolizan. Los eicosanoides de la EPA y AA (ácido araquidónico) muestran diferentes propiedades.

Los ácidos grasos Omega-6 derivan del ácido linoleico (LA) el cual por medio de enzimas desaturadas y elongadas va a ser precursor de ácido graso Gamma Linoleico (GLA) el cual se encuentra en algunos aceites vegetales y ácido araquidónico (AA) que es uno de los ácidos grasos más importantes asociados a los fosfolípidos de membrana, además puede ser oxidado a una variedad de compuestos eicosanoides importantes en la señalización célula-célula. A diferencia de los ácidos grasos Omega-3, los Omega-6, por lo general va a ser generadores de prostaglandinas, Tromboxano y Leucotrienos (PGE₁, PGE₂, PGI₂, TXA₂, LTB₄) estimulantes del sistema inmune, vasoconstrictores y procoagulantes, con perfil por tanto potencialmente proinflamatorio, proalérgico y deletéreo a nivel cardiovascular (Silveira Rodríguez et al., 2003; citado por Jaramillo, 2013).

Según Gunstone (2004), Las enzimas necesarias para que ocurran los cambios metabólicos de elongación y desaturación son las mismas para las familias n-6 y n-3 donde dichas familias compiten por el acceso a las enzimas. Mientras que la conversión de ácido linoléico en EPA y DHA es de suma importancia, no es el principal destino del ácido 18:3 en términos de masa. El metabolito más común de la familia n-6 es el ácido araquidónico (20:4), que es el más importante de los tres C₂₀ moléculas que actúan como precursores de los eicosanoides, este ácido en los fosfolípidos (en particular fosfatidilinositoles) es un constituyente esencial de las membranas celulares. Los metabolitos más importantes de la familia n-3 son el ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido docosapentaenoico (DPA) y ácido docosahexaenoico (DHA). El ácido araquidónico es el precursor de prostaglandinas y tromboxanos de la serie-2 y leucotrienos de la serie-4, mientras que el ácido eicosapentaenoico es el precursor de prostaglandinas y tromboxanos de la serie-3 y leucotrienos de la serie-5. Estos diversos eicosanoides tienen sus propias propiedades fisiológicas, a menudo trabajando en direcciones

opuestas. Los eicosanoides a partir del ácido araquidónico eleva la actividad plaquetaria y la respuesta inmune mientras que las de ácido eicosapentaenoico tienen el efecto contrario. Las dietas con exceso de ácido linoleico producirán demasiado ácido araquidónico y sus metabolitos y las que tienen poco ácido linolénico producirá muy poco EPA y sus metabolitos. Para corregir el equilibrio puede ser necesario aumentar la ingesta dietética de ácido linolénico, y al mismo tiempo reducir la ingesta de ácido linoleico que compite tan fuertemente por las enzimas requeridas para el cambio metabólico.

Según FAO (2008), la relación de ácido linoleico a ácido α -linolénico en la dieta debe ser de entre 5:1 o máximo 10:1.

La chía posee un contenido de **proteínas** que oscila entre 19 y 23%, el cual es mayor que el asociado a los cereales tradicionales, presentando como ventaja adicional el no contener gluten, motivo por el cual ha sido aprobada por la Asociación Celíaca Argentina como apta para su uso en pacientes celíacos. Las proteínas de chía presentan un buen balance de aminoácidos esenciales (Ixtaina, 2010).

Además, la chía contiene una alta proporción de compuestos **antioxidantes** (flavonoides, tocoferol, beta-caroteno), por lo que evita la rancidez de los ácidos grasos insaturados en los alimentos que la contiene (Reyes-Caudillo *et al.*, 2008). La chía no presenta ni transmite el característico “olor a pescado”, la estabilidad de dichos ácidos grasos ω -3 es otorgada por los antioxidantes naturales presentes en la semilla (Tosco, 2004).

Con respecto al contenido de **minerales**, las semillas de chía son una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio hierro, zinc y cobre (Instituto Nacional de Alimentos, 2003 citado por Ixtaina, 2010).

Uno de los aspectos más importantes de estas semillas es su alto contenido en **fibra** (18-30%), su consumo conlleva importantes beneficios como la regulación del tránsito intestinal, disminución del índice de glucemia, y su correspondiente respuesta insulínica, entre otros (Reyes-Caudillo *et al.*, 2008).

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria por sus siglas en inglés EFSA (2009) emitió dictamen sobre la inocuidad de las semillas enteras y trituradas como ingredientes alimentarios. Posteriormente en el Diario Oficial de la Unión Europea (2013), pronunció que a partir de la fecha las semillas de chía como tales solo podrán venderse al consumidor final, preenvasadas, la designación de las semillas de chía autorizadas por la presente decisión en el etiquetado de los productos alimenticios que las contengan será «semillas de chía (*Salvia*

hispánica L.))», además se requerirá un etiquetado adicional para informar al consumidor de que la ingesta diaria no debe superar 15 g.

2.2.6 Aspectos legislativos en base a comercialización

Actualmente, no hay un registro de normas técnicas que estén estipuladas para la exportación de semillas de *Salvia Hispánica L.*. Aunque no existe una norma internacional sobre estos estándares si existen acuerdo comerciales en donde se negocian estos requisitos tomando en cuenta el análisis de laboratorios acreditados para determinar la calidad de la Chía, porque esta puede variar con mucha frecuencia tomando en cuenta la zona de producción, manejo del cultivo, manejo de pos cosecha y factores ambientales (Miranda, 2012).

Según el Código Alimentario Argentino (2008) “Con la denominación de Semillas de Chía se entienden las semillas sanas, limpias y bien conservadas de *Salvia hispánica L.* Deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- Las semillas de chía, que respondan a la especie mencionada, serán de color marrón oscuro, de tamaño muy pequeño y de buena fluidez.
- El aroma deberá ser suave, agradable y propio de la semilla.
- El máximo contenido de agua permitido (determinado a 100-105°C) es de 7%.
- Materia grasa: Mínimo 33%.
- No deberán contener más de 0,5% de semillas dañadas. Estarán libres de insectos vivos.
- No deberán contener más de 1% de materias extrañas. Se entiende por materias extrañas a la materia mineral u orgánica (polvo, ramitas, tegumentos, semillas de otras especies, insectos muertos, fragmentos o restos de insectos y otras impurezas de origen animal).”

La norma Mexicana NMX-F-592-SCFI-2011, establece los mínimos y máximos porcentajes de ácidos grasos, (ver Tabla 4)

Tabla 4. Composición de ácidos grasos del aceite de semilla de Chía.

Ácidos Grasos	Mínimo (%)	Máximo (%)
Acido palmítico C16:0	7	8
Acido esteárico	3	4
Ácido Oleico	4	9
Ácido linoléico 9 cis, 12cis C18:2	20	26
Ácido C18:3	54	60

FUENTE: Norma Mexicana NMX-F-592-SCFI-2011.

En la actualidad, las semillas de chía se producen y comercializan en varias provincias del Perú; sin embargo hasta el momento, el país no dispone de reglamentos en los que especifiquen las características físicas y químicas que debe poseer la semilla de chía para consumo directo. En el Perú, el control de calidad de las semillas está regido por los procedimientos normalizados por la Asociación Internacional de Análisis de Semillas por sus siglas en inglés ISTA (Chumbiauca, 2015). ISTA es una asociación internacional de entidades, sin fines lucrativos, relacionadas con el análisis de semillas, cuya actividad principal es la de proporcionar métodos y servicios para dicho fin. El objetivo principal de las reglas ISTA es proporcionar métodos de prueba para las semillas designadas para el cultivo de cosechas o la producción de las plantas. Además, la mayoría de los métodos de prueba también se pueden aplicar para la evaluación de la calidad de las semillas utilizadas como alimento o para fines técnicos. Esta norma incluye a más de 850 especies agrícolas, hortícolas, de árboles, etc., (ISTA, 2012).

2.3 SEMILLAS

2.3.1 Semillas y su importancia en la nutrición humana

La semilla es, de acuerdo a la botánica, la parte del fruto que contiene el embrión de una futura planta. La semilla, además de constituir la estructura mediante la cual las plantas se propagan sexualmente, tiene una gran importancia en la alimentación humana (Multon, 1982, citado por Ixtaina, 2010).

2.3.2 Calidad de semillas

La calidad es un requisito básico de un producto, no sólo por su significación intrínseca, sino porque constituye la base sobre la que reposa la reproducibilidad de los parámetros de seguridad y eficacia. El control de calidad es necesario para evitar adulteraciones y falsificaciones, así como para garantizar que un producto reúna las características necesarias para ser seguro y eficaz. Los objetivos del control de calidad son, confirmar la identidad y pureza de una muestra, así como también valorar su contenido en principios activos (Busse, 2000; Cañigual, 2002 citados por Bueno *et al.*, 2010).

Según Applequist (2006), se ha informado en la literatura farmacognóstica que diferentes órganos de ciertas especies se encuentran inapropiadamente presentes en materiales vegetales que son ofrecidos como genuinos. Puede ser por una sustitución accidental (la planta es identificada erróneamente como la correcta o ser intercambiable con ésta), contaminación accidental (alguna parte de la planta errónea es colectada junto con la correcta) o fraude (la planta es deliberadamente sustituida por mezcla con las especies correctas). La adulteración puede también involucrar el uso de partes inapropiadas de la planta correcta, por ejemplo, la inclusión de tallos en un producto donde se usan solamente las hojas. En el lenguaje común, la “adulteración” implica la manufactura deliberada de productos de baja calidad. En la industria botánica, el término “adulteración” es usado genéricamente para referirse a cualquier inclusión de especies vegetales incorrectas o partes de plantas en excesiva cantidad, ya sea deliberadamente o por accidente.

La calidad de la chía está determinada por su concentración de ácidos grasos omega 3, porcentaje de humedad en el grano, pureza, índice de peróxidos y empaque (Miranda, 2012).

2.3.3 Métodos de Análisis de semillas

Los procedimientos y normas para conducir análisis de semillas en la mayoría de los cultivos son establecidos por ISTA; son actualizados periódicamente a la luz de la nueva evidencia científica. ISTA no establece las normas de calidad de la semilla, sino solamente el procedimiento para analizar la calidad de las semillas (Manual técnico, 2011). Las pruebas básicas; análisis de pureza, peso de la semilla, contenido de humedad y el análisis de la viabilidad /germinación (ISTA, 2016).

El **análisis de pureza** consiste en un examen pormenorizado de todos los elementos que componen la muestra de laboratorio, analizando si pertenecen o no a la especie objeto de

estudio. Su principal objetivo es determinar el porcentaje en peso que representa la fracción de semilla pura de una muestra representativa de un lote. El segundo objetivo es identificar la materia inerte y las semillas de otras especies que se encuentran en la muestra. Los componentes que pueden aparecer en muestra de semillas se agrupan en tres fracciones: Semilla pura, materia inerte y otras semillas (ISTA, 2016).

Hay dos formas de indicar **el peso de semilla**: ya sea en número de semillas por kilogramo (o para las semillas pequeñas de vez en cuando por cada 100 gramos), o en el peso en gramos de 1.000 semillas (ISTA, 2016).

2.4 ACIDOS GRASOS

Los aceites y grasas más comunes están compuestos por un número pequeño de unidades constitutivas principales, motivo por el cual la mayoría de las diferentes características puede atribuirse a la presencia de componentes menores y a la inmensa cantidad de posibles combinaciones de estas unidades de construcción (Bockisch, 1998 citado por Ixtaina, 2010). No hay una definición acordada de ácidos grasos, pero se ha sugerido que los ácidos grasos son compuestos sintetizados en la naturaleza por condensación de unidades de malonil coenzima A bajo la influencia de un complejo de ácido graso sintasa. Casi todas las grasas y aceites son derivados de ácidos grasos (Gunstone, 2004).

2.4.1 Estructura de los ácidos grasos

Más de 1.000 ácidos grasos naturales han sido identificados. Estos varían en longitud de cadena, grado de insaturación y la presencia o ausencia de otros grupos funcionales. Sólo un número limitado de estos (25-50), son importantes para la mayoría de los científicos y tecnólogos de lípidos. (Gunstone, 2004). Algunos miembros de este pequeño grupo se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Estructuras de los ácidos grasos más comunes

Nombre Común	Símbolo	Instauración (Si Existe)
Saturado		
Laurico	12:0	-
Mirístico	14:0	-
Palmítico	16:0	-
Esteárico	18:0	-
Monoinsaturado		
Oleico	18:1	9c
Petroselinico	18:1	6c
Erucico	22:1	13c
Poliinsaturado (No Conjugado)		
Linoleico	18:2	9c 12c
Linolenico (α)	18:3 (n-3)	9c 12c 15c
Linolenico (γ)	18:3 (n-6)	6c 9c 12c
Araquidónico	20:4 (n-6)	5c 8c 11c 14c
Eicosapentaenoico	20:5 (n-3)	5c 8c 11c 14c 17c
Docosaheptaenoico	22:6 (n-3)	4c 7c 10c 13c 16c 19c
Monoinsaturado Conjugado		
Elaídico	18:1	9t
Poliinsaturado Conjugado		
Eleostearico	18:3	9c 11t 13t
Calendico	18:3	8t 10t 12c

Fuente: The Chemistry of Oils and Fats (2004)

Según Gunstone (2004) el **ácido graso saturado** más común es el ácido palmítico (16: 0) está presente en los aceites de pescado (10 - 30%), en la leche y grasas corporales de la mayoría de los animales (hasta el 30%) y en prácticamente todas las grasas vegetales a niveles entre 5% y 50%. El ácido esteárico (18:0) es el ácido graso saturado menos común, pero es un componente principal en los sebos de animales rumiantes (5 - 40%) y en una serie de grasas vegetales sólidas generalmente denominadas sebo o mantequilla. Estos incluyen manteca de cacao (30 - 35%), manteca de karité (~ 45%) y sebo de Borneo (~ 40%). El ácido esteárico también puede obtenerse por hidrogenación completa de aceites vegetales, ricos en ácido oleico y/o linoleico.

Con respecto a los ácidos grasos **monoinsaturados**, más de 100 ácidos monoinsaturados se han identificado y están compuestos principalmente olefínicos con configuración cis. El ácido 9-octadecenoico (oleico) es el más común de todos los ácidos monoinsaturados, (ver Fig. 2). Los aceites con altos niveles de ácido oleico tienen una gran demanda (Gunstone, 2004).

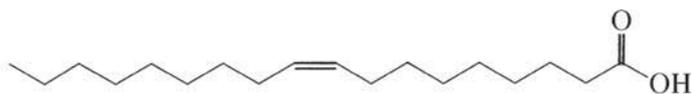


Figura 2. Ácido 9-octadecenoico (oleico).

Según Gunstone (2004) los ácidos grasos **poliinsaturados** poseen dos o más pares de átomos de carbono con dobles enlaces. Se dividen en familias, las dos más importantes son las familias 3 y 6 basadas en el ácido linolénico y ácido linoleico respectivamente. La estructura de estos ácidos se observa en la figura 3. Los animales no pueden producir ácido linoleico o linolénico y deben obtenerlos de fuentes dietéticas (vegetales). La familia n-6: el ácido linoleico es el ácido polieno más común y es el ácido principal en muchos aceites de semillas tales como soja (45 - 60%), girasol (20 - 75%), etc. La familia n-3: -el ácido linolénico es un componente importante en el tejido verde (hierba, hojas, tallos) y por lo tanto, un componente importante en las dietas de muchos animales de forraje. Se presenta como un componente menor en dos aceites principales de las materias primas - soja (8%) y colza (10%) - y es un componente más significativo de los aceites de semillas de linaza (60%) y perilla (60 - 65%). El ácido linolénico ha suscitado interés como suplemento dietético y está disponible en un grupo restringido de aceites de semillas.



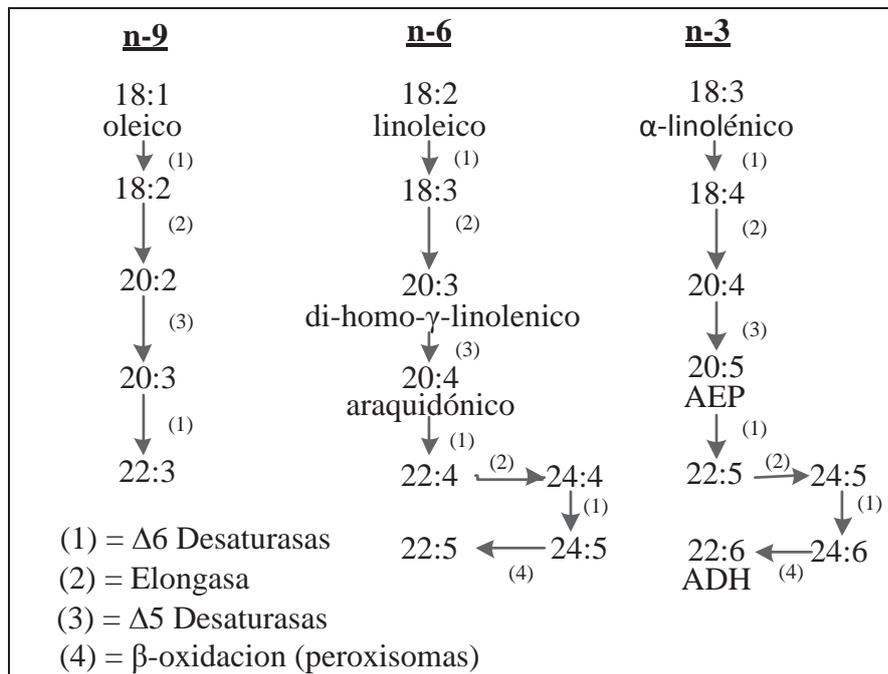
Figura 3. Estructura de los ácidos grasos poliinsaturados más importantes en aceites vegetales (ácidos linoleico y α -linolenico).

Los ácidos grasos poliinsaturados pueden ser mejor descritos en términos de familias debido a que su metabolismo permite la interconversión dentro pero no entre familias de AGPs. Ahora bien, no todos los AGPs son ácidos grasos esenciales. Las plantas son capaces de sintetizar “de novo” e interconvertir las familias de ω -3 y ω -6 via desaturasas con especificidad en las posiciones Δ 12 y Δ 15. Los animales tienen enzimas desaturasas Δ 5, Δ 6 y Δ 9 y por lo tanto, son incapaces de sintetizar ω -3 y ω -6 “de novo”. Sin embargo, ocurren elongaciones y desaturaciones de los ácidos grasos esenciales, primariamente a nivel hepático. La elongación y desaturación de los ácidos grasos insaturados se muestran en la Figura 4. El ácido graso ω -6

más común de nuestra dieta es el linoleico (18:2 ω -6), conocido como el padre de dicha familia, el cual es el primero en ser desaturado a 18:3 ω -6, ácido γ -linolénico (GLA). GLA es elongado a 20:3 ω -6, ácido dihomo- γ -linolénico (DHGLA), el cual es una molécula precursora de las prostaglandinas serie 1. DHGLA es posteriormente desaturado a 20:4 ω -6, precursor de las prostaglandinas serie 2. Luego pueden ocurrir la elongación y desaturación a 22:4 ω -6 y 22:5 ω -6, aunque la función de estos ácidos grasos aún no se conoce con exactitud (Ixtaina, 2010).

La Figura 4 también muestra la elongación y desaturación del 18:3 ω -3 en la cual la conversión desde 20:5 ω -3 al 22:6 ω -3 se realiza mediante una doble elongación, desaturación y β -oxidación.

Una de las funciones de los ácidos grasos esenciales es su conversión a prostaglandinas y leucotrienos, compuestos metabólicamente activos (Granstrom y KumLin, 1987; Slater y McDonald-Gibson, 1987).



Fuente: Ixtaina (2010)

Figura 4. Secuencia de conversiones de ácidos grasos insaturados

2.4.2 Los procedimientos analíticos Cromatografía

Los procedimientos analíticos para aceites y grasas son impulsados en parte por el deseo de identificar y cuantificar materiales que están siendo examinados en el laboratorio de investigación y en parte por las exigencias comerciales. Los productos se compran y venden de acuerdo con una especificación y hay una necesidad de comprobar que se está cumpliendo la especificación (Gunstone, 2004).

La **extracción con solventes**, principalmente hexano, es uno de los procesos más tradicionales empleados en la obtención de aceites de semillas oleaginosas. El principio de extracción con solvente se basa en el hecho que un componente (solute) se distribuye entre dos fases según la relación de equilibrio determinada por la naturaleza del componente y las dos fases. A fin de facilitar el proceso de extracción, es necesario reducir el tamaño de la semilla o grano mediante el quebrado e inclusive el laminado (Bockisch, 1998 citado por Ixtaina 2010).

Los ácidos grasos comunes son fácilmente reconocidos y separados unos de otros por cromatografía de gases (GC) y esta técnica es un procedimiento analítico estándar en los laboratorios de control de calidad. La GC es el procedimiento analítico más utilizado por los analistas de lípidos. Se emplea principalmente para separar y cuantificar componentes ácidos en forma de sus ésteres metílicos (Gunstone, 2004).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Zona de ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, y los análisis de Pureza y Peso de mil semillas en el Laboratorio Oficial de Análisis de Calidad de Semillas de la Institución Nacional de Investigación Agraria (INIA), en el Distrito de la Molina, Lima.

3.2 Materiales

3.2.1 Muestras

Se utilizaron 20 muestras (1kg) de semillas de chía, comercializadas en diferentes herboristerías, mercados y tiendas naturistas, ubicadas en diferentes zonas del Distrito de Santa Ana, Provincia de la Convención. (Ver Anexo N° 1, cuadro 1).

3.2.2 Equipos

- a) Equipo Cromatografico Agilent
 - Modelo: 6890N
 - Inyector Automático: 7683B
 - Columna: DB-23, 60m x I.D 0.250 x 0.15um Film.
- b) Centrifuga
 - Modelo: GT 119-100T
 - Máxima velocidad: 4000 RPM
 - Capacidad: 6 tubos de 15 ml
- c) Lámpara/Lupa de Dioptrías con luz incorporado LUXO
 - Modelo: KFM-2 / FE 3D 3C Lg
 - Estilo/tamaño de lente: 3 dioptrías (1.75x), diámetro de 5.00 (127.00 mm)
 - Foco: fluorescente, 22 W
 - Brazo 30.00" (762.0 mm)
- d) Esteroscopio LEICA
 - Modelo: S8APO

- Zoom: 8:1, 300 Lp/mm
- Resolución y profundidad de campo

3.2.3 Instrumentos

a) Balanza Analítica OHAUS

- Modelo: EP214C
- Capacidad: 210 g.
- Legibilidad 0.1 mg

b) Balanza analítica ACCULAB SARTORUIS GROUP

- Modelo: ALC-210.4
- Capacidad: 210 g.
- Legibilidad 0.1 mg

c) Balanza digital AND

- Modelo: EK-6000i
- Capacidad: 6000 g
- Resolución: 1 g

3.2.4 Materiales

a) Lupa de mano Mineral Clasic

- Modelo: 6301
- Diámetro: 100 mm
- Aumento: 2.00X

b) Tubos de ensayo

c) Mortero

d) Viales

e) Vernier digital 0.01 mm

f) Reglas metálicas

g) Recipientes

h) Pinzas

i) Espátula

j) Cucharilla

3.3 Metodología de la Investigación

3.3.1 Tipo y Nivel de investigación

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica, en razón, a que se determinó el contenido de ácidos grasos de las semillas de chía comercializada en el Distrito de Santa Ana de acuerdo a la información que se tiene. De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo.

3.3.2 Muestreo

Las semillas de chía utilizadas se obtuvieron en una semana, de diferentes lugares de comercialización (herboristerías, mercados y tiendas naturistas), ubicadas en diferentes zonas del Distrito de Santa Ana, Provincia de la Convención (20 muestras de 1 kg cada una). Las mismas se conservaron en envases plásticos cerrados herméticamente hasta el momento de la realización de los análisis.

3.3.3 Caracterización física

3.3.3.1 Método de análisis para Pureza

Para definir el **tamaño de la muestra** de trabajo, se utilizó el **método de reducción a la mitad con la mano** propuesto por ISTA (2012). Las semillas se mezclaron en una bandeja luego se pasa a formar un montículo en la mesa de trabajo, se comenzó a dividir en dos el montículo con una regla, obteniéndose dos mitades, después de lo siguiente se dividió en dos las dos mitades, obteniéndose cuatro cuartos y finalmente se dividió en dos cada uno de los cuartos, resultando ocho partes, de las ocho partes, la primera, tercera, quinta y séptima parte (seleccionados al azar) quedan en la mesa de trabajo y las partes restantes es coleccionado en una bandeja retirándolas de nuestra muestra de trabajo, y las que quedaron en la mesa de trabajo son las que se realizaron otra vez la misma operación anterior, de esta forma reduciendo la muestra, hasta obtener 10 g. aprox. (ver la figura 5)

Para la **separación**, la muestra de trabajo después de su pesaje se separó en forma manual en sus diferentes componentes (semilla pura, materia inerte y otras semillas) con la ayuda de una Lámpara/Lupa de Dioptrías con luz incorporado (LUXO KFM-2/FE3D3CLg), luego se procedió a pesar con la ayuda de una balanza electrónica (0.1 mg de precisión) y calcular el

porcentaje en peso de cada una de las fracciones de acuerdo a la siguiente expresión (ISTA, 2012):

$$\text{Semilla Pura (\%)} = \frac{\text{Peso semillas puras}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} * 100$$

$$\text{Materia Inerte (\%)} = \frac{\text{Peso materia inerte}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} * 100$$

$$\text{Otras Semillas (\%)} = \frac{\text{Peso otras semillas}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} * 100$$



Figura 5. Etapa de muestreo de las semillas de chía para el análisis de pureza de las semillas de chía.

3.3.3.2 Composición de la mezcla comercial de las semillas según el color del pericarpio

A fin de determinar el porcentaje de semillas blancas y gris, se seleccionaron al azar 8 grupos de 20 g de semillas cada uno y se realizó la separación manual de las mismas, según el color del pericarpio en blancas, gris y marrones (ver la figura 6). Se determinó el porcentaje en peso de cada tipo de semillas presente en la muestra, utilizando una balanza electrónica (0.1 mg de precisión) (Ixtaina, 2010):

$$\text{Semillas Blancas (\%)} = \frac{\text{Peso semillas blancas}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} * 100$$

$$\text{Semillas Gris (\%)} = \frac{\text{Peso semillas gris}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} * 100$$

$$\text{Semillas Marrones (\%)} = \frac{\text{Peso semillas Marrones}}{\text{Peso total de la muestra de trabajo}} * 100$$



Figura 6. Semillas de color gris y blancas de las semillas de chía.

3.3.3.3 Método de análisis por peso de mil semillas

Para determinar el peso de mil semillas, se tomaron 8 submuestras de las semillas puras del anterior análisis compuestas por 100 semillas cada una (ver la figura 7), se pesaron y se calcularon el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación (CV) de la siguiente manera:

$$\text{Varianza} = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N - 1)}$$

Donde:

x = peso de cada réplica en gramos

N = número de réplicas

Σ = suma de

$$\text{Desviación estándar (S)} = \sqrt{\text{Varianza}}$$

$$\text{Coeficiente de variación (CV)} = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

Donde: \bar{x} = peso promedio de 100 semillas

Si $CV < 4\%$ se procede a seguir con los cálculos de 8 repeticiones y

Si $CV > 4\%$ los cálculos se realizarán con 16 repeticiones.



Figura 7. Proceso del análisis de peso de mil semillas.

3.3.3.4 Tamaño y forma

El tamaño de la semilla se determinó a través de la medición de sus dimensiones (ver la figura 8) características: largo (L), ancho (W) y espesor (T), a partir de 90 semillas de cada tipo de color de pericarpio, seleccionadas al azar a partir de la mezcla comercial. Para ello, se utilizó un vernier digital (0,01 mm de precisión), según la siguiente figura (Ixtaina, 2010):

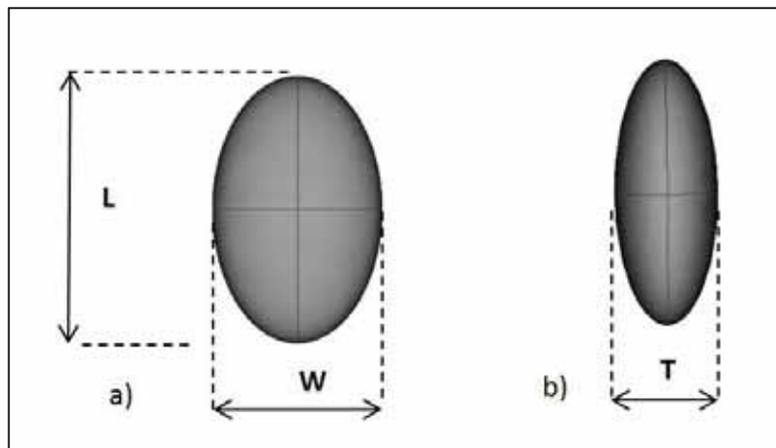


Figura 8. Dimensiones características (a) vista frontal, (b) vista del perfil.

El diámetro geométrico (D_g) de una semilla individual fue calculado a partir de las tres dimensiones características de acuerdo a la siguiente expresión (Ixtaina, 2010):

$$D_g = (LWT)^{1/3}$$

El área superficial específica (S) fue calculada asumiendo la forma elipsoidal de la semilla, según la siguiente ecuación (Ixtaina, 2010):

$$S = \pi D_g^2$$

Para completar la información sobre la forma de la semilla de chía, se calculó la relación de aspecto (Ixtaina, 2010):

$$R = \frac{W}{L} \times 100$$



Figura 9. Equipos utilizados para los análisis de la composición de la mezcla comercial según el color del pericarpio (balanza analítica), el tamaño y forma (vernier digital) de las semillas de chía.

3.3.4 Análisis de ácidos grasos por cromatografía gaseosa (CG)

Extracción del aceite: Para la extracción de aceite, cada muestra de semillas de chía previamente codificadas, se homogenizaron y pesaron 2 g. aprox., las cuales se trituraron en un mortero, cada muestra triturada se dispusieron en tubos de ensayo, y se agregó el disolvente n-hexano, la cantidad de 5 ml seguidamente se agito por 5 min aprox., luego se llevó a centrifugar a 4000 x 10 min. Obteniéndose los aceites crudos de cada muestra (ver la figura 10) .

Los aceites crudos fueron metilados con 1mL de solución de KOH 10% en metanol (Metoxido de potasio) se agito x 1min aproximadamente, luego se llevó a centrifugar 4000 x 5 min. Se extrajo el material metilado (liquido sobrenadante) colocándose en el vial para diluir con hexano 1:10 (100 microlitros de material metilado con 900 microlitos de hexano), la cual fue la muestra que se analizó por el cromatógrafo de gases.

Análisis por CG: La identificación y cuantificación de ácidos grasos (AGs) de los aceites se llevó a cabo por cromatografía gaseosa, de acuerdo al método tiempo de retención de bloqueo (TRB) con estearato de metilo como el compuesto de bloqueo con columna DB-23. La mezcla de FAME se analizó en un cromatógrafo de gases (Agilent 6890N) equipado con detector de

Masas Agilent 5975B. El volumen de inyección fue 0.2uL. La separación se realizó en una columna DB-23 (60 m x 0.25 mm, diámetro interno 0.15 μ m) empleando helio como gas portador. El contenido de cada uno de los ácidos grasos identificados se expresó como valor porcentual en relación al contenido total de los mismos.



Figura 10. Proceso de extracción del aceite crudo.

3.3.5 Análisis estadístico

Para el porcentaje de pureza y porcentaje de ácidos grasos según forma de expendio se realizó por la prueba T de Student para muestras independientes con una significación estadística en $p \leq 0,05$. Para la composición de la mezcla comercial según el color de pericarpio, peso de mil semillas, tamaño y forma de las semillas y porcentaje de ácidos grasos según procedencia se realizó por el análisis de la varianza ANOVA de un factor con una significación estadística en $p \leq 0,05$. Para la relación entre los principales ácidos grasos se realizó por diagramas de dispersión. Todos los análisis se realizaron utilizando el software Spss statistic versión 21.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1 Caracterización física

4.1.1 Porcentaje de Pureza

La tabla 6 muestra el porcentaje de semillas puras, materia inerte y otras semillas de las muestras de semillas de chíá.

Tabla 6. Porcentaje de semillas puras, materia inerte y otras semillas de las semillas de chíá expandidas a granel y envasadas.

N° Muestra	Expendio	S. Pura %	M. Inerte %	Otras S. %
1	A Granel	98.00	1.10	0.90
2	A Granel	100.00	0.00	0.00
3	Envasado	99.90	0.10	0.00
4	Envasado	100.00	0.00	0.00
5	Envasado	100.00	0.00	0.00
6	A Granel	99.50	0.20	0.30
7	A Granel	99.30	0.10	0.60
8	A Granel	99.80	0.20	0.00
9	Envasado	99.60	0.40	0.00
10	A Granel	99.70	0.20	0.10
11	A Granel	99.90	0.10	0.00
12	A Granel	99.90	0.10	0.00
13	A Granel	99.90	0.10	0.00
14	A Granel	99.90	0.10	0.00
15	A Granel	100.00	0.00	0.00
16	A Granel	99.60	0.10	0.30
17	A Granel	98.90	1.10	0.00
18	A Granel	99.50	0.50	0.00
19	A Granel	96.80	3.00	0.20
20	A Granel	100.00	0.00	0.00
	A Granel	99.42 ^a	0.43 ^a	0.15 ^a
	Envasado	99.88 ^a	0.13 ^a	0.00 ^a

Letras minúsculas iguales indican similitud significativamente ($p > 0,05$) entre Formas de expendio (A Granel y Envasado); Semilla Pura; Materia Inerte; Otras Semillas.

Tal como se observa en la **tabla 6**, cinco muestras (muestras N° 2, 4, 5, 15, 20) presentaron una pureza de 100%, doce muestras (muestras N° 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16 y 18) presentaron una pureza entre 99.30% y 99.90% y tres muestras (muestras N° 1, 17 y 19) presentaron un porcentaje de pureza entre 96.80 % y 98.90%. De esta forma se observa que diecisiete muestras de semillas presentaron una pureza superior al 99.00%, siendo los valores de semillas puras de este estudio, superiores a estudios anteriores, donde **Bueno et al. (2010)** determinaron que cinco lotes presentaron una pureza superior al 95%, un lote mostró muy baja pureza (21,6%), mientras que en los dos restantes se observó ausencia total de semillas de “chía”, comprendiéndose así que existió una adulteración parcial o total de esas semillas. Del mismo modo, **Farías (2010)** encontró que el porcentaje de pureza de la mayoría de las muestras, varió entre 90.8% - 97.5%, en cuanto a semillas extrañas dos muestras presentaban 100% de semillas extrañas, sin embargo según el **Código Alimentario Argentino (2008)** establece que las semillas de chía no deberán contener más de 1% de materias extrañas, lo que indicaría que en este estudio solo diecisiete muestras de semillas de chía cumplirían con este reglamento, ya que los tres restantes presentan un porcentaje de pureza menor del 99.00%.

Se observa también la comparación entre ambas formas de expendio (A Granel y Envasado), las cuales no muestran diferencias significativas ($p > 0,05$) en porcentajes de semillas puras, materia inerte y otras semillas. Aunque no existe diferencias significativas entre ambas formas de expendio, se observa que el porcentaje de pureza es mayor en los envasados, mientras que los otros componentes son valores más altos en a granel.

4.1.2 Composición de la mezcla comercial según el color del pericarpio y peso de mil semillas

La tabla 7, muestra la composición en porcentajes de la mezcla comercial de las semillas según el color del pericarpio y peso de mil semillas de las muestras de semillas de chía.

Tabla 7. Composición en porcentajes de la mezcla comercial de las semillas según el color del pericarpio y peso de mil semillas de las muestras de semillas de chía.

N° Muestra	Procedencia (según el vendedor)	Semillas Gris (%)	Semillas Blancas (%)	Semillas Marrones (%)	Peso Mil Semillas (g)
1	Curahuasi	90.21	9.12	0.68	1.2471
2	No Sabe	87.87	11.08	1.05	1.3525
3	Lima	82.47	16.89	0.64	1.4495
4	Lima	85.02	14.36	0.61	1.3446
5	Lima	87.65	11.58	0.77	1.3426
6	Curahuasi	89.27	9.46	1.27	1.2640
7	No Sabe	90.90	8.83	0.27	1.4803
8	Curahuasi	86.59	11.37	2.04	1.2493
9	Lima	89.90	9.71	0.40	1.2749
10	Curahuasi	94.18	5.56	0.26	1.4083
11	No Sabe	88.97	10.71	0.33	1.2649
12	Curahuasi	88.95	10.34	0.71	1.2060
13	Curahuasi	91.64	8.05	0.32	1.3443
14	Curahuasi	89.60	9.93	0.48	1.3860
15	Curahuasi	89.74	9.76	0.50	1.3761
16	No Sabe	89.56	10.20	0.24	1.1821
17	Curahuasi	89.55	9.88	0.57	1.0833
18	Curahuasi	90.15	9.13	0.72	1.1970
19	Curahuasi	91.69	7.66	0.65	1.1529
20	Curahuasi	86.36	13.35	0.28	1.2799
	Curahuasi	89.83 ^a	9.47 ^b	0.71 ^a	1.2662 ^a
	Lima	86.26 ^b	13.14 ^a	0.60 ^{ab}	1.3529 ^a
	No Sabe	89.32 ^a	10.20 ^b	0.47 ^b	1.3200 ^a

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre Procedencia de las semillas (Curahuasi, Lima y No sabe) según información de los vendedores; Semillas Gris; Semillas Blancas; Semillas Marrones.

Tal como se observa en la **tabla 7**, en cuanto al porcentaje en peso de semillas gris, las muestras que presentaron mayor y menor porcentaje fueron las muestras N° 10 con 94.18 % y N° 3 con 82.47 % respectivamente. Las muestras que presentaron un mayor y menor porcentaje en peso de semillas blancas fueron las muestras N° 3 con 16.89 % y N° 10 con

5.56 % respectivamente. Las muestras que presentaron un mayor y menor porcentaje en peso de semillas marrones fueron las muestras N° 8 con 2.04 % y N° 16 con 0.24 % respectivamente. De esa forma se observa que en todas las muestras, la de mayor proporción fue el de color gris la cual presento un rango de 82.47 % - 94.18 % similar a las informadas por Ixtaina (2010), donde el porcentaje en peso de semillas gris fue de $91,6\pm 0,3$ y $99,4\pm 0,3\%$ mientras que el resto fueron blancas.

Se observa también el peso de mil semillas, donde las muestras que presentaron un mayor y menor peso fueron las muestras N° 7 con 1.4803 g., y N° 17 con 1.0833 g. respectivamente, siendo estos valores más altos a comparación de los estudios anteriores como el de **Bueno et al. (2010)** donde encontró en su estudio una variación de pesos entre 0,94 y 1,29 g, las diferencias entre los lotes fueron estadísticamente significativas. **Ixtaina et al. (2010)** informo que un peso de 1.150 y 1.323 g para las “semillas” oscuras y 1.301g para las blancas. A diferencia que en este estudio no se discriminó entre “semillas” de distinto color, pero si se observó que en todas las muestras se encontraron semillas de color gris, blanco y marrón, siendo la de mayor proporción el de color gris, según **Cahill & Provance (2002)** menciona que cada planta produce numerosas semillas las cuales, pueden ser blancas u oscuras, siendo este último color, gris, determinado por un gen dominante y según **Rovati et al., (2012)** también es factible encontrar semillas de color marrón uniforme, las cuales presentan un menor peso, debido a que corresponden a semillas vanas o vacías, con un escaso o nulo desarrollo de las estructuras seminales, por lo cual no germinan.

Se observa también, la comparación entre las procedencias de las semillas según información de los vendedores, donde las semillas de "Curahuasi" fueron iguales significativamente a las semillas de "No sabe" resultando ambas significativamente diferentes a las de "Lima" en porcentajes de semillas Gris y Blancas. En cuanto al porcentaje de semillas marrones se encontraron más en las semillas provenientes de "Curahuasi" las cuales fueron iguales significativamente a las de Lima y diferente significativamente a las de "No sabe". Este hecho puede ser atribuido a que Curahuasi se encuentra ubicado en una zona andina y según **Valero (2014)** se obtiene mayor proporción de semillas marrones bajo condiciones adversas durante el período reproductivo, esto es, temperaturas muy bajas y presencia de heladas.

4.1.3 Tamaño y forma de las semillas de chía.

La tabla 8 muestra la distribución de tamaño de semillas de chía de color gris.

Tabla 8. Distribución de tamaño de semillas de chía gris comercializadas en el Distrito de Santa Ana.

N° Muestra	L (mm)	W (mm)	T (mm)	Dg (mm)	S (mm ²)	R (%)
1	2.07	1.32	0.88	1.34	5.65	64.01
2	2.03	1.31	0.88	1.32	5.52	64.42
3	2.06	1.31	0.92	1.35	5.73	63.43
4	2.00	1.28	0.89	1.32	5.46	64.14
5	2.02	1.29	0.88	1.32	5.46	64.05
6	2.08	1.31	0.90	1.35	5.71	63.25
7	2.09	1.34	0.92	1.37	5.93	64.10
8	2.02	1.27	0.91	1.32	5.51	62.68
9	2.07	1.31	0.88	1.34	5.62	63.35
10	2.12	1.35	0.90	1.37	5.92	63.79
11	1.98	1.27	0.89	1.31	5.37	64.21
12	1.98	1.26	0.89	1.30	5.34	63.45
13	2.00	1.27	0.89	1.31	5.43	63.80
14	2.04	1.29	0.90	1.33	5.60	63.51
15	2.05	1.32	0.91	1.35	5.71	64.45
16	2.02	1.26	0.87	1.30	5.32	62.39
17	1.92	1.25	0.88	1.28	5.14	65.04
18	1.99	1.29	0.90	1.32	5.47	64.92
19	2.03	1.29	0.87	1.32	5.46	63.51
20	2.02	1.32	0.90	1.34	5.63	65.48
CURAHUASI	2.026 ^a	1.294 ^a	0.894 ^a	1.327 ^a	5.548 ^a	63.992 ^a
LIMA	2.038 ^a	1.297 ^a	0.893 ^a	1.330 ^a	5.570 ^a	63.741 ^a
NO SABE	2.031 ^a	1.293 ^a	0.890 ^a	1.326 ^a	5.537 ^a	63.779 ^a

Valores con letras iguales indican similitud significativamente ($p > 0,05$) de las dimensiones (L, W, T, Dg, S y R) entre muestras de semillas.

Tal como se observa en la tabla 8 la dimensión longitudinal (L) vario entre 1.92 - 2.12 mm, el ancho (W) vario entre 1.25 - 1.35 mm, el espesor (T) vario entre 0.87 - 0.92 mm, el diámetro geométrico (Dg) vario entre 1.28 - 1.37 mm, el área superficial específica de las semillas (S) vario entre 5.14 - 5.93 mm², la relación de aspecto (R) vario entre 62.39 - 65.48 %. Estas medidas son similares a las informadas por Ixtaina (2010) para semillas oscuras, donde L vario entre 1,60–2,42 mm, W vario entre 1,22–1,36 mm, T vario entre 0.72–0,84 mm, Dg vario entre 1,19 - 1,38 mm, S vario entre 4.51 –6.01 mm² y R vario entre 54.5 – 67.8 %. Los valores de relación de aspecto calculados muestran la tendencia de la forma de la semilla de chía hacia un elipsoide la cual fue la misma forma que obtuvo Ixtaina (2010), la cual es esencial para una adecuada selección del equipo de limpieza, nivelación y separación, así como para el proceso de secado (Mohsenin 1986, citado por Ixtaina, 2010).

Al realizar un análisis a las tablas 7 y 8, peso de mil semillas y tamaño de semillas de chía, se observa que las semillas que poseen mayor peso como son las muestras N° 7 y 3, son aquellas también que poseen mayor dimensiones de sus medidas en longitud, ancho, espesor, diámetro geométrico y área superficial, de la misma manera la semilla que posee menor peso como es la muestra N° 17 también posee menores dimensiones anteriormente mencionadas, lo que indica que las semillas que poseen mayor tamaño son aquellas que también poseen mayor peso.

4.2 Porcentaje de ácidos grasos presentes en las semillas de chía comercializadas en el distrito de Santa Ana.

La tabla 9 muestra los valores de ácidos grasos en porcentajes, encontrados en las muestras de semillas de chía.

Tabla 9. Porcentaje de ácidos grasos (%) presentes en las muestras de semillas de *Salvia hispánica* L..

Componente	Forma de expendio		Procedencia		
	A granel	Envasado	Curahuasi	Lima	No sabe
N	16	4	12	4	4
Grasa %	27.92 ^a	29.50 ^a	27.38 ^A	29.50 ^A	29.52 ^A
Ácido Graso %					
Palmitico	9.028 ^a	8.688 ^a	9.019 ^A	8.688 ^A	9.055 ^A
Estearico	4.961 ^a	4.800 ^a	4.979 ^A	4.800 ^A	4.905 ^A
Oleico	8.661 ^a	8.323 ^a	8.688 ^A	8.323 ^A	8.578 ^A
Linoleico	20.670 ^a	20.845 ^a	20.688 ^A	20.845 ^A	20.618 ^A
α -Linolenico	56.681 ^a	57.345 ^a	56.628 ^A	57.345 ^A	56.843 ^A
ω 6/ ω 3	0.366 ^a	0.364 ^a	0.367 ^A	0.364 ^A	0.365 ^A

Letras minúsculas iguales indican similitud significativamente ($p > 0,05$) entre Forma de expendio; letras mayúsculas iguales indican similitud significativamente ($p > 0,05$) entre Procedencia de las semillas según información de los vendedores; ácido graso Palmitico; ácido graso Estearico; ácido graso Oleico; ácido graso Linoleico; ácido graso α -Linolenico; ω -6/ ω -3, relación ácido linoleico/ácido α -linolénico.

Tal como se observa en la **tabla 9**, el contenido de grasa se encontró en un rango de variación de 27.38 a 29.52 %, valores que no cumplen Código Alimentario Argentino (2008), pero que si se encuentran en el mismo rango que Ixtaina (2010) (20,3 a 33,6%), y mayores que Quintana, *et al.*, (2015) extraído con solvente orgánico (14% y 8%). Los principales ácidos grasos detectados en las semillas de chia fueron: α -linolénico (C18:3) > linoleico (C18:2) > oleico (C18:1) \approx palmítico (C16:0) > esteárico (C16:0). Estos resultados en cuanto al orden de mayor a menor porcentaje concuerdan con estudios realizados previamente por Ayerza (2009), Ayerza & Coates (2009), Bueno *et al.* (2010), Ayerza (2011), Ixtaina (2011), Ayerza & Coates (2011), Ayerza (2013), Da Silva, *et al.* (2014), Quintana, *et al.*, (2015) y Alvites (2017) en los cuales el principal ácido graso fue el α -linolénico como en este estudio con un rango de 56.628 a 57.345 %. La relación ω -6/ ω -3 vario de 0.364 a 0.367, siendo estos valores marcadamente superiores a los de la mayoría de los estudios realizados anteriormente por Ayerza (2009), Ayerza & Coates (2009), Ayerza (2011), Ayerza & Coates (2011), Ayerza (2013) y Da Silva, *et al.* (2014) con valores de 0.26 a 0.37, 0.31 a 0.34, 0.24 a 0.41, 0.26 a

0.39, 0.27 a 0.29 y 0.29 respectivamente, lo cual indica que en este estudio los valores de ácido linoleico fueron más elevados que los estudios anteriores y que el ácido α -linolenico a comparación de estudios anteriores fueron valores bajos.

Según la Norma Mexicana NMX-F-592-SCFI-2011 la composición de los ácidos grasos de las semilla de chía deben de contener; Palmítico (7 - 8), esteárico (3 - 4), Oleico (4 - 9), linoléico (20 - 26) y α -linolenico (54 - 60), realizando una comparación de los valores de los ácidos grasos saturados de este estudio estos superaron los valores máximos de la norma mexicana, en cuanto al ácido α -linolenico siendo el ácido más importante de las semillas de chía, las muestras de estas semillas si cumplen con la norma ya que se encuentran dentro del rango.

Se observa también la comparación entre ambas formas de expendio y entre las diferentes procedencias de las semillas según el vendedor, estos mostraron un porcentaje de grasa y una composición acídica similar ($p > 0,05$). Aunque no existen diferencias significativas entre ambas formas de expendio se observa que el porcentaje de grasa, ácido linoleico y ácido α -linolénico son mayores en envasado. Este hecho puede ser atribuido a la protección del envase a las semillas de chía ya que una de las funciones del envase es la protección al producto para que estos mantengan su composición. En cuanto a la procedencia se observa que los porcentajes de grasa, ácido linoleico y ácido α -linolénico son mayores de Lima y otros. Este hecho puede ser atribuido a que la mayoría de las semillas a granel fueron de Curahuasi y estas no poseían envases.

4.3 Porcentaje de ácidos grasos saturados e insaturados de las semillas de chía comercializadas en el distrito de Santa Ana.

La tabla 10 muestra los porcentajes de ácidos grasos saturados e insaturados encontrados en las muestras de semillas de chía que se comercializan en el Distrito de Santa Ana.

Tabla 10. Porcentaje de ácidos grasos saturados e insaturados de semillas de Chía comercializadas en el Distrito de Santa Ana.

Componente	Forma de expendio		Procedencia		
	A granel	Envasado	Curahuasi	Lima	No sabe
AGSs	13.989 ^a	13.488 ^a	13.998 ^A	13.488 ^A	13.960 ^A
AGPs	77.351 ^a	78.190 ^a	77.315 ^A	78.190 ^A	77.460 ^A
AGIs	86.012 ^a	86.513 ^a	86.003 ^A	86.513 ^A	86.038 ^A
AGSs/AGPs	0.181 ^a	0.173 ^a	0.181 ^A	0.173 ^A	0.181 ^A

Letras minúsculas iguales indican similitud significativamente ($p > 0,05$) entre Forma de expendio; letras mayúsculas iguales indican similitud significativamente ($p > 0,05$) entre Procedencia de las semillas según información de los vendedores; AGS ácido graso Saturado; AGP ácido graso Poliinsaturado; AGI ácido graso Insaturado; AGSs/AGPs, relación ácido graso Saturado / ácido graso Poliinsaturado.

Tal como se observa en la **tabla 10**, el rango de variación de los AGSs está entre 13.488 % a 13.998 % los cuales son más altos que los encontrados por Ayerza (2009), Ayerza & Coates (2009) y Da Silva, et al. (2014) con valores 9.26 - 13.99%, 10.86 - 12.40% y 11.12% respectivamente. En cuanto a los AGIs el rango de variación fue de 86.003 % - 86.513 % los cuales fueron valores muy bajos a comparación de los estudios realizados anteriormente debido a que los valores del ácido α -linolenico fueron bajos, pese a estos valores bajos de este ácido el porcentaje de AGIs de todas las muestras fueron en mayor magnitud a la de los AGS.

Se observa también la relación de AGS/AGP que tuvieron un rango de 0.173 a 0.181 el cual fue mayor a los encontrados por **Ayerza y Coates (2009)** donde encontró valores con rango de 0.14 - 0.16, esto debido a que en este estudio los valores de AGS fueron altos a comparación de los anteriores estudios.

La comparación entre ambas formas de expendio (a granel y envasado), como también entre las diferentes procedencias de las semillas, según información brindada por el vendedor, las cuales no muestran diferencias significativas en porcentaje de AGSs, AGPs y AGIs. Aunque no existe diferencias significativas entre ambas formas de expendio, se observa que el porcentaje de AGSs es mayor en a granel, mientras los porcentajes de AGPs y AGIs son mayores en envasado. En cuanto a la procedencia se observa que el porcentaje de AGS es mayor de Curahuasi, mientras que los porcentajes de AGPs y AGIs son mayores de Lima y No sabe.

4.4 Relación entre los principales ácidos grasos encontrados en las semillas de Chía comercializadas en el Distrito de Santa Ana.

La figura 11 muestra la relación inversa del ácido α -linolenico en los siguientes diagramas de dispersión:

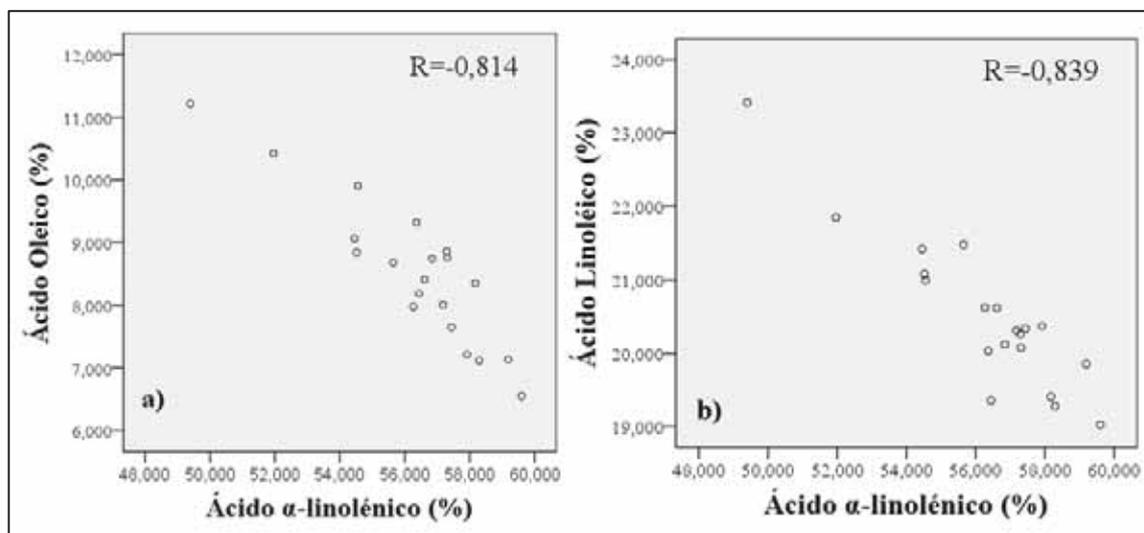


Figura 11. Relación inversa del contenido de ácido α -Linolenico con: a) ácido oleico; b) ácido linoleico.

Tal como se observa en la figura 11, la cantidad de AG α -linolenico es afectado por los principales AG; oleico ($R = -0.814$) y linoleico ($R = -0.839$), de la misma forma Ayerza (2009, 2011) encontró que el ácido α -linolénico estaba relacionado negativamente con el porcentaje del ácido oleico ($R^2 = 0.73$) y el porcentaje del ácido linoleico ($R^2 = 0.82 - 0.91$), lo que indicaría que el contenido del ácido α -linolenico de este estudio, fue influenciado principalmente por el ácido linoleico y ácido oleico. Además Ayerza (2009, 2011) menciona que la relación negativa significativa del contenido de ácidos grasos α -linolénico con los ácidos grasos, oleico y linoleico, están de acuerdo con las observaciones previas reportadas para varios cultivos, como la linaza que es una rica fuente de ácido graso α -linolénico, además señala que esta fuerte asociación inversa encontrado, es apoyado, por la biosíntesis del ácido graso α -linolénico mediante el proceso de desaturación del ácido graso oleico, ácido graso linoleico por la acción de las enzimas desaturasas específicas. De la misma manera (Gunstone, 2004), indica que en la biosíntesis “de novo” de ácidos grasos produce primeramente ácido palmítico, luego ácido esteárico mediante la elongación, de este último se forman los ácidos grasos insaturados mediante la desaturación, para formar primero ácido oleico luego ácido linoleico y finalmente α -linolénico, lo que indicaría la relación negativa que se encontró en el presente estudio.

V. CONCLUSIONES

- El porcentaje de pureza de semillas de las semillas de Chía comercializadas en el Distrito de Santa Ana fluctuaron entre 96.80 - 100 %. La composición de la mezcla comercial varió entre; 82.47 - 94.18 % para las semillas de color gris y 5.56 - 16.89 % para las semillas blancas. El peso de mil semillas de las semillas de chía fluctuaron entre 1.0833 - 1.4803 g. El tamaño de las semillas de chía de color gris vario de acuerdo a la siguiente distribución; la dimensión longitudinal (L) vario entre 1.92 - 2.12 mm, el ancho (W) vario entre 1.25 - 1.35 mm, el espesor (T) vario entre 0.87 - 0.92 mm, el diámetro geométrico (Dg) vario entre 1.28 - 1.37 mm, el área superficial específica de las semillas (S) vario entre 5.14 - 5.93 mm², la relación de aspecto (R) vario entre 62.39 - 65.48 %, obteniéndose la forma y distribución del tamaño de la semilla de chía, un elipsoide.
- Los principales ácidos grasos presentes en las semillas de chía que se comercializan en el distrito de Santa Ana fueron en el siguiente orden de abundancia: α -linolénico (C18:3) > linoleico (C18:2) > oleico (C18:1) \approx palmítico (C16:0) > esteárico (C16:0) en los cuales el principal ácido graso fue el α -linolénico en un rango de 56.628 – 57.345 %. La relación ω -6/ ω -3 varió de 0.364 a 0.367. Las semillas que presentaron un buen tamaño no necesariamente mostraron una mayor cantidad del ácido α -linolenico. Se observa también la comparación entre ambas formas de expendio y entre las diferentes procedencias de las semillas según el vendedor, estos mostraron un porcentaje de grasa y una composición acídica similar. Aunque no existe diferencias significativas entre ambas formas de expendio se observa que el porcentaje de grasa, ácido linoleico y ácido α -linolénico son mayores en envasado. En cuanto a la procedencia se observa que los porcentajes de grasa, ácido linoleico y ácido α -linolénico son mayores de Lima y No sabe.
- Los porcentajes de AGS, mostraron valores de 13.488 % a 13.998 % los cuales son elevados a comparación de estudios realizados anteriormente. En cuanto a los AGI están en un rango de 86.003 a 86.513 % valores bajos, esto debido a que los valores del ácido α -linolenico estan bajos a comparación de estudios anteriores. La comparación entre ambas formas de expendio, como también entre las diferentes procedencias de las semillas según información brindada por el vendedor, las cuales no muestran diferencias significativas en porcentaje de AGSs, AGPs y AGIs. Aunque no existe diferencias significativas entre ambas formas de expendio, se observa que el porcentaje de AGSs es mayor en a granel,

mientras los porcentajes de AGPs y AGIs son mayores en envasado. En cuanto a la procedencia se observa que el porcentaje de AGS es mayor de Curahuasi, mientras que los porcentajes de AGPs y AGIs son mayores de Lima y No sabe.

- La relación del ácido α -linolenico con los demás ácidos grasos fue negativa debido a que el contenido de este ácido es afectado negativamente por los demás ácidos grasos presentes en las semillas de chía principalmente por los ácidos linoleico y oleico para un R de 0.839 y 0.814 respectivamente.
- El aceite de las semillas de chía constituyen un saludable ingrediente o aditivo para la elevación de alimentos funcionales ricos en omega 3.

VI. RECOMENDACIONES

Las semillas de chía al contener un alto porcentaje de ácido graso α -linolenico (56.628 – 57.345 %), su uso es importante como ingrediente para la industria alimentaria.

Se considera importante estudiar una serie de requisitos que conformen un manual de BPM (Buenas Prácticas de Manufactura), destinado a productores tiendan a orientarlos para lograr una calidad constante del producto, para brindar seguridad al consumidor

Se recomienda el consumo de estas semillas siempre en cuando estas estén empaquetadas ya que hubo muestras en a granel que presentaron una buena cantidad de materia inerte, y se expendían en malas condiciones, aunque esta forma de expendio no altere la composición acídica de las semillas.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Ayerza (h), R., & Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to. *Industrial Crops and Products*, 1366– 1371.
- Alvites Misajel, K. C. (2017). *Comparación del perfil de ácidos grasos del aceite de chía (Salvia hispánica L.) orgánica y convencional (variedades blanca y negra) cultivadas en el Perú, como una alternativa para aceites vegetales comestibles*. Peru: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Applequist, W. (2006). The Identification of medicinal plants. A handbook of the Morphology of Botanicals in Commerce. *Missouri Botanical Garden Press*, p-12.
- Ayerza (h), R. (2011). The seed's oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) var. Iztac 1, grown under six tropical ecosystems conditions. *Interciencia*, 620-624.
- Ayerza (h), R. (2013). Seed composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes which differ in. *FOOD SCIENCE AND NUTRITION*, 495-500.
- Ayerza (h), R., & Coates, W. (2009a). Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and. *Industrial Crops and Products*, 321–324.
- Ayerza , R., & Coates, W. (2014). Omega-3 enriched eggs: The influence of dietary a-linolenic fatty acid source on egg production and composition. *CANADIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE*, 355-362.
- Ayerza, R. (2009). The Seed's Protein and Oil Content, Fatty Acid Composition, and Growing Cycle Length of a Single Genotype of Chia (*Salvia hispánica* L.) as Affected by Environmental Factors. *Journal of Oleo Science*, 347-354.
- Ayerza, R. (2010). Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two chia (*Salvia Hispanica* L.) genotypes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1161-1165.
- Ayerza, R., & Coates, W. (2005). Chia. Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs. *The University of Arizona Press, Tucson, USA,, 197p*.
- Ayerza, R., & Coates, W. (2009b). Some quality components of four Chia (*Salvia hispánica* L.) genotypes grown under tropical constal desert ecosystem conditions. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1-7.
- Badui. (2011). *química de alimentos*. mexico: acribia.
- Boletin Oficial. (2008). CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. *Resolución Conjunta 201/2008 y 567/2008 Modificación del Artículo 896 bis, a fin de incorporar la semilla de Chía*. Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.

- Bueno, M., Di Sapia, O., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., & Severin, C. (2010). Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 221-227.
- Cahill, J. (2005). Human selection and domestication of chia (*Salvia hispanica* L.). *Journal of ethnobiology*, 155-174.
- Cahill, J., & Provance, M. (2002). Genetics of qualitative traits in domesticated chia (*Salvia hispanica* L.). *The Journal of Heredity*, 52–55.
- Capitani, M. (Año 2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de Chia (*Salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, Facultad de ciencias exactas, Departamento de Química*.
- Chumbiauca Mateo, S. L. (3 de Junio de 2015). Responsable del Laboratorio Oficial de semillas del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. (Y. M. Vargas, Entrevistador)
- Da Silva Marineli, R., Aguiar Moraes, É., Alves Lenquiste, S., Teixeira Godoy, A., Nogueira Eberlin, M., & Maróstica Jr, M. R. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia. *LWT - Food Science and Technology*, 1304-1310.
- Da Silva Marineli, R., Aguiar Moraes, É., Alves Lenquiste, S., Teixeira Godoy, A., Nogueira Eberlin, M., & Maróstica Jr, M. R. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 1304-1310.
- Di Sapia, O., Bueno, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., & Severin, C. (2012). Caracterización Morfoanatómica de Hoja, Tallo, Fruto y Semilla de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, vol. 11, núm. 3, 249-268.
- Diario La Republica. (7 de Febrero de 2015). *larepublica.pe*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de *larepublica.pe*: <https://www.google.com.pe/amp/larepublica.pe/amp/sociedad/854215-sobreproduccion-detiene-el-boom-del-cultivo-de-la-chia>
- Diario Oficial de la Unión Europea. (22 de 01 de 2013). por la que se autoriza una extensión de los usos de las semillas de chíá (*Salvia hispanica*) como nuevo ingrediente alimentario con arreglo al Reglamento (CE) n o 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo. *DECISIÓN DE EJECUCIÓN DE LA COMISIÓN*, págs. 34-35.
- Dirección General de Fomento de las Exportaciones del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio de Nicaragua (DG-FEX – MIFIC). (2014). MERCADO DE LA CHIA. Nicaragua.
- EFSA, E. (2009). Opinion on the safety of ‘Chia seeds (*Salvia hispanica* L.) and ground whole Chia seeds’ as a food ingredient. *The EFSA Journal* 996, 1-26.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2010). *El daño producido por las heladas: fisiología y temperaturas críticas*. Recuperado el 15 de 03 de 2015, de Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía: <http://www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s05.pdf>
- FAO. (2008). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana*. Ginebra: FAO y FINUT.

- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Manual de Procedimientos para la Certificación Oficial de Semillas*. Tegucigalpa.
- Farias, G., Brutti, O., & Politi, M. (2010). Evaluación de calidad comercial de frutos de "Chia" *Salvia hispanica* L., Lamiaceae. *Revista Científica Agropecuaria*, 13-17.
- Gunstone, F. D. (2004). *The Chemistry of Oils and Fats*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Gutiérrez Tolentino, R., Ramírez Vega, L., Vega y León, S., Fontecha, J., Miguel Rodríguez, L., & Escobar Medina, A. (2014). Contenido de ácidos grasos en semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) cultivadas en cuatro estados de México. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 199-207.
- Hernández Gomez, J., Miranda Colín, S., & Peña Lomelí, A. (2008). Cruzamiento natural de chía (*Salvia hispanica* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 331-337.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior IBCE. (21 de Marzo de 2016). BOLIVIA: EXPORTACIÓN DE CHÍA. Bolivia .
- Instituto de promoción de exportaciones e inversiones. (2014). Boletín de Análisis de Mercados Internacionales. 3ª Edición. Ecuador: Departamento de Comunicación Social, PRO ECUADOR.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2012). Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Peru.
- International Seed Testing Association ISTA. (1 de Enero de 2016). International Rules for Seed Testing Vol 2016. Montevideo, Uruguay.
- Ixtaina, V. I. (2010). Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispánica* L.) obtenido mediante distintos procesos de aplicación en la tecnología de alimentos . *Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Química*.
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W., . . . Tomas, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 166–174.
- Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., & Tomas, M. C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *ScienceDirect*, 286–293.
- Jaramillo Garcés, Y. (2013). La chía (*salvia hispanica* L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables. *Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ingenierías*.
- Manual técnico. (2011). Semillas en Emergencia. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.
- Martínez, M. L., Marín, M. A., Salgado Faller, C. M., Revol, J., Penci, M. C., & Ribotta, P. D. (2012). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction: Study of processing parameters. *LWT - Food Science and Technology*, 78-82.
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (2 de Mayo de 2012). Inteligencia de Mercado. Peru.

- Miranda, F. (2012). Guía Técnica para el manejo del cultivo. *CENTRAL DE COOPERATIVAS DE SERVICIOS MÚLTIPLES EXPORTACION E IMPORTACION DEL NORTE (CECOOPSEMEIN RL.)*.
- Norma Mexicana. (2011). Aceites y Grasas Vegetales o Animales - Aceite de Semilla de Chia – Especificaciones. *NMX-F-592-SCFI-2011*, 1-9.
- Peiretti, P., & Gai, F. (2009). Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *sciencedirect*, 267–275.
- Quintana Vasquez, J. d., Valencia Liza, J. W., & Castillo Martínez, W. (2015). CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE CHÍA (*Salvia hispánica* L.), EXTRAÍDO CON SOLVENTE ORGÁNICO Y PRENSADO EN FRÍO – LAMBAYEQUE 2014. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 7-14.
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., & Valdivia-López, M. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia Hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, 656-663.
- Rodríguez Vallejo, J. (1992). Historia de la agricultura y de la fitopatología, con referencia especial a México. *Colegio de Post-graduados en Ciencias Agrícolas, Ciudad de México. México*.
- Rovati, A., Escobar, E., & Prado, C. (2012). Particularidades de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.). *EEAOC - Avance Agroindustrial*, 33(3);, 39-43.
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA. (Diciembre de 2015). Informando sobre el Desarrollo Agrario. Edición N° 7, Perú.
- Tosco, G. (2004). Los beneficios de la chía en humanos y animales. Nutrientes de la semilla de chía y su relación con los requerimientos humanos diarios. *Actualidades Ornitológicas*, N° 119.
- Valero Parra, N. F. (2014). Efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de chía oscura (*Salvia hispanica* L.) establecida en la localidad de Las Cruces, Provincia de San Antonio. *UNIVERSIDAD DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS. ESCUELA DE AGRONOMÍA*.
- Zuñiga Saez, H. J. (2013). MONOGRAFÍA: BIOLOGÍA DE *Salvia hispanica* L. *UNIVERSIDAD DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS. SANTIAGO - CHILE*.

VIII. APENDICE

APENDICE N° 1.- LUGARES DE VENTA DE LAS SEMILLAS DE CHIA, UBICADAS EN DIFERENTES ZONAS DEL DISTRITO DE SANTA ANA.

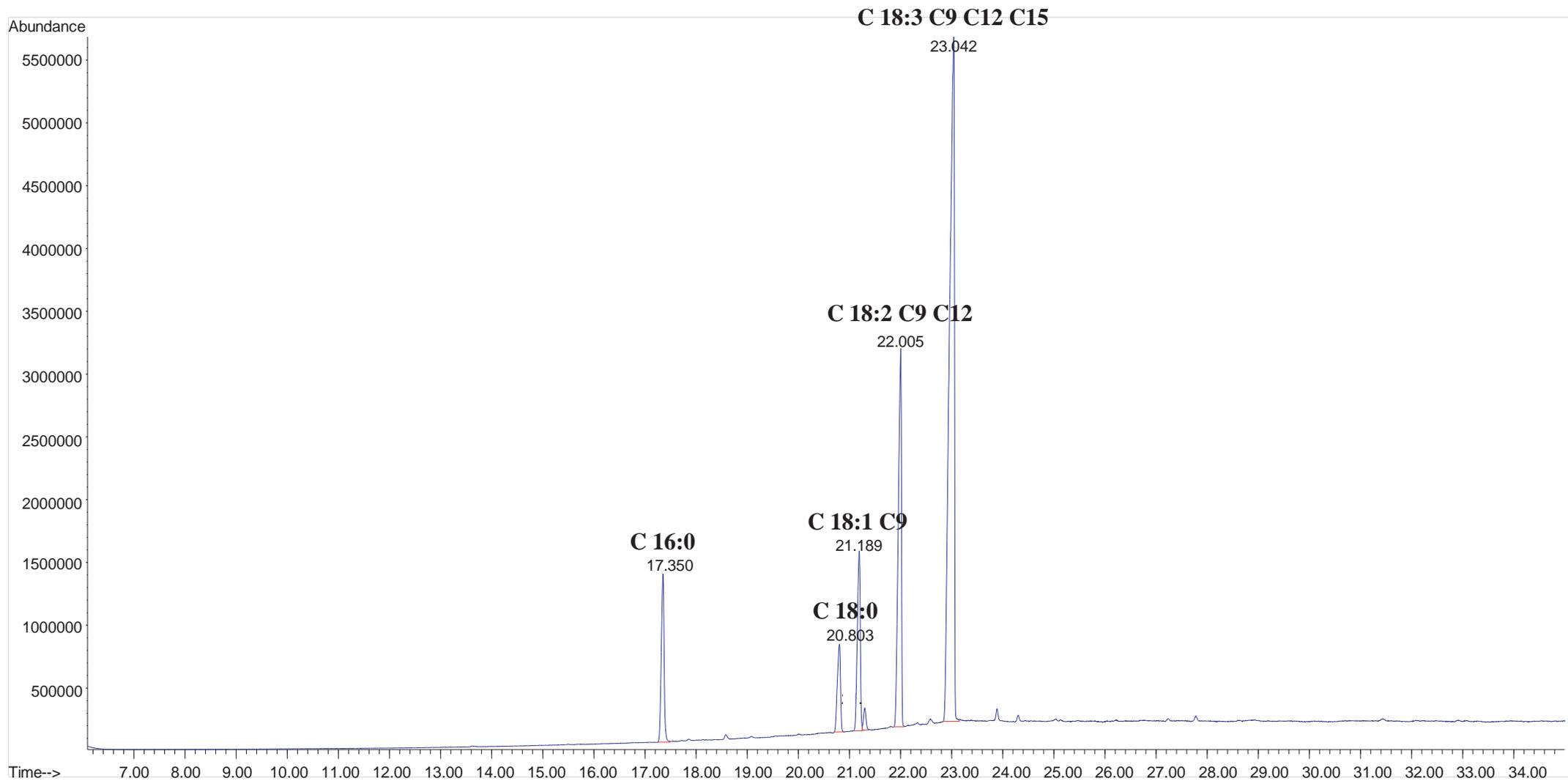


**APENDICE N° 2.- FORMAS DE PRESENTACIONES DE LAS SEMILLAS DE CHÍA
COMERCIALIZADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ANA.**



APENDICE N° 3.- Lugares de venta en las diferentes herboristerías, mercados y tiendas naturistas, ubicadas en diferentes zonas del Distrito de Santa Ana, provincia de la convención donde se obtuvieron las muestras de semillas de chía para la investigación.

N° Muestra	Lugar	Ubicación	Expendio	Procedencia (según el vendedor)
1	Mercado Micaela Bastidas	La Granja	A Granel	Curahuasi
2	Tienda Naturista "Santa Natura"	Jr. Ricardo Palma	A Granel	No sabe
3	Tienda Naturista "Sabia Naturaleza"	Prolongacion Grau	Envasado	Lima
4	Tienda Naturista "Sabia Naturaleza"	Prolongación Grau	Envasado	Lima
5	Tienda Naturista "Kaita"	Plaza de Armas	Envasado	Lima
6	Tienda Naturista "Pilar"	Jr. Ricardo Palma	A Granel	Curahuasi
7	Mercado Modelo	Plaza Grau	A Granel	No Sabe
8	Mercado Modelo	Plaza Grau	A Granel	Curahuasi
9	Tienda Naturista "Sandro"	Prolongacion Grau	Envasado	Lima
10	Mercado Modelo	Plaza Grau	A Granel	Curahuasi
11	Mercado Maracana	Maracana	A Granel	No Sabe
12	Mercado Maracana	Maracana	A Granel	Curahuasi
13	Mercado Maracana	Maracana	A Granel	Curahuasi
14	Pasaje Lima	Pasaje Lima	A Granel	Curahuasi
15	Pasaje Lima	Pasaje Lima	A Granel	Curahuasi
16	Herboresteria	Explanada de Mercado Modelo	A Granel	No Sabe
17	Herboresteria	Explanada de Mercado Modelo	A Granel	Curahuasi
18	Terminal Terrestre La Granja	La Granja	A Granel	Curahuasi
19	Mercado Modelo	Plaza Grau	A Granel	Curahuasi
20	Mercado Modelo	Plaza Grau	A Granel	Curahuasi



APENDICE 4.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 1.**

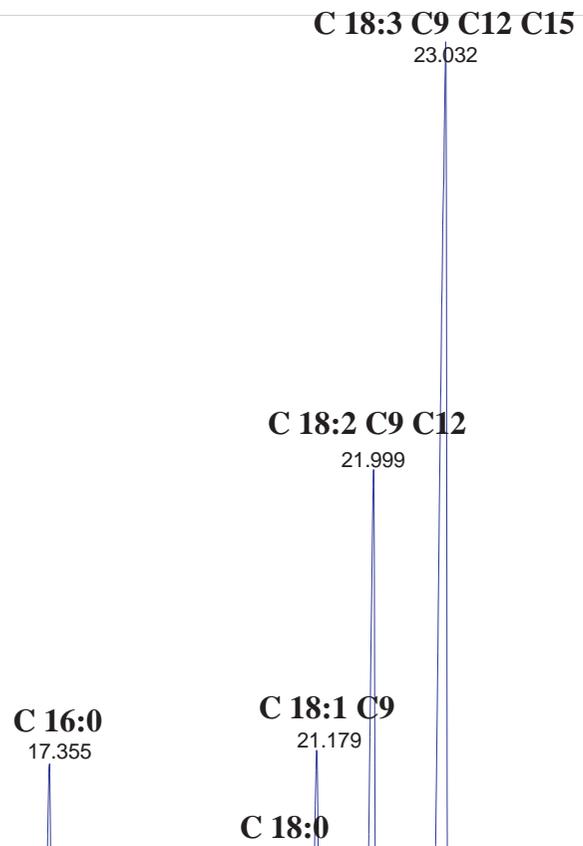
C 16:0
17.376

C 18:1 C9
21.205

C 18:0

C 18:2 C9 C12
22.010

C 18:3 C9 C12 C15
23.047



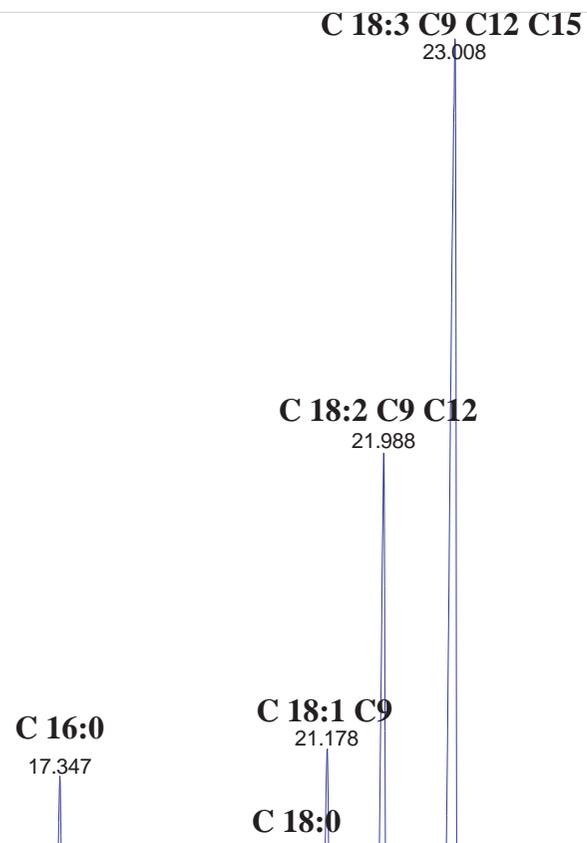
C 16:0
17.366

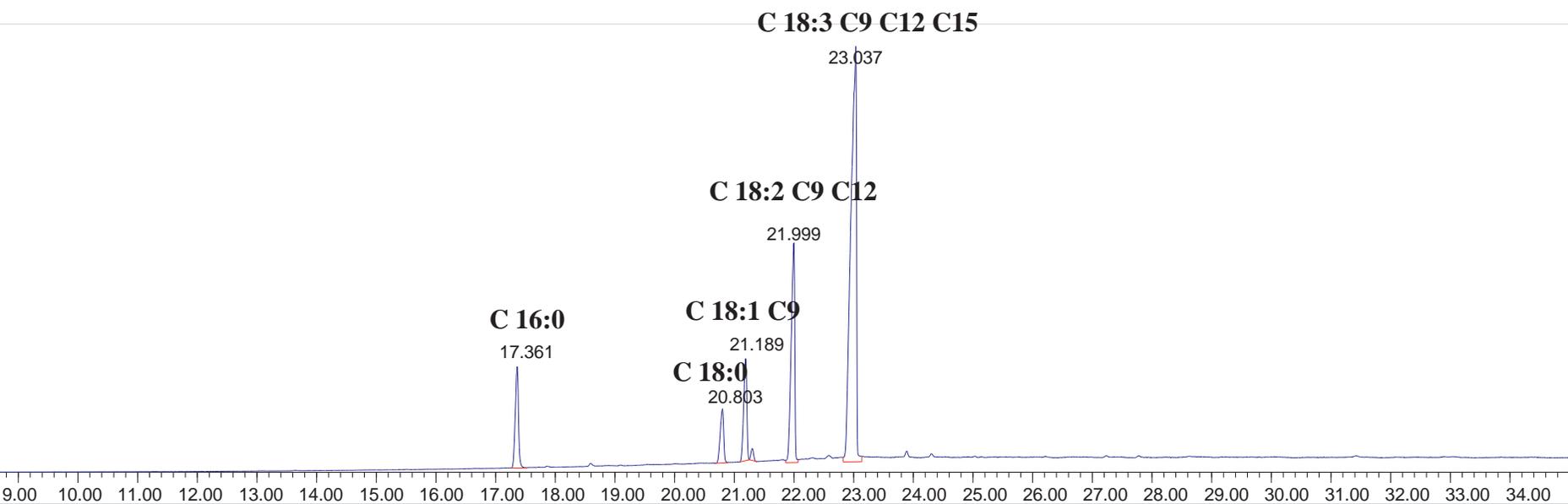
C 18:1 C9
21.194

C 18:0

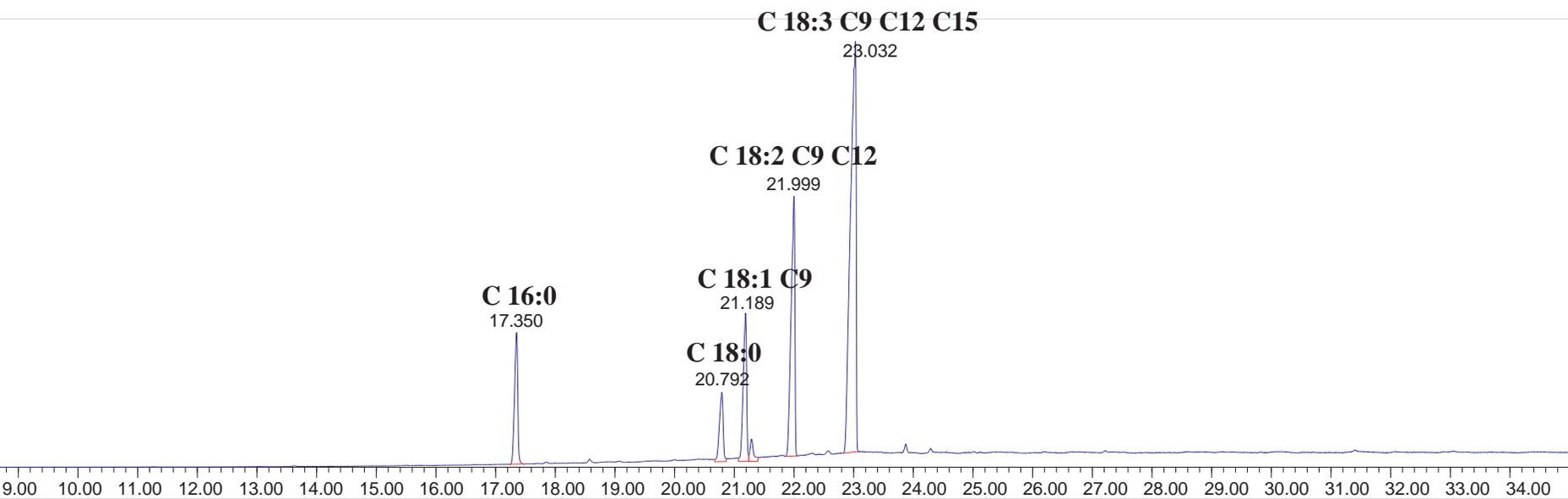
C 18:2 C9 C12
22.015

C 18:3 C9 C12 C15
23.064

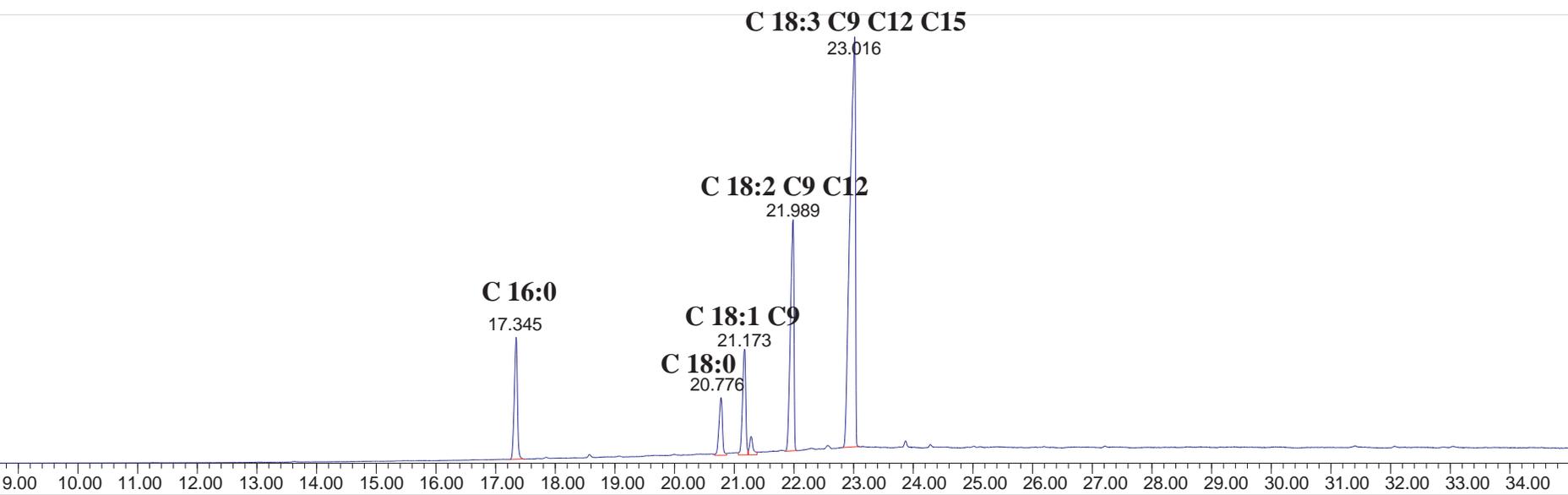




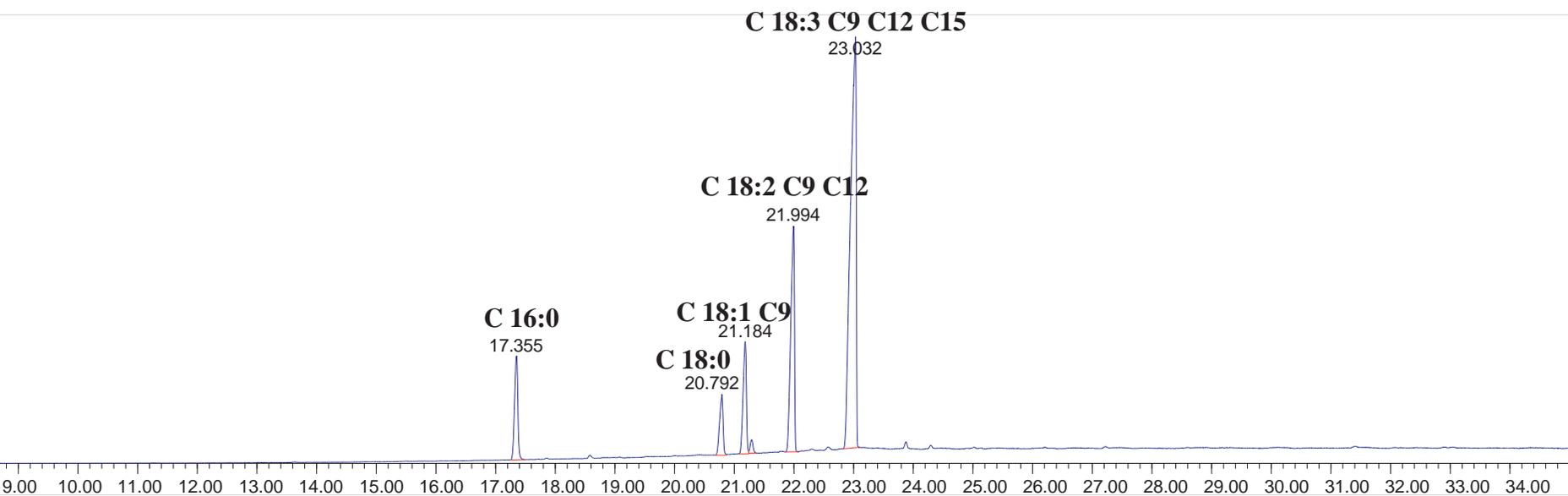
- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 6.**



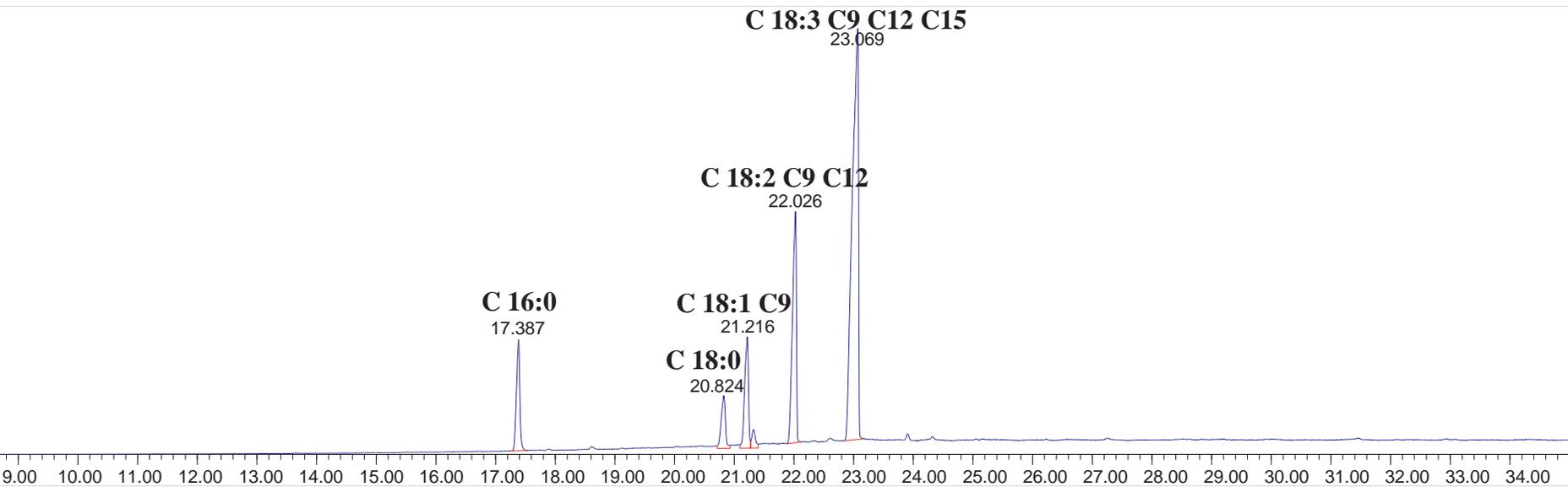
10.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 7.**



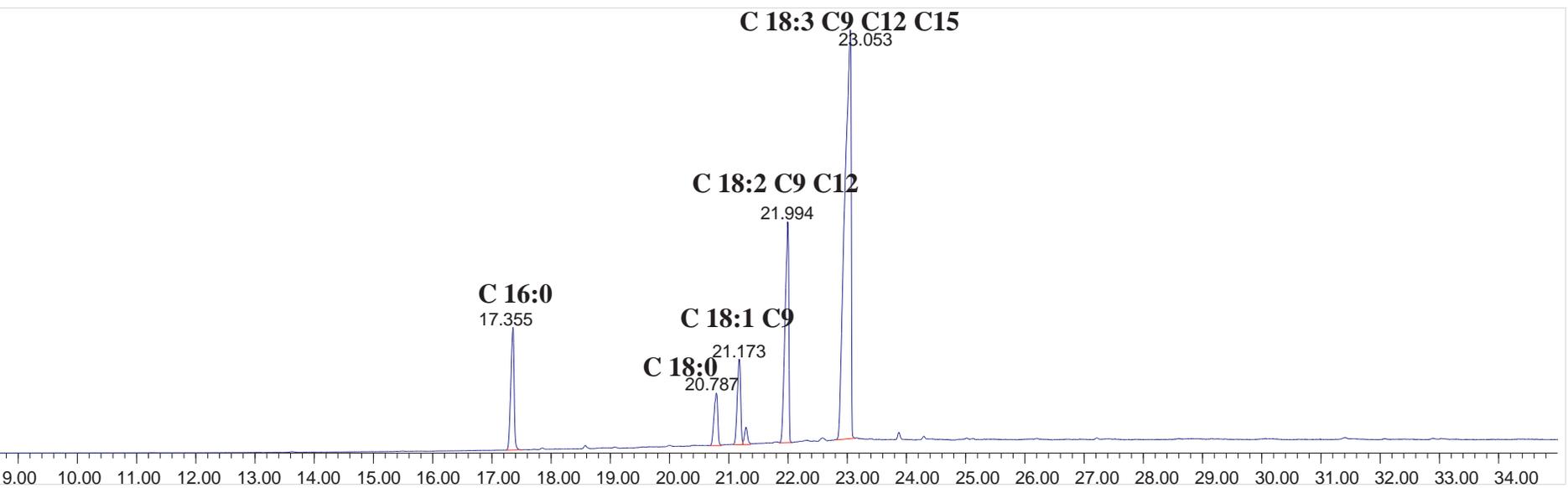
11.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 8.**



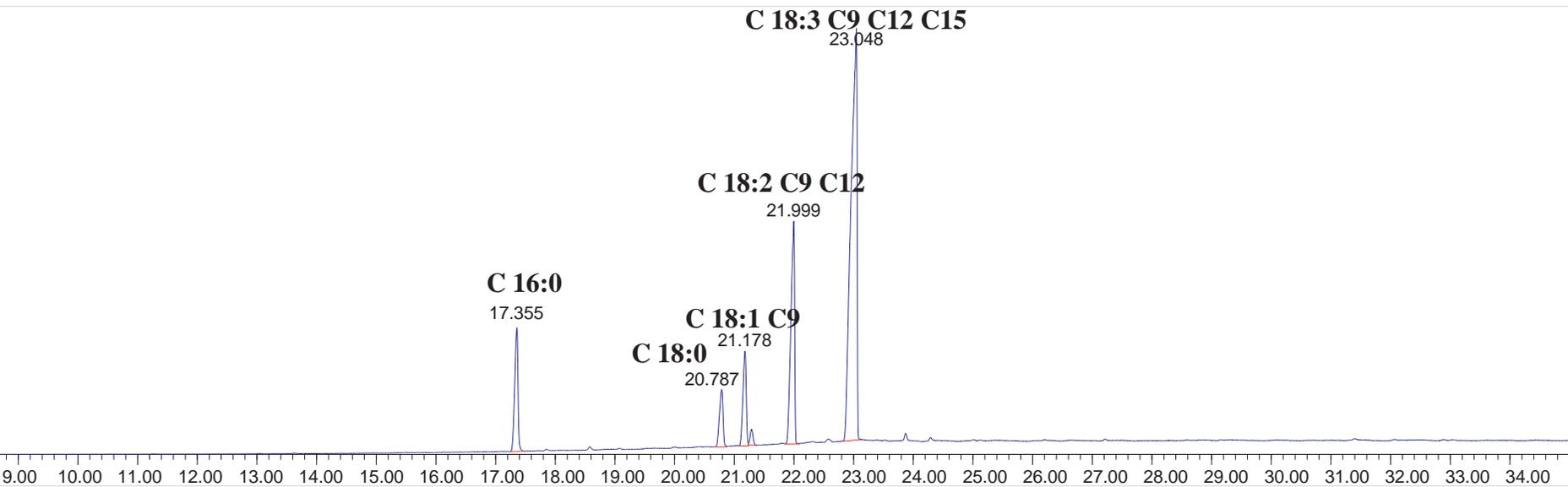
12.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 9.**



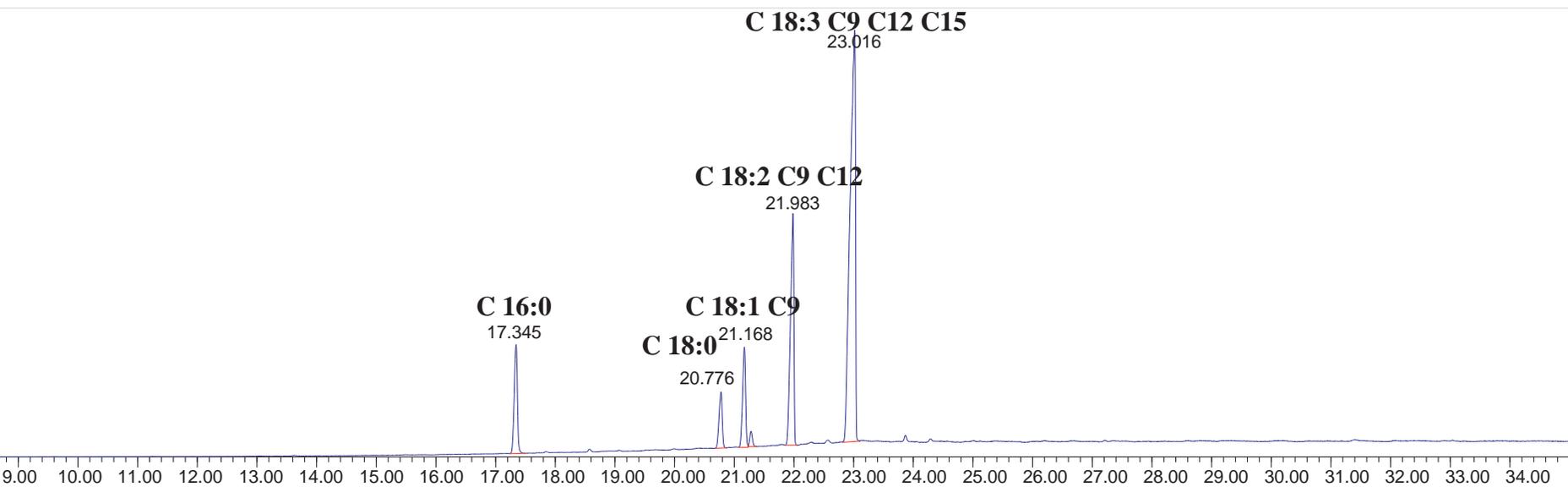
13.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 10.**



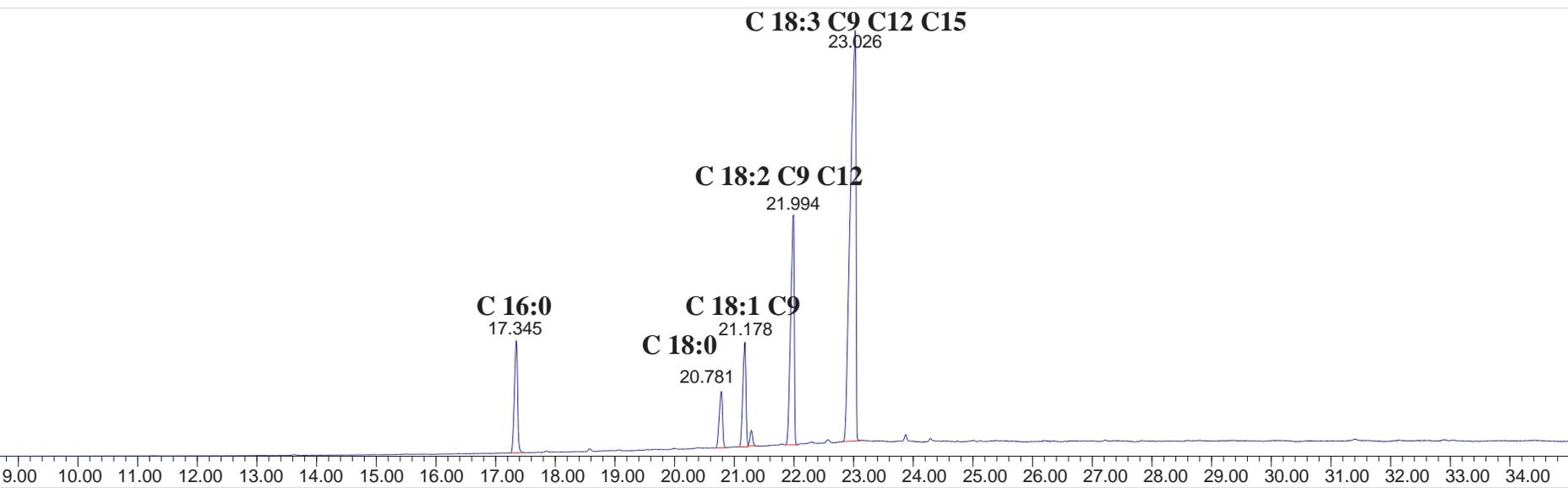
14.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 11.**



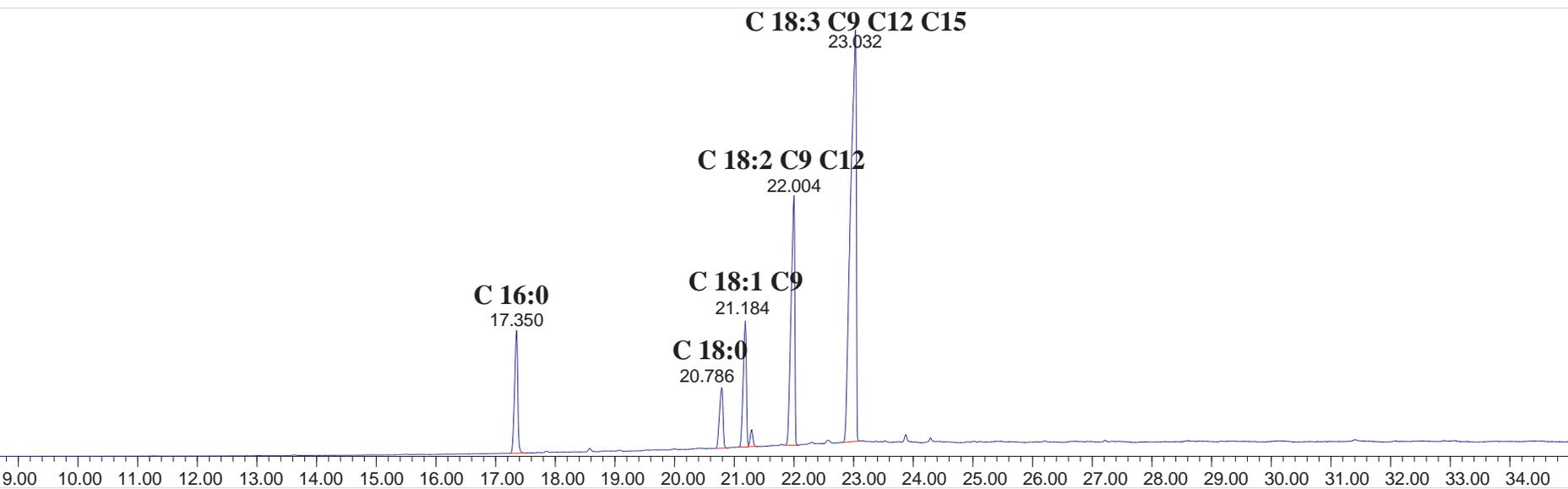
15.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 12.**



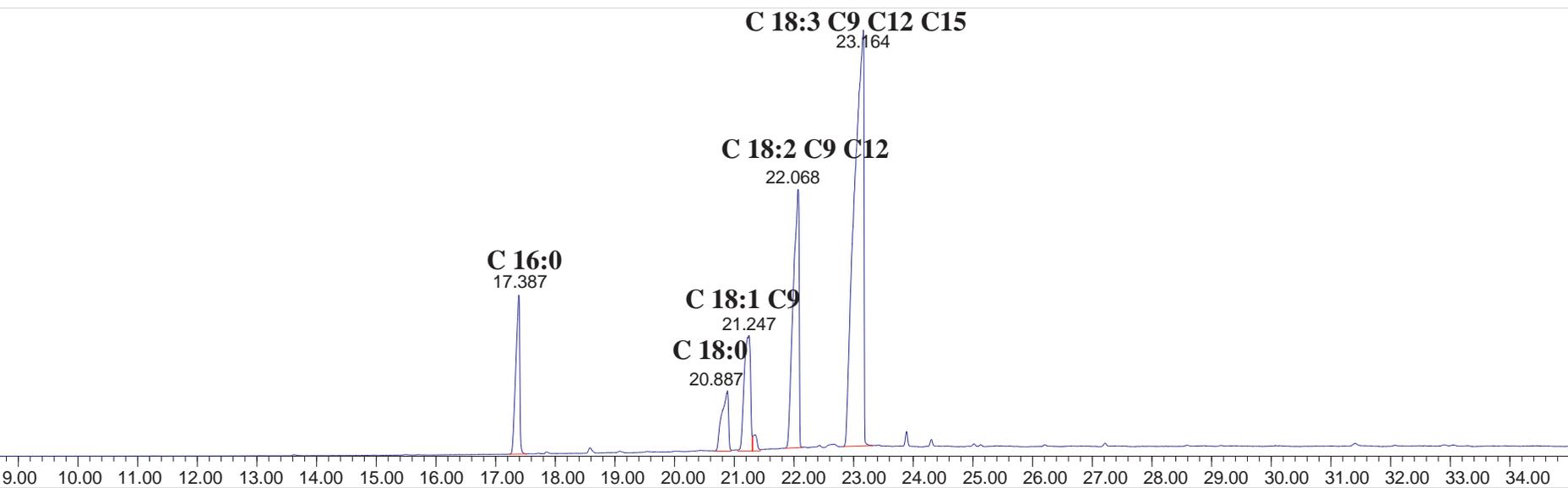
16.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 13.**



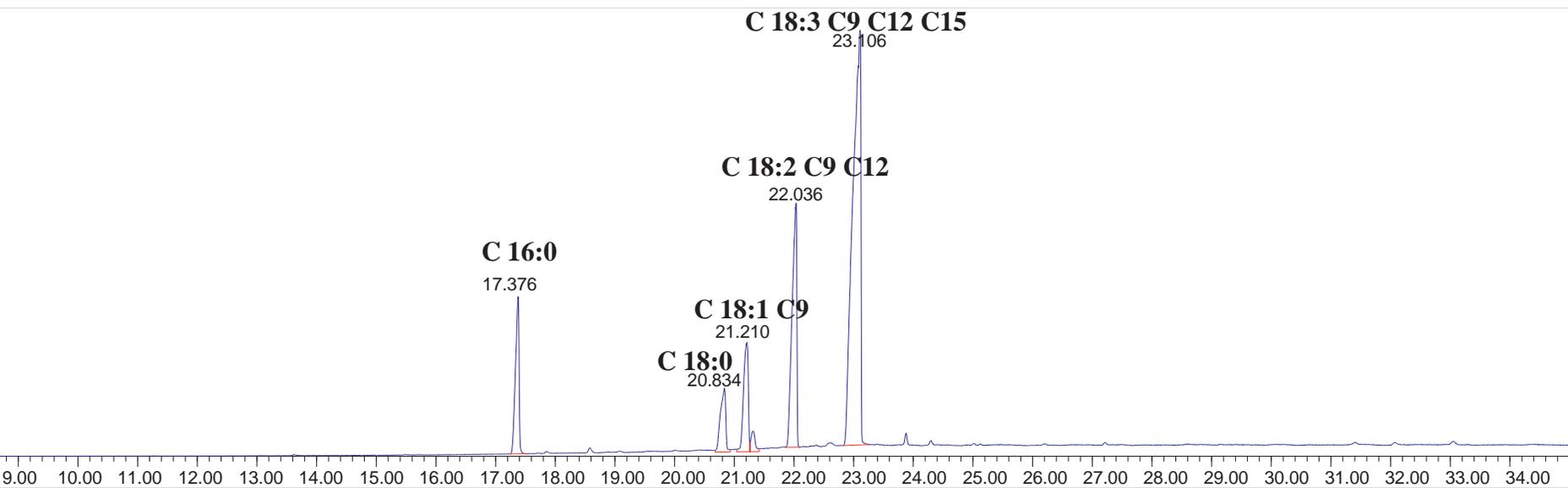
17.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 14.**



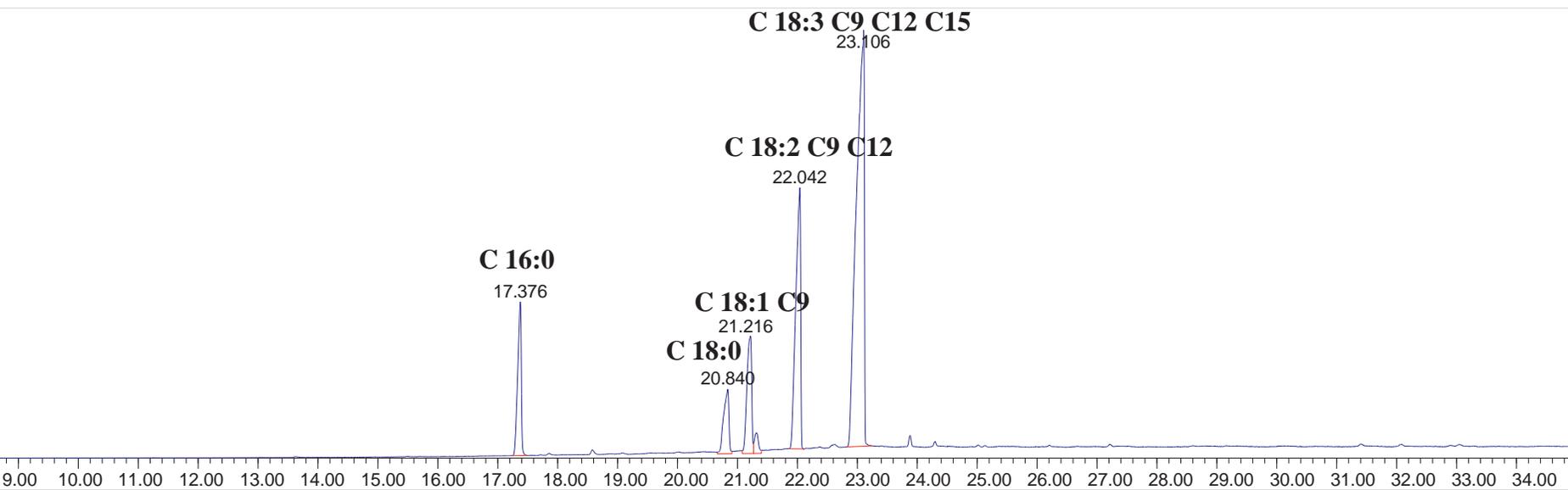
18.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 15.**



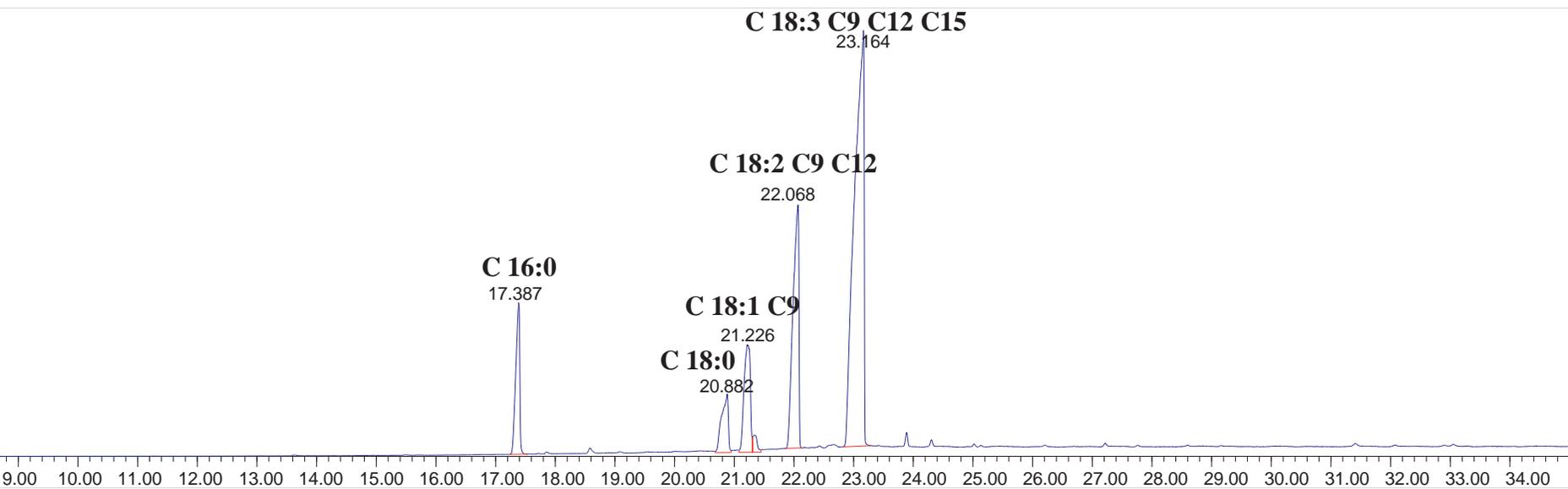
19.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 16.**



20.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispanica* L.). **Muestra 17.**



21.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispánica* L.). **Muestra 18.**



22.- Perfil cromatográfico de ácidos grasos presentes en las semillas de chía (*Salvia hispanica* L.). **Muestra 19.**

