



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN BIOQUÍMICA DE LA SEMILLA DE CHÍA
(*Salvia hispánica* L.) PRODUCIDA EN DOS LOCALIDADES DE LA
SIERRA ECUATORIANA



AUTORES

Nicole Elizabeth Ruiz Jijón
Victoria Milena Tana Hernández

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN BIOQUÍMICA DE LA SEMILLA DE CHÍA (*Salvia hispánica* L.)
PRODUCIDA EN DOS LOCALIDADES DE LA SIERRA ECUATORIANA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieras Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía

Msc. María Elizabeth Mosquera Quelal

Autores

Nicole Elizabeth Ruiz Jijón

Victoria Milena Tana Hernández

Año

2017

DECLARACIÓN DE PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

María Elizabeth Mosquera Quelal
Magister en docencia universitaria y administración educativa
C.I. 171504419-2

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Janeth Fabiola Proaño Bastidas
Magister en Gerencia y liderazgo educativo
C.I. 170651556-4

DECLARACIÓN DE ASESOR CIENTÍFICO

“Declaro haber asesorado científicamente a los estudiantes para la realización de su trabajo experimental de titulación, conduciéndole con coherencia en el conjunto de procedimientos realizados, y orientando sus conocimientos para lograr los objetivos propuestos”.

Iván Rodrigo Samaniego Maigua
Doctor en Química
C.I. 060279134-5

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos del autor vigentes”

Nicole Elizabeth Ruiz Jijón
C.I. 172342701-7

Victoria Milena Tana Hernández
C.I 172094090-5

AGRADECIMIENTO

Al finalizar esta etapa, nos queda agradecer principalmente, a Dios por ser la fuente de nuestra vida.

A la familia, por su apoyo, amor y ejemplo brindado cada día. A nuestros padres y hermanos por hacer posible la culminación de este trabajo.

A la tutora de tesis Msc. Elizabeth Mosquera por guiarnos con sus conocimientos y experiencias a lo largo de esta investigación.

DEDICATORIA

Dedicamos este logro a nuestros padres por ser el pilar fundamental de nuestra vida, por su amor y confianza incondicional, por su esfuerzo y sacrificio en cada logro.

A nuestros hermanos, por el apoyo incansable y palabras de aliento en momentos difíciles que logramos superar juntos

RESUMEN

La chía *Salvia hispánica* L. es un pseudocereal que se ha dejado de cultivar, a pesar de esto el consumo y producción ha aumentado por los beneficios que brinda al organismo humano por poseer ácidos grasos esenciales. El estudio se realizó con el objetivo de evaluar la composición química de la semilla de chía producida en los cantones de Colta y Cotacachi frente a una semilla Testigo; el mismo se realizó en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP). Para el estudio de la composición nutricional de la semilla de chía se realizó el análisis de proteínas, grasa, cenizas y caracterización de grasa y minerales. En este marco, el análisis de proteína se realizó por el método Kjeldhal donde se reportó 24,18 % para la semilla de Colta, y para la semilla de Cotacachi y Testigo 21,27 % y 22,30 % respectivamente. Por otro lado, para el análisis de grasa se aplicó el método de extracción Soxhlet; se obtuvo 36,33 % para la semilla de Colta, 35,80 % para la de Cotacachi y 36,13 % para la muestra Testigo. En el análisis de cenizas, obtenidas mediante incineración, se obtuvo 4,95 % para la semilla de Colta, 4,94 % para la semilla Testigo y 4,66 % para la de Cotacachi; además, se realizó la caracterización de macro y micro minerales aplicando el método de absorción atómica de llama, donde se determinó los más representativos, Ca 0,62 % para la semilla de Cotacachi, 0,58 % para la de Colta, y 0,56 % para la semilla Testigo. En cuanto a la presencia de Mg se determinó 0,36 % Colta, 0,35 % Testigo y 0,28 % Cotacachi, en el caso de P, la semilla de Colta presentó 0,89 %, la semilla Testigo 0,86 % y la de Cotacachi 0,76 %, el contenido de K fue de 0,74 % para la semilla Testigo, 0,65 % para Colta y 0,61 % para la de Cotacachi. Con respecto a la caracterización de ácidos grasos, mediante cromatografía de gases, se identificó a los ácidos linolénico y linoléico como los más abundantes. La cantidad de ácido linolénico en la semilla de Colta fue de 61,59 %, la de Cotacachi fue de 66,05 % y para la semilla Testigo de 62,73 %. Así mismo, la cantidad de ácido linoleico de Colta fue de 17,89 %, Testigo 17,20 % y Cotacachi con 16,6 %; valores registrados en base seca. Finalmente, se realizó una estimación de costos, los que ascienden a \$1515.

ABSTRACT

Chia *Salvia hispánica* L. is a pseudocereal that has not been cultivated in spite, the consumption and production has increased due to its benefits to the organism, because of its essential fatty acids. The present study was carried out to evaluate the chemical composition of the chia seed, collected from Colta and Cotacachi districts compared to a control seed. The analysis was conducted in the Departamento de Nutrición y Calidad at Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. For the study of the nutritional composition of the chía seed, it has been done some analysis, such as: protein, fat, minerals, and the characterization of fatty acids. The methodology used for the protein analysis was the Kjeldhal method, obtaining as a result 24,18 % for Colta's seed, the Cotacachi and the control sample gave as a result 21,27 % and 22,30 %, respectively. On the other hand, for the fat analysis was used the Soxhlet extraction method, obtaining 36,33 % for Colta's seed, 35,80 % for Cotacachi and 36,13 % for the control sample. In the ash analysis, it was obtained by incineration 4,95 % for the Colta's seed, 4,94 % for the control sample and 4,66 % for the Cotacachi's seed. In addition, for the characterization of macro and micro minerals it was used the flame atomic absorption method, it was determined the most representative minerals, obtaining 0,62 % of Ca for the Cotacachi's seed, 0,58 % for Colta and 0,56 % for the control sample. Besides, it was determined the amount of Mg, obtaining 0,36 % for Colta's seed, 0,35% for the control sample and 0,28 % for Cotacachi's seed, also, the Colta's seed presented 0,89 % of P, as well as the control sample 0,86 % and 0,76 % for Cotacachi's seed. For the analysis of the amount of K, the control sample gave 0,74 %, Colta 0,65 % and 0,61 % for Cotacachi's seed. For the characterization of fatty acids, it was used Gas Chromatography as methodology, it was identified as the most abundant the linolenic and linoleic acid. Therefore, the amount of linolenic acid reported in Colta's seed was 61,59 %, 66,05% Cotacachi and 62,73 % for the control sample. In addition, the amount of linoleic acid was 17,89% for the Colta's seed, 17,20 % for the control sample and 16,6 % Cotacachi's seed, all these values are registered on dry weight. Finally, it was estimated a cost of \$1515 for the study.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	4
1.1.1. Objetivo General.....	4
1.1.2. Objetivos Específicos	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Aspectos generales	5
2.1.1. Producción en América.....	6
2.1.2. Producción en Ecuador	6
2.2. Composición nutricional y bioquímica de la chía	7
2.2.1. Propiedades fisicoquímicas de la semilla	7
2.3. Caracterización bioquímica de la semilla.....	10
2.3.1. Caracterización de la fracción lipídica	10
2.3.2. Caracterización de minerales	12
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	14
3.1. Ubicación geográfica del experimento	14
3.2. Preparación de muestras de chía.....	15
3.2.1. Equipos y materiales	15
3.2.2. Procedimiento.....	15
3.3. Determinación de propiedades físico – químicas.....	16
3.3.1. Determinación de peso de 1000 semillas	16
3.3.1.1 Equipos y materiales	17
3.3.1.2 Procedimiento.....	17
3.3.2. Determinación del contenido de humedad.....	17
3.3.2.1. Equipos y materiales	18
3.3.2.2. Procedimiento.....	18

3.4. Composición nutricional y bioquímica de la semilla de chía.	19
3.4.1. Determinación de extracto etéreo	19
3.4.1.1 Reactivos	19
3.4.1.2. Equipos y materiales	19
3.4.1.3. Procedimiento	20
3.4.2 Determinación de proteína	22
3.4.2.1 Reactivos	22
3.4.2.2 Equipos y materiales	22
3.4.2.3 Procedimiento	22
3.4.3 Determinación de minerales totales	25
3.4.3.1 Reactivos	26
3.4.3.2 Equipos y materiales	26
3.4.3.3. Procedimiento	26
3.5 Caracterización bioquímica de la semilla de chía	28
3.5.1 Caracterización del extracto etéreo	28
3.5.1.1 Reactivos	28
3.5.1.2 Equipos y materiales	28
3.5.1.3 Procedimiento	29
3.5.2 Caracterización de minerales	31
3.5.2.1 Cuantificación del contenido de calcio y magnesio	32
3.5.2.2 Cuantificación del contenido de sodio y potasio	35
3.5.2.3 Cuantificación del contenido de fósforo	37
3.5.2.4 Cuantificación del contenido de cobre, hierro, manganeso y zinc	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1 Determinación de propiedades fisicoquímicas	42
4.1.1 Determinación del peso de la semilla de chía	42
4.1.2 Determinación de humedad	43
4.2 Composición bioquímica de la semilla de chía	45
4.2.1 Grasa	45

4.2.2 Proteína	47
4.2.3 Minerales totales.....	48
4.3 Caracterización bioquímica de la semilla de chía.....	50
4.3.1 Caracterización del extracto etéreo	50
4.3.2 Determinación de minerales	53
4.3.2.1 Cuantificación Macro minerales.....	53
4.3.2.2 Cuantificación de micro minerales	60
5. ESTIMACIÓN DE COSTOS	65
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
6.1 Conclusiones	67
6.2 Recomendaciones	68
REFERENCIAS	70
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la chía.....	5
Tabla 2. Ácidos grasos presentes en las semillas de chía	12
Tabla 3. Contenido de minerales en la semilla de chía	13
Tabla 4. Ubicación geográfica y características ambientales del laboratorio.....	14
Tabla 5. Ubicación geográfica de las localidades de origen de la semilla de chía.....	15
Tabla 6. Análisis de varianza del peso (g) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	42
Tabla 7. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del peso (g) de la semilla de chía de tres localidades. 2017	43
Tabla 8. Análisis de varianza de humedad (%) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	44
Tabla 9. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) de la humedad de la semilla de chía de tres localidades. 2017	44
Tabla 10. Análisis de varianza del contenido de grasa (%) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	46
Tabla 11. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de grasa de la semilla de chía de tres localidades. 2017.....	46
Tabla 12. Análisis de varianza del contenido de proteína (%) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	47
Tabla 13. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de proteína de la semilla de chía de tres localidades. 2017	48
Tabla 14. Análisis de varianza del contenido de minerales (%) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	49
Tabla 15. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de grasa de la semilla de chía de tres	

localidades. 2017.....	49
Tabla 16. Resultados de la caracterización de ácidos grasos de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra Ecuatoriana y una muestra testigo.....	50
Tabla 17. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Ca de la semilla de chía de tres localidades. 2017	54
Tabla 18. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Mg de la semilla de chía de tres localidades. 2017	55
Tabla 19. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de K de la semilla de chía de tres localidades. 2017	56
Tabla 20. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de P de la semilla de chía de tres localidades. 2017	57
Tabla 21. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Na de la semilla de chía de tres localidades. 2017	58
Tabla 22. Análisis de varianza de contenido de Ca y Mg (%) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	59
Tabla 23. Análisis de varianza de contenido de K y P (%) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	59
Tabla 24. Análisis de varianza de contenido de Na (%) de la semilla de chía de tres localidades de la Sierra ecuatoriana. 2017	60
Tabla 25. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Cu de la semilla de chía de tres localidades. 2017	61
Tabla 26. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Mn de la semilla de chía de tres localidades. 2017	61
Tabla 27. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5 %) del contenido de Fe de la semilla de chía de tres localidades.	

2017	62
Tabla 28. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5 %) del contenido de Zn de la semilla de chía de tres localidades.	
2017	63
Tabla 29. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5 %) del contenido de Cu y Fe (ppm) de la semilla de chía de tres localidades. 2017	64
Tabla 30. Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5 %) del contenido de Mn y Zn (ppm) de la semilla de chía de tres localidades. 2017	65
Tabla 31. Estimación de costos del análisis bioquímico de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Harina de chía utilizada en los análisis bioquímicos.	16
Figura 2. Muestras de chía preparadas y etiquetadas.	16
Figura 3. Peso de 1000 semillas de cada localidad y muestra testigo.	17
Figura 4. Determinación de la humedad de las muestras de semilla de chía de las dos localidades y testigo.	18
Figura 5. Extracción de grasa de la semilla de chía de las dos localidades y testigo.	20
Figura 6. Extracción de grasa de la semilla de chía en equipo Soxleth.	21
Figura 7. Grasa obtenida de las muestras de chía de dos localidades y testigo.	21
Figura 8. Adición de pastillas Kjeldahl para el análisis de proteína de las muestras de chía.	24
Figura 9. Adición de H_2SO_4 para el análisis de proteína de las muestras de chía.	24
Figura 10. Muestras de chía en el digestor para el análisis de proteína Kjeldahl.	25
Figura 11. Equipo Kjendahl.	25
Figura 12. Cenizas obtenidas de las muestras de chía de dos localidades y testigo.	27
Figura 13. (a) Pesado de aceite de chía para la caracterización de ácidos grasos. (b) Adición de C_6H_{14} en las muestras de aceite de chía.	30
Figura 14. (a) Separación de fases del aceite de chía. (b) Secado de la muestra de aceite de chía con N.	31
Figura 15. Cromatógrafo de gases con detector FID marca Agilent Technologies.	31
Figura 16. Filtrado de muestras para análisis de macro y micro minerales.	34
Figura 17. Equipo de espectrofotometría de absorción atómica de llama.	34
Figura 18. Peso de semillas de chía de dos localidades de la Sierra	

ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.....	43
Figura 19. Porcentaje de humedad semillas de chíá dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.....	45
Figura 20. Porcentaje de grasa semillas de chíá dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	46
Figura 21. Porcentaje de proteína de semillas de chíá dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.....	48
Figura 22. Porcentaje de cenizas de semillas de chíá dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.....	49
Figura 23. Análisis de componentes principales de los ácidos grasos presentes en la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una testigo.	51
Figura 24. Proyección de los ácidos grasos en el plano presentes en la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una testigo.....	53
Figura 25. Porcentaje de calcio de semillas de chíá dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo	54
Figura 26. Porcentaje de Mg de semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	55
Figura 27. Porcentaje de K de semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	56
Figura 28. Contenido de P en semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	57
Figura 29. Contenido de P en semillas de chíá de dos localidades de la	

Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	59
Figura 30. Contenido de Cu en semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	61
Figura 31. Contenido en ppm de Mn semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	62
Figura 32. Contenido en ppm de Fe semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.	63
Figura 33. Contenido en ppm de Zn semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.....	64

1. INTRODUCCIÓN

La chía es una especie que ha dejado de cultivarse con el pasar del tiempo, a pesar de esto, en los últimos años, el consumo se ha incrementado debido a los múltiples beneficios que brinda y el significativo aporte de ácidos grasos (linoléico y linolénico), importantes para la salud cardiovascular y regulación del colesterol, así también por el alto contenido de nutrientes como K, Ca y Mg (Salazar, Rosado, Chel, Betancur, y Castellanos, 2009).

La chía (*Salvia hispánica* L.) ha existido desde hace 3500 años a.C. en América Central, el nombre procede del vocablo maya “chía” que significa fuerza. Así también, la literatura menciona que esta semilla fue aplicada por los mensajeros mayas, quienes llevaban estas semillas en pequeñas bolsas con el objetivo de ganar energía y aumentar la resistencia en largos viajes. Por otro lado, los mayas y aztecas le dieron múltiples usos medicinales como estimulador del flujo salival, remedios para aliviar dolores articulares y calmar la piel irritada (Ayerza y Coates, 2011).

Entre las características fisiológicas de la planta de chía, se menciona que posee una altura entre 1 - 1,5 m, el tallo es ramificado, con hojas opuestas de bordes aserrados, las flores se caracterizan por ser blancas o azules intensas, mismas que se forman en espigas terminales. La semilla generalmente presenta una forma ovalada con aspecto brillante y mide entre 1,5 - 2 mm de longitud, el color es negro grisáceo. La chía es una planta que se cultiva en lugares cálido-secos con altitudes de 2.700 m.s.n.m., y un periodo de cultivo de cuatro a cinco meses (Rovati, Escobar, y Prado, 2012).

La producción mundial de chía según González (2014), es de 250.000 ha, las cuales se encuentran distribuidas mayoritariamente en Latinoamérica. En cuanto, al contexto nacional la producción de chía está ubicada principalmente en las provincias de Pichincha, Manabí, Santa Elena, Imbabura y Chimborazo.

Sin embargo, es considerado como un cultivo no tradicional, se cuenta con 500 ha cultivadas con un rendimiento de 600 kg/ha., de las cuales se exportó 398 toneladas a Estados Unidos durante el año 2014 (Proecuador, 2016).

La semilla de chía se caracteriza por ser rica en ciertos nutrientes, está constituida de 30-33 % de grasa, 15-25 % de proteína y de 4-5 % de cenizas, (Vazquez, Rosado, Chel, y Betancur, 2010). El aceite de chía se destaca por el contenido de un 60% ácido linolénico y un 20 % de ácido linoleico. Entre los beneficios de consumo de la semilla de chía está el aporte de ácidos grasos que intervienen en la regulación del colesterol, prevención de enfermedades cardiovasculares y también proporciona todos los aminoácidos esenciales, importantes para el organismo humano (Vazquez, Rosado, Chel, y Betancur, 2010).

Para la identificación de los nutrientes de la semilla es necesario realizar varios análisis que permitan determinar el perfil bioquímico (grasa, proteína y minerales) y la caracterización del componente etéreo (ácidos grasos) de la semilla de chía. El método de laboratorio más utilizado es el de extracción Soxhlet el cual permite la obtención total de la materia grasa contenida en la muestra, la misma que es cuantificada por diferencia de pesos (Jiménez, Masson, y Quitral, 2013).

El contenido de proteína se obtiene mediante la aplicación del método Kjeldhal basado en la utilización de H_2SO_4 concentrado para la eliminación de la materia orgánica, proceso que genera $(NH_4)_2SO_4$ que en presencia de NaOH elimina amoníaco, componente que se destila añadiendo H_3BO_3 o H_2SO_4 . La cantidad del ácido utilizado refleja la proporción de proteína en la muestra (Ayerza y Coates, 2011).

El método utilizado para la caracterización de ácidos grasos debido a la complejidad de la estructura es el análisis por cromatografía gas-líquido, la cual es una técnica de separación la cual volatiliza la muestra, misma que es

inyectada en la cabeza de la columna cromatográfica, la misma reflejará los ácidos grasos contenidos en la muestra (Olguín y Rodríguez, 2010).

Para la caracterización de minerales contenidos en la semilla de chía, la más utilizada es la espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS), este método se basa en la absorción de radiación de una determinada longitud de onda la cual se absorbe por átomos con niveles energéticos que correspondan a la energía de los fotones incidentes, es decir, que la cantidad de fotones que son absorbidos está relacionada a la pérdida del poder radiante y la cantidad de minerales del alimento (Kastenmayer, 2010).

El estudio se basó en realizar el análisis bioquímico de las semillas de chía cultivadas en dos localidades de la sierra ecuatoriana y una marca comercial como testigo, así también realizar la caracterización de la grasa y minerales presentes en las semillas y de esta manera establecer posibles diferencias en la composición nutricional de las semillas producidas en ambas localidades frente al testigo. Estos análisis fueron aplicados en semilla producidas en dos cantones representativos del cultivo de chía: Colta con una superficie de siembra de 200 ha aproximadamente y Cotacachi con una superficie de 300 ha. Estas localidades fueron consideradas para el estudio dada la significativa diferencia de altitud entre las mismas; Colta a una altitud promedio de 3.212 m.s.n.m (Gobierno Municipal de Colta, 2016) y Cotacachi está situado a 2.418 m.s.n.m (GAD Cotacachi, 2016).

En el Capítulo 1, INTRODUCCIÓN, se menciona ciertos antecedentes del estudio realizado, justificación del mismo, y también se sustenta de forma breve los métodos utilizados.

En el Capítulo 2, MARCO TEÓRICO, se sustenta el estudio de forma teórica con información acerca de los aspectos generales, la producción y la composición de la semilla de chía

En el Capítulo 3, METODOLOGÍA EXPERIMENTAL, se menciona las técnicas

y métodos que se emplearon en cada uno de los análisis necesarios para la determinación bioquímica de la semilla de chía de las zonas de estudio, Cotacachi, Colta y Testigo.

En el Capítulo 4, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, se menciona los resultados obtenidos de los estudios realizados en cada una de las muestras de chía, sustentados por la respectiva discusión.

En el Capítulo 5, ESTIMACIÓN ECONÓMICA, se estiman los valores que fueron necesarios para la consecución de la elaboración de la compra de materia prima y elaboración de análisis.

En el Capítulo 6, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se responde los objetivos planteados en el estudio y se plantea recomendaciones que servirán de apoyo para futuros estudios relacionados con este.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Evaluar la composición bioquímica de la semilla de chía (*Salvia hispánica* L.), producida en los cantones Colta y Cotacachi frente a un Testigo.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el contenido de proteínas, grasa y minerales totales de la semilla de chía producida en Colta, Cotacachi y semilla Testigo.
- Caracterizar químicamente la grasa de la semilla de chía de ambas localidades y de la semilla Testigo.
- Cuantificar la fracción mineral de la semilla de chía de ambas localidades y de la semilla Testigo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos generales

La chía (*Salvia hispánica* L.) es un pseudocereal, considerada una planta herbácea anual perteneciente a la familia de las Lamiáceas como se muestra en la Tabla 1. Es originaria de México y Guatemala (Bueno, Gonzalez, Quiroga, Severin, y Busilacchi, 2016) y se desarrolla apropiadamente en climas tropicales y subtropicales, con suelos arenosos y limosos de fertilidad moderada; se caracteriza por soportar tiempos largos de sequía (González, 2014).

Entre las características fisiológicas de la planta de chía, figura la altura que varía entre 1 y 1,5 m, el tallo es ramificado, con hojas opuestas de bordes aserrados, las flores se caracterizan por ser blancas o azules intensas, con un tamaño aproximado de 3 a 4 mm mismas que se agrupan en espigas terminales. La semilla se caracteriza por ser monospérmica y presentar una forma ovoide con aspecto brillante, mide entre 1,5 - 2 mm de longitud y es de color negro grisáceo con manchas cafés (Ixtaina, 2010).

Tabla 1
Clasificación taxonómica de la chía

Jerarquía	Descripción
Reino	Plantae – Planta
Subreino	Tracheobionta - Planta vascular
División	Magnoliophyta – Angiosperma
Clase	Magnoliopsida – Dicotiledónea
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Género	Salvia L – Salvia
Especie	<i>Salvia hispánica</i> L.

Tomado de (Ayerza y Wayne, 2006).

2.1.1. Producción en América

La producción de chía está enfocada principalmente en América ya que en este continente se encuentran distribuidos la mayoría de países que han incursionado en este cultivo, sin embargo, existe registro de que también en Oceanía se realiza el cultivo de chía, pero menor cantidad (González, 2014).

Según González (2014), la superficie cultivada mundialmente es de 250.000 ha, las cuales se encuentran distribuidas mayoritariamente en Argentina. La demanda actual es aproximadamente 40.000 Tn. anuales la cual se encuentra en expansión.

Entre los principales productores de semilla de chía se encuentran México, Nicaragua y Guatemala; en Sur América principalmente: Argentina, Bolivia, Paraguay, Perú y Ecuador, los mismos que exportaron principalmente a Estados Unidos una cantidad de 55.921 Tn (González, 2014).

2.1.2. Producción en Ecuador

En el Ecuador, según Proecuador (2016) la chía es cultivada como producto de exportación desde el año 2005; la Corporación Internacional Chía S.A fue responsable de impulsar la introducción del cultivo al país, además de la explotación en la sierra y región costa. La producción se exporta mundialmente a distintos países. En el Ecuador, el cultivo de chía es considerado un cultivo no tradicional, ya que el manejo de este no es especializado (Centro de Comercio Internacional, 2013).

La chía es una planta que se cultiva en lugares cálidos y secos con altitudes de 2.700 m.s.n.m., y un periodo de cuatro a cinco meses. La producción de chía está ubicada principalmente en las provincias de Pichincha, Manabí, Santa Elena, Imbabura y Chimborazo. Sin embargo, es considerado como un cultivo no tradicional, esto se debe a que la producción en el país está iniciándose. Se cuenta con 500 ha. cultivadas con un rendimiento de 600 kg/ha., de las cuales

se exportó 398 toneladas a Estados Unidos durante el año 2014 (Proecuador, 2016).

2.2. Composición nutricional y bioquímica de la chía

La semilla está constituida por 30-33 % de grasa, 15-25 % de proteína, 18-30 % de fibra dietética, 26-41 % de carbohidratos, 4-5 % de cenizas. La semilla de chía contiene 25-40 % de aceite el mismo que está constituido de 60 % omega-3 (ácido linoléico) y 20 % de omega-6 (ácido linoleico) y proporciona todos los aminoácidos esenciales para el organismo humano. Brinda varios beneficios como la absorción de agua más de doce veces su peso, esta característica ayuda a prolongar la hidratación y retención de electrolitos en fluidos corporales lo que permite el paso a través de la membrana celular con la dispersión normal de electrolitos lo que proporciona el balance adecuado de las funciones celulares (Segura, Ciau, Rosado, Chel, y Betancur, 2014).

En cuanto a los ácidos grasos, estos benefician a la respiración, nervios, células dérmicas y coagulación de la sangre. Otra de las bondades de estos ácidos grasos es la regulación del colesterol, además, por el contenido de Ca y B actúa como catalizador del cuerpo mismo que facilita la absorción y utilización del Ca disponible (Segura, Ciau, Rosado, Chel, y Betancur, 2014).

2.2.1. Propiedades fisicoquímicas de la semilla

En cuanto a las características físicas de la semilla de chía, Hernández y Salvador (2008), señalan en su artículo acerca de la caracterización morfológica de la chía, que las dimensiones en seco de cada una de las semillas varían de 1 a 1,2 mm de espesor y 2 a 2,2 mm de largo aproximadamente, así mismo, posee una superficie lisa y brillante, en cuanto a su color, este puede variar entre gris jaspeado, blanco y marrón; el peso reportado de 100 semillas es de 0,122 g.

La mayoría de semillas vegetales se identifican por poseer un contenido de humedad bajo; para la determinación de este factor, existen dos métodos: físico, el cual consiste en extraer la humedad aplicando una fuente de calor,

obteniendo el resultado a partir de la diferencia entre el peso original y la materia seca obtenida, entre estos métodos se encuentra el secado en estufa el cual es el más aplicado para el análisis de alimentos, el método químico, consiste en eliminar trazas de agua del alimento mediante el reactivo Karl Fischer (FAO, 2006). Según (Jiménez, Masson, y Quitral, 2013), la cantidad de humedad de la semilla de chía es de 7,4 % valor obtenido mediante el método de desecación por estufa.

- **Grasa**

La grasa es un componente insoluble en agua constituido por C, H y O en la cual forman parte los triglicéridos, esteroides y fosfolípidos (Azcona, 2013). Se caracterizan por desempeñar diversas funciones en los tejidos del ser humano y por ser una de las más importantes fuentes de energía alimentaria dado que cada gramo de grasa produce 9 Kcal a diferencia de las proteínas e hidratos de carbono que por cada gramo genera 4 kcal cada uno. Además, son parte de la estructura de todas las células biológicas, forman parte de la estructura del cerebro, son indispensables para formar sustancias en el organismo como prostaglandinas necesarias para el sistema inmunológico, hormonas sexuales, vitamina D, entre otras (Badui, 2013).

Los métodos que se emplean comúnmente para la extracción de grasa de los alimentos se clasifican en tres grupos:

- a) Extracción con un solvente: continuo o también llamado BUTT, discontinuo o método Soxhlet.
- b) Extracción con mezclas de solventes: hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina y método de Folch.
- c) Métodos volumétricos: carbonización selectiva con H_2SO_4 .

Entre los métodos citados, el más utilizado es el de extracción mediante solventes en el equipo Soxhlet. Por medio de la separación de fases se obtiene

la cantidad total de materia grasa contenida en el alimento, la misma que es cuantificada por diferencia de pesos (Jiménez, Masson, y Quiral, 2013).

La grasa contenida en la chía, según el estudio de Tosco (2014), sobre los beneficios de la semilla, mediante la aplicación del método de extracción Soxhlet con éter de petróleo como solvente, correspondió a un rango entre 32 a 39 %.

- **Proteína**

Las proteínas se definen como cadenas de aminoácidos con una estructura tridimensional, se caracterizan por ser responsables de ciertas funciones biológicas del cuerpo humano como la de transporte, enzimática, de almacenamiento y de defensa (Luque, 2009). Estas biomoléculas son de gran importancia en los sistemas alimenticios debido a que representa un alto aporte nutricional, de las mismas se puede obtener moléculas nitrogenadas las cuales ayudan a conservar tanto la estructura como el crecimiento del ser humano. Las proteínas son de fácil digestión, nutricionalmente adecuadas, no son tóxicas y se encuentran en gran cantidad (Gálvez, Farrés, y Flores, 2013).

Para el análisis cuantitativo de la proteína existen diversos métodos tales como: método Kjeldahl, reacción Biuret y determinación espectrofotométrica en la región UV de los péptidos con grupos aromáticos (Guadix, Guadix , Páez, González, y Camacho, 2008). Según Gerhardt (2015) en el artículo que trata del análisis del N en alimentos, el más utilizado en el análisis de proteína es el método de Johan Kjeldhal que se basa en la aplicación de H_2SO_4 concentrado para eliminar la materia orgánica obteniendo $(NH_4)_2SO_4$ que con presencia de NaOH procede a eliminar NH_3 el mismo que se destila añadiendo H_3BO_3 o H_2SO_4 .

De acuerdo con Périgo, Cases, Bueno, Di Sapio, y Busilacchi (2011) el contenido de proteína en la semilla de chía fluctúa entre 19 y 23 %, siendo una gran fuente de este nutriente ya que presenta un contenido superior en relación

a cereales como: trigo, maíz, arroz y cebada e inclusive superior a otros pseudocereales como el amaranto.

2.3. Caracterización bioquímica de la semilla

2.3.1. Caracterización de la fracción lipídica

Los ácidos grasos se consideran ácidos orgánicos monoenoicos que se encuentran presentes en ciertas grasas, compuestos por átomos de C e H los cuales forman una cadena de hidrocarburos, aproximadamente el 90% de los ácidos grasos tienen estructura de cadena lineal con un número par de átomos de C (Calvo, 2011).

De acuerdo con Ayerza y Coates (2006), la clasificación de los ácidos grasos se divide en saturados que son los que carecen de doble enlace, mono insaturados caracterizados por presentar un solo doble enlace y poliinsaturados que presentan más de un doble enlace. Los ácidos grasos son responsables de estimular y mantener las funciones biológicas del organismo humano ya que son considerados macronutrientes y tienen principalmente tres funciones:

- a) Sirven como una eficiente reserva energética ya que proveen defensa contra factores ambientales externos como el frío.
- b) Son parte fundamental de la estructura de las membranas celulares recubriendo las de forma elástica.
- c) Forman las prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos que son un grupo de compuestos hormonales, los mismos son de gran importancia en ciertos procesos fisiológicos relacionados con el sistema nervioso, mecanismos inmunológicos, reacciones inflamatorias, transporte de colesterol, entre otros.

Uno de los componentes esenciales en la semilla de chía son los lípidos, nutrientes de gran importancia en la dieta tanto humana como animal. Están constituidos por ciertos componentes como los ácidos grasos poliinsaturados

de cadena larga por ser proveniente de una fuente vegetal, estos se caracterizan por ser compuestos dietarios responsables de ciertos procesos biológicos y fisiológicos, así también participan en la estructura de los fosfolípidos siendo parte de las membranas celulares e interviene como sustratos en la síntesis de mediadores a cargo de procesos como inmunidad, enfermedades inflamatorias e infecciosas (Morales, Valenzuela, González, González, Tapia, Sanhueza y Valenzuela, 2012).

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga están constituidos por algunos grupos, entre los principales se encuentran los ácidos grasos omega-3 y omega-6, considerados fundamentales en la dieta del ser humano ya que estos no son sintetizados por el cuerpo humano denominándose, así como ácidos grasos esenciales. En cuanto al omega-3 uno de los factores principales es el ácido alfa-linolénico (C18:3) del cual se deriva el ácido eicosapentaenoico (EPA) y consecutivamente el ácido docosahexaenoico (DHA). Por otro lado, el principal ácido perteneciente a los ácidos grasos omega 6 es el ácido linoleico (C18:2) y el derivado de mayor importancia es el ácido araquidónico (Morales et al., 2012).

Estos ácidos grasos presentan diversas funciones como formar parte de la estructura del cerebro, crecimiento y desarrollo normal del ser humano además, desempeña un papel fundamental en el tratamiento y prevención de ciertas enfermedades como las del sistema vascular proporcionando efectos antitrombóticos y antiarrítmicos y evita la ligadura de plaquetas en las arterias, además reduce la concentración de colesterol en la sangre y actúa en el sistema nervioso corrigiendo problemas visuales y cerebrales, también se le adjudican ciertos beneficios como estimulante en el aprendizaje, memoria y función retinal (Castro, 2012).

Tanto el ácido linoleico como el linolénico provienen de fuentes alimentarias de origen vegetal principalmente de los aceites de canola, soya, linaza y frutos secos como maní, almendra, entre otros (Morales et al., 2012). La chía es

considerada una fuente significativa de ácidos grasos tanto linoleico como linolénico. Según Nitrayová, Brestenský, Heger, Patráš, Rafay, Sirotkin (2014), el contenido de omega-3 es de 55 – 63 % siendo la fuente que mayor porcentaje de este ácido presenta comparado con cultivos tradicionales, el contenido de omega-6 es de 18 - 26 %, siendo ambos los ácidos más representativos en este cultivo (Tabla 2).

Tabla 2

Ácidos grasos presentes en las semillas de chía

Ácidos grasos	Porcentaje (%)
Ac. Linolénico	62,50
Ac. Linoléico	18,50
Ac. Oleico	7,60
Ac. Esteárico	3,69
Ac. Palmítico	7,73

Adaptada de (Gutiérrez, Ramírez, Vega, Fontecha, Rodríguez, Escobar, 2014)

El método que se utiliza para la caracterización de ácidos grasos debido a la complejidad de la estructura es el análisis por cromatografía gas - líquido, para lo cual es necesario aplicar las siguientes etapas: extracción de la materia grasa, esterificación de ácidos graso y análisis por cromatografía gas - líquido, técnica de separación donde la muestra se volatiliza y posteriormente se inyecta en la cabeza de la columna cromatográfica cuyos procedimientos están especificadas en la norma International Standard ISO 5509-1978 ítem (Gutiérrez et al., 2014).

2.3.2. Caracterización de minerales

Los minerales son nutrientes esenciales para varias funciones metabólicas en el cuerpo humano, su deficiencia puede provocar graves daños en la salud por lo que es indispensable suministrar estos nutrientes en la dieta diaria (Kastenmayer, 2010).

La chía representa una fuente significativa de minerales como se puede observar en la tabla 3, principalmente de Ca ya que contiene 714 mg por cada

porción de 100 gramos, valores considerados 5 veces mayor al contenido de Ca en la leche. Es también fuente importante de P dado que contiene 1067 mg/100 g, de Ca con 714 mg/ 100 g, K con un aporte de 700 mg/100 g, Mg 390 mg/ 100 g, Fe 16,4 mg/100 g, Zn 3,7 mg/100 g y Cu 0,2 g/100 mg., valores que representan un aporte mayor en relación al trigo, la cebada el arroz y el maíz (Capitani, 2013).

Tabla 3

Contenido de minerales en la semilla de chía

Nutriente	Cantidad (mg/100g)
Macro elementos	
Calcio (Ca)	714
Potasio (K)	700
Magnesio (Mg)	390
Fósforo (P)	1067
Micro elementos	
Aluminio (Al)	2
Boro (B)	-
Cobre (Cu)	0,2
Hierro (Fe)	16,4
Manganeso (Mn)	2,3
Molibdeno (Mb)	0,2
Sodio (Na)	-
Zinc (Zn)	3,7

Adaptado de (Capitani, 2013)

Para la determinación del perfil de minerales contenidos en la semilla de chía, existen varios métodos tales como: espectrofotometría, fluorometría, espectrometría de absorción atómica (AAS) y la más utilizada espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS) ya que permite analizar la mayor cantidad de metales presentes en una muestra. Este método se basa la absorción de la radiación de una longitud de onda determinada que es absorbida por átomos con niveles energéticos que correspondan a la energía de los fotones incidentes, es decir, que la cantidad de fotones que son absorbidos está relacionada con la pérdida del poder radiante (Kastenmayer, 2010).

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Los métodos y procedimientos aplicados en el presente estudio fueron tomados del Manual vigente de “Métodos de Análisis del laboratorio para Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos LSAIA” perteneciente al Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria, el cual fue adaptado de “Official Methods of Analysis of AOAC International 2012” (INIAP, 2015).

3.1. Ubicación geográfica del experimento

Los análisis llevados a cabo se realizaron en el laboratorio de Servicios de Análisis de Investigación en alimentos del departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Estación Santa Catalina) cuyas características se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4

Ubicación geográfica y características ambientales del laboratorio

Características	Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos.
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Longitud	78°23' o
Altitud	3058 m.s.n.m
Latitud	00° 22's
Precipitación	50.3 (min) año
Temperatura	21°C
Humedad relativa	30-65 %

Adaptado de (INIAP, 2016)

Las muestras de chíá analizadas fueron obtenidas de dos localidades representativas del cultivo: Colta, cantón perteneciente a la provincia de Chimborazo y Cotacachi, cantón que pertenece a la provincia de Imbabura cuyas diferencias se pueden ver en la tabla 5. Así también, se analizó una muestra testigo, una de las marcas más comercializada en el Ecuador.

Tabla 5

Ubicación geográfica de las localidades de origen de la semilla de chía.

Características	Colta	Cotacachi
Cantón	Colta	Cotacachi
Parroquia	Ilirio	Quiroga
Longitud	-78.75	-78.2667
Latitud	-1,73333	0,3
Temperatura	10-13°C	15-18°C
Precipitación	250 a 100 mm al año	906 mm al año
Altitud	3100 msnm	4944 msnm

Adaptado de (GAD Cotacachi, 2016 y Gobierno Municipal de Colta, 2016)

3.2. Preparación de muestras de chía

La preparación de la muestra se realizó con el objetivo de reducir el tamaño de la partícula de la misma, para facilitar los análisis posteriores a realizar, para esto se comenzó separando tres muestras de cada una de las localidades como son Colta y Cotacachi y Testigo, mismas que pesaron 500 g respectivamente. Estas muestras fueron congeladas y posteriormente molidas (INIAP, 2015).

3.2.1. Equipos y materiales

- Molino Renovable Ginding Chamber 80350
- Frascos de plásticos con tapa rosca
- Congelador
- Balanza analítica SHIMADZU AUX 220.

3.2.2. Procedimiento

Se congeló cada muestra durante 24 horas a - 29°C para facilitar la operación de molienda, esta se aplicó debido al gran porcentaje de grasa que contiene la

semilla. Una vez congelada, se procedió a moler la muestra hasta que se obtuvo harina de chía con tamaño reducido de partícula (Figura 1). Se almacenó la harina de chía en recipientes plásticos tapa rosca y se conservó a temperatura ambiente como se puede observar en la figura 2 (INIAP, 2015).



Figura 1. Harina de chía utilizada en los análisis bioquímicos.



Figura 2. Muestras de chía preparadas y etiquetadas

3.3. Determinación de propiedades físico – químicas

3.3.1. Determinación de peso de 1000 semillas

Se procedió a pesar mil semillas de cada muestra con el fin de obtener el peso de cada una (INIAP, 2015).

3.3.1.1 Equipos y materiales

- Balanza analítica
- Latas de aluminio

3.3.1.2 Procedimiento

Para determinar del peso de las semillas se procedió a colocar 1.000 semillas de cada repetición, sin tratamiento previo de acondicionamiento, en una balanza de precisión (Figura 3) (INIAP, 2015).



Figura 3. Peso de 1000 semillas de cada localidad y muestra testigo.

3.3.2. Determinación del contenido de humedad

El presente método fue adaptado por el INIAP del método AOAC 944.03. Para determinar el contenido de humedad de las muestras de chíá, fue necesario obtener el porcentaje de materia seca de las mismas, lo cual se obtuvo con la ayuda del calor proporcionado por una estufa a 105 °C por 17 horas, lo que redujo la humedad de la muestra por volatilización. Se obtuvo de esta manera la cantidad de material residual, mismo que constituye la materia seca de la muestra (INIAP, 2015).

3.3.2.1. Equipos y materiales

- Latas de aluminio
- Balanza analítica SHIMADZU AUX 220.
- Estufa Imperial V laboratorio oven

3.3.2.2. Procedimiento

Inicialmente, se pesaron 2 g de muestra en latas de aluminio y se procedió a colocar en la estufa a una temperatura de 105 °C por 17 horas aproximadamente (Figura 4). Transcurrido el tiempo, se pesó la lata con la muestra seca y se obtuvo el porcentaje de humedad (INIAP, 2015).



Figura 4. Determinación de la humedad de las muestras de semilla de chía de las dos localidades y testigo.

Para el cálculo de la determinación de humedad se empleó la ecuación 1.

$$H = \frac{Prms - Pr}{Prmh - Pr} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

H: Porcentaje de humedad

Pr: peso del recipiente

Prms: Peso del recipiente más la muestra seca

Prmh: Peso del recipiente más la muestra húmeda

3.4. Composición nutricional y bioquímica de la semilla de chía

3.4.1. Determinación de extracto etéreo

Para la extracción de grasa se aplicó el método de laboratorio Soxhlet, adaptado por el INIAP del método AOACE 920.39, para lo cual se empleó éter de petróleo como solvente. Por medio de la separación de fases, se obtuvo la cantidad total de materia grasa contenida en cada una de las muestras, la misma fue cuantificada por diferencia de pesos (INIAP, 2015).

3.4.1.1 Reactivos

- Éter de petróleo
- Agua destilada

3.4.1.2. Equipos y materiales

- Dedales de celulosa libre de grasa de 33 mm x 94 mm
- Papel filtro
- Algodón
- Tubo Soxhlet
- Balanza analítica Shimadzu AUX 220 capacidad máxima 220 g - mínima 10 mg.
- Balones para extracción de grasa base recta de capacidad 250 ml

- Núcleos de ebullición
- Desecador
- Estufa para extracción de grasa
- Estufa Imperial
- Condensador

3.4.1.3. Procedimiento

Inicialmente, se secaron los balones en la estufa a 105 °C por 2 horas, se dejó enfriar y se tomó el peso inicial. Posteriormente, se colocó el papel filtro en dedales de celulosa y se pesó 5 g de muestra en cada dedal. A continuación, se cubrieron los dedales con algodón y se colocaron dentro del tubo Soxhlet (Figura 5), se añadió 50 ml de éter de petróleo hasta que se realice una sifonada y se dejó extraer por 12 horas (Figura 6). Una vez transcurrido el tiempo, se procedió a recuperar el solvente y se retiraron los dedales, se colocaron en la estufa a 105 °C por 12 horas; los balones se dejaron secar por 2 horas en la estufa con el objetivo de que el solvente se evapore completamente, se dejó enfriar los balones, se pesó la muestra de grasa obtenida y finalmente (Figura 7) se colocó el aceite obtenido en frascos de vidrio tapa rosca (INIAP, 2015).



Figura 5. Extracción de grasa de la semilla de chíá de las dos localidades y testigo.



Figura 6. Extracción de grasa de la semilla de chía en equipo Soxleth.



Figura 7. Grasa obtenida de las muestras de chía de dos localidades y testigo.

Para la determinación de extracto etéreo se utiliza la ecuación 2:

$$EE = \frac{Phr - Ph}{Pm} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

EE = Extracto etéreo

Ph = Peso de la copa de aluminio

Phr = Peso de la copa más el residuo

Pm = Peso de la muestra

3.4.2 Determinación de proteína

Para la determinación de proteína de la chía se utilizó el método adaptado por el INIAP del método AOACE 2001.11, para el cual, se procedió a digerir las muestras en ácido sulfúrico en ebullición, donde el N presente en las proteínas de las muestras y otros componentes resultan en sulfato de amonio. El residuo obtenido se dejó enfriar y se colocó en el equipo Kjeldhal el cual procedió a diluir el residuo con agua y añadir hidróxido de Na para liberar amonio, el mismo fue destilado e incorporado a una solución de H_3BO_3 para la posterior titulación con ácido sulfúrico estandarizado, proporcionando así los resultados del contenido de proteína de la muestra (INIAP, 2015).

3.4.2.1 Reactivos

- Ácido sulfúrico (grado técnico)
- Ácido sulfúrico 95-97%
- Solución de ácido bórico

3.4.2.2 Equipos y materiales

- Balanza analítica de precisión 0,1 mg Shimadzu, Modelo LIBROR AEG-220
- Equipo de digestión Kjeldhal
- Titulador Kjeldhal
- Balones Kjeldhal de 800 ml
- Erlenmeyer de 500 ml
- Agitadores magnéticos

3.4.2.3 Procedimiento

Para la determinación de proteínas se siguió tres procedimientos esenciales los cuales se detalla a continuación:

- **Digestión:** Para el proceso de digestión se comenzó pesando de 1,5 a 2 g de muestra, en papel bond el mismo que fue tarado, posteriormente, se hicieron pequeños envoltorios los cuales se depositaron en el balón de digestión con 40 ml de H₂SO₄ y 4 g de la mezcla catalizadora como se puede ver en la figura 8. Se procedió en el digestor Kjeldhal a ubicar los balones, colocando los calentadores a temperatura máxima, la solución adquirió una tonalidad verde, lo que indicó la pérdida de la materia orgánica, los balones del digestor fueron retirados y enfriados (Figura 9) (INIAP, 2015).
- **Destilación:** Se colocó en el equipo de destilación - titulación Kjeldahl el que agregó 70 ml de H₃BO₃ al 4% y colocó el tubo bajo los condensadores del destilador Kjeldahl; posteriormente adicionó 400 ml de agua destilada, 3 lentejas de Zn y 120 ml de NaOH al 50% (Figura 10) (INIAP, 2015).
- **Titulación:** El destilado se tituló con H₂SO₄ 0.3 N, empleando 3 gotas de indicador mixto hasta que la solución cambie de color. Transcurrido alrededor de 40 minutos para cada muestra, estas fueron tituladas (Figura 11) (INIAP, 2015).

La determinación de proteína se calculó empleando la ecuación 3:

$$P = \frac{(Ma - Mb) \times N \times 0.014 \times 6.25}{Pm} \times 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

P= porcentaje de proteína

N= normalidad de ácido titulante

Ma= mililitros de ácido gastados en la muestra

Mb= mililitros de ácido gastados en el blanco

Pm= peso de la muestra en gramos

6.25= factor proteico de nitrógeno



Figura 8. Adición de pastillas Kjeldahl para el análisis de proteína de las muestras de chíá.



Figura 9. Adición de H_2SO_4 para el análisis de proteína de las muestras de chíá.



Figura 10. Muestras de chíá en el digestor para el análisis de proteína Kjeldahl.



Figura 11. Equipo Kjendahl

3.4.3 Determinación de minerales totales

Para la determinación de minerales totales se aplicó el método adaptado por el

INIAP del método AOAC 923.03, para el cual se realizó previamente la obtención de cenizas de cada muestra, la materia orgánica se obtuvo por incineración a 550 °C de los cual se obtuvo la parte mineral (ceniza); esta fracción inorgánica posee la variedad de minerales presentes en una muestra (INIAP, 2015).

3.4.3.1 Reactivos

- Ácido sulfúrico
- Dicromato de potasio
- Solución sulfocrómica: se pesó 20 g de dicromato de potasio en un Erlenmeyer de 1000 ml, se disolvió con 120 ml de agua y se vertió lentamente 800 ml de ácido sulfúrico.

3.4.3.2 Equipos y materiales

- Balanza analítica de precisión 0,1 mg Shimadzu, Modelo LIBROR AEG-220
- Mufla
- Estufa
- Desecador
- Placa calentadora
- Crisoles de porcelana
- Pinza metálica
- Crisoles de porcelana
- Espátula

3.4.3.3. Procedimiento

Se realizó la preparación de crisoles para lo cual se dejó a los mismos en solución sulfocrómica por 2 horas, se lavó con agua destilada, se dejó secar a

105 °C y llevó al horno a 550 °C por dos horas. Se retiró en un desecador y se dejó enfriar, posteriormente, se pesó el crisol y se agregó de 1,5 - 2 g de muestra, colocando en la mufla a 550 °C por 16 horas, tiempo en el cual se calcinó. Por último, se procedió a sacar en un desecador cada una de las muestras, se dejó enfriar y se procedió a pesar (Figura 12) (INIAP, 2015).



Figura 12. Cenizas obtenidas de las muestras de chía de dos localidades y testigo.

Para la determinación del porcentaje de cenizas (minerales) se utilizó la ecuación 4:

$$C = \frac{P_{CZ} - P_C}{P_{CM} - P_C} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

C= porcentaje de cenizas

P_c= peso del crisol

P_{cz}= peso del crisol más ceniza

P_{cm}= peso del crisol más muestra

3.5 Caracterización bioquímica de la semilla de chía

3.5.1 Caracterización del extracto etéreo

Para la determinación de ácidos grasos contenidos en las muestras de chía se aplicó el método adaptado por el INIAP del método AOAC 969.33. Para lo cual se utilizó la grasa obtenida por el método Soxhlet anteriormente datado, la misma que fue analizada por cromatografía de gases para lo cual se requirió una previa esterificación de las muestras de grasa. Para este tratamiento se elaboró una solución en CH_4 de KOH y una de HCl sometiéndolas a baño María y posterior enfriamiento, a estas se añadió C_6H_{14} provocando la separación de fases. La fase de la parte superior fue obtenida para la posterior inyección en el cromatógrafo de gases el cual mostró los resultados del contenido de ácidos grasos de las muestras a través de un cromatograma (INIAP, 2015).

3.5.1.1 Reactivos

- Hexano
- Hidróxido de potasio en metanol 0,5 M
- Ácido clorhídrico en metanol 4:1 v/v
- Agua Bidestilada
- Metanol grado HPLC
- Sulfato de sodio Anhidro

3.5.1.2 Equipos y materiales

- Cromatógrafo de gases con detector FID marca Agilent Technologies.
- Agitador de tubos
- Baño María
- Balanza analítica de precisión 0,1 mg Shimadzu, Modelo LIBROR

AEG-220

- Micropipeta de 100 μ l
- Micropipeta de 1000 μ l
- Columna capilar fusionada de sílica SUPELCO con espesor de película de 100 m x 0.25 mm x 0,2 μ m
- Viales de capacidad 2 ml
- Tubos de ensayo con tapa rosca para esterificación de muestras
- Vasos de precipitación
- Pipetas Pasteur
- Pera de succión
- Gradilla
- Espátula

3.5.1.3 Procedimiento

Para la determinación de ácidos grasos se preparó los reactivos necesarios para el análisis, estos fueron:

- Solución KOH/ CH₄ 0,5 M: Se pesó 2,8 g de KOH en un balón aforado de 100 ml y se aforó con CH₄ grado HPLC.
- Se preparó una solución de HCl en CH₄ 4:1 v/v para lo cual se transfirió con una probeta 80 ml de HCl a un balón aforado de 100 ml y se aforó con CH₄ grado HPLC (INIAP, 2015).

Posteriormente, se pesó 0,05 g de muestra en tubos de ensayo con tapa rosca y se adicionó 1 ml de solución KOH/ CH₄ 0,5 M, se colocó teflón en la rosca del tubo para evitar la evaporación de los reactivos, se tapó el tubo y se colocó en baño María a ebullición durante 10 minutos (Figura 13 a). A continuación, se sacó los tubos y se añadió 0,4 ml de HCL/CH₄ 4:1 v/v, se tapó el tubo y se colocó nuevamente a baño María en ebullición durante 5 minutos (Figura 13 b) (INIAP, 2015).



(a)

(b)

Figura 13. (a) Pesado de aceite de chía para la caracterización de ácidos grasos. (b) Adición de C_6H_{14} en las muestras de aceite de chía.

Transcurrido el tiempo, se sacó los tubos y se dejó enfriar a temperatura ambiente, luego se añadió 2 ml de agua bidestilada y 3 ml de C_6H_{14} , se agitó el tubo por 10 segundos y se colocó en la gradilla hasta que se separe en dos fases nuevamente. Con una pipeta Pasteur se extrajo la fase orgánica (fase superior) y se colocó en otro tubo de ensayo, se repitió el proceso, desde el punto anterior, por una ocasión más (Figura 14 a). Posteriormente, se adicionó Na_2SO_4 , y se dejó secar con N a temperatura ambiente; una vez seco el tubo, se concentró la muestra con 2 ml de C_6H_{14} (Figura 14 b), se agitó por 10 segundos, se colocó en un vial y, por último, se inyectó en el cromatógrafo de gases (Figura 15) (INIAP, 2015).



(a)

(b)

Figura 14. (a) Separación de fases del aceite de chía. (b) Secado de la muestra de aceite de chía con N.



Figura 15. Cromatógrafo de gases con detector FID marca Agilent Technologies.

3.5.2 Caracterización de minerales

Para la determinación de micro y macro minerales se realizó previamente la obtención de cenizas de cada muestra y se aplicó el método adaptado por el

INIAP de la AOAC método 984.27.

3.5.2.1 Cuantificación del contenido de calcio y magnesio

Las cenizas obtenidas anteriormente fueron llevadas a una digestión ácida, para consecutivamente diluirlas a un volumen determinado. Posteriormente, se realizó el análisis de Ca y Mg en el equipo de absorción atómica de llama (INIAP, 2015).

3.5.2.1.1 Reactivos

- Ácido clorhídrico 37 %
- Papel filtro # 4
- Solución estándar de calcio 1000 ppm
- Solución estándar de magnesio 1000 ppm
- Cloruro de lantano
- Ácido Nítrico 65 %

3.5.2.1.2 Equipos y materiales

- Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU AA-680
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Balanza analítica de precisión 0,1 mg Shimadzu, Modelo LIBROR AEG-220
- Agitador magnético
- Balones aforados
- Pipetas volumétricas de: 0,1-0,5-1-2-3-4-5 ml
- Pipetas graduadas de: 5-10-25 ml
- Embudos
- Porta embudos
- Piseta de polietileno

- Tubos de ensayo
- Gradillas

3.5.2.1.3 Procedimiento

Para la determinación tanto de Ca y Mg se preparó dos soluciones que fueron:

- Solución de La al 1 %: Se pesó 17,65 g LaCl_3 , se procedió a disolver con 400 ml de agua en un vaso de precipitados y se llevó a 1000 ml en un balón aforado.
- Solución estándar de 10 ppm de Ca y 1 ppm de Mg: En un balón volumétrico de 200 ml se colocó 2 ml de una solución estándar de 1000 ppm de Ca y 0.2 ml de solución estándar de 1000 ppm de Mg y se aforó con agua bidestilada (INIAP, 2015).

A continuación, se colocó las cenizas contenidas en los crisoles en una sorbona, se adicionó agua destilada (10 ml) y HCl concentrado (5 ml), se digirió a temperatura baja hasta que el volumen se redujo a la mitad. Posteriormente, se dejó enfriar los crisoles y se filtró la solución usando papel filtro cuantitativo, más adelante, el filtrado obtenido fue colocado en un balón aforado a 100 ml, se aforó con agua bidestilada (dilución a) (Figura 16). Se tomó 0,5 ml de filtrado a, se añadió 4 ml de agua bidestilada, 0,5 ml de la solución de La al 1% y se agitó (dilución b). Se tomó 0,5 ml de b, se añadió 4 ml de agua bidestilada, 0,5 ml de la solución de La al 1% y se agitó (INIAP, 2015).

Se procedió a preparar la curva estándar de Ca y Mg para lo cual, en tubos de ensayo de 200 ml se colocó:

- Solución estándar de Ca y Mg 10 y 1 ppm: 0, 1, 2, 3, 4 y 5 ml
- Agua bidestilada: 9, 8, 7, 6, 5 y 4 ml
- 1 ml de La al 1% en cada tubo, obteniéndose las siguientes concentraciones: Ca 0, 1, 2, 3, 4, 5 ppm y Mg 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 ppm (INIAP, 2015).

Se leyó primero en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama los estándares y luego las muestras (Figura 17).



Figura 16. Filtrado de muestras para análisis de macro y micro minerales.

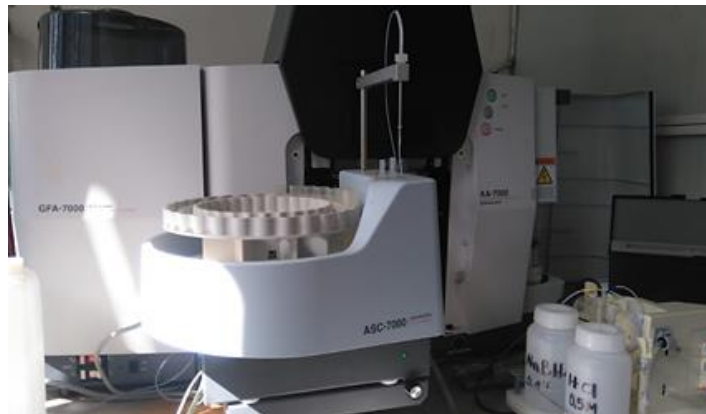


Figura 17. Equipo de espectrofotometría de absorción atómica de llama.

Para calcular los porcentajes tanto de Ca como de magnesio se aplicó la ecuación 5:

$$\%Ca = \frac{LR \times Fd}{zPm} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Dónde:

LR= lectura de regresión

Fd= factor de dilución

Pm= peso de muestra

3.5.2.2 Cuantificación del contenido de sodio y potasio

Las cenizas obtenidas se sometieron a un proceso de digestión ácida, para consecutivamente diluirlas a un volumen específico. Posteriormente se realizó los análisis de Na y K en el equipo de absorción atómica (INIAP, 2015).

3.5.2.2.1 Reactivos

- Ácido Clorhídrico 37 %
- Papel filtro # 4
- Solución estándar de sodio de 1000 ppm
- Solución estándar de potasio del 1000 ppm
- Cloruro de litio

3.5.2.2.2 Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU AA-680
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Balones aforados
- Pipetas volumétricas de: 0.1-0.5- 1-2-3-4-5 ml
- Pipetas graduadas de 5-10-25 ml
- Embudos

- Porta embudos
- Piceta de polietileno
- Tubos de ensayo
- Gradillas

3.5.2.2.3 Procedimiento

Inicialmente, para la determinación de Na y K se preparó dos soluciones que fueron:

- Solución de Li al 1 %: Se pesó 62,34 g de LiCl, se disolvió con 400 ml de agua en un vaso y se llevó a 1000 ml en un balón aforado.
- Solución estándar de 2 ppm de Na y 4 ppm de K: En un balón volumétrico de 250 ml se colocó 0.5 ml de la solución de 1000 ppm de Na y 1 ml de la de 1000 ppm de K y se aforó con agua bidestilada (INIAP, 2015).

A continuación, se colocó los crisoles con las cenizas en la sorbona, se adicionó agua destilada (10 ml) y HCl concentrado (5 ml), se procedió a digerir la solución a temperatura baja hasta que se el volumen llegara a la mitad. Posteriormente, se retiró los crisoles de la plancha y se dejó enfriar, con papel filtro cuantitativo se filtró, la solución filtrada se colocó en un balón de 100 ml y se envasó con agua bidestilada (a). Se tomó 0,5 ml de filtrado en un tubo de 20 ml, se añadió 4 ml de agua bidestilada, 0,5 ml de litio al 1% y se agitó (b). De (b) se tomó 0,5 ml en un tubo de 20 ml, se añadió 4 ml de agua bidestilada y 0,5 ml de solución de Li al 1% y se agitó (c) (INIAP, 2015).

Para la preparación de la curva estándar para Na y K se procedió a poner en tubos de ensayo de 20 ml lo siguiente:

- Solución estándar Na y K 2 y 4 ppm: 0,1,2,3,4,5, ml
- Solución estándar Na y K 2 Y 4 ppm, agua bidestilada: 9,8,7,6,5,4 ml

- 1 ml de Li al 1% en cada tubo: obteniéndose las siguientes concentraciones:
- Na: 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 ppm
- K: 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2 ppm (INIAP, 2015)

Se leyó primero en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama los estándares y luego las muestras.

Para calcular los porcentajes tanto de Na y K se aplicó la ecuación 6:

$$\%Na = \frac{C \times Fd}{Pm} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Dónde:

C= concentración

Fd= factor de dilución

Pm= peso de la muestra en g

3.5.2.3 Cuantificación del contenido de fósforo

Las cenizas anteriormente obtenidas se sometieron a una digestión ácida para continuamente diluirla a un volumen específico; posteriormente, se realizó los análisis de P por colorimetría (INIAP, 2015).

3.5.2.3.1 Reactivos

- Ácido clorhídrico 37 %
- Papel filtro # 4
- Solución estándar de fósforo 1000 ppm
- Vanadato de sodio
- Molibdato de amonio
- Ácido nítrico 65 % p.a.

- Fosfato di ácido de K (KH_2PO_4)

3.5.2.3.2 Equipos y materiales

- Espectrofotómetro de Spectronic 20D
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Tubos (celda) de lectura para Spectronic 20D
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Balones aforados de
- Pipetas volumétricas de: 0.1-0.5-1-2-3-4-5 ml
- Pipetas graduadas: 5-10-25 ml
- Embudos
- Porta embudos
- Pisseta de polietileno
- Tubos de ensayo
- Gradillas

3.5.2.3.3 Procedimiento

Para la cuantificación de P se realizaron las siguientes soluciones:

- Solución de P de 1000 ppm: Se pesó 4.39 g de KH_2PO_4 previamente seco a 105 °C por 1 hora. Se completó a 1 litro en un balón aforado.
- Solución estándar de 10 ppm de P: En un balón volumétrico de 200 ml se colocó 2 ml de solución de 1000 ppm de P y se aforó con agua bidestilada.
- Solución de molibdato - vanadato: Se disolvió 25 g de molibdato de amonio en 400ml de agua bidestilada. Se disolvió 1.25 g de vanadato de amonio en 300 ml de agua destilada caliente y se dejó enfriar. Se añadió

250 ml de HNO₃ al 65% lentamente agitando.

- Se mezcló la solución de molibdato con el vanadato y se llevó a 1 l (INIAP, 2015).

A continuación, se colocó los crisoles con las cenizas en la sorbona, se adicionó agua destilada (10 ml) y HCl concentrado (5 ml), se llegó hasta la mitad del volumen digiriendo a la solución a una temperatura baja. Posteriormente, la solución se dejó enfriar, se filtró, se colocó la solución filtrada en un balón y se aforó con agua bidestilada a 100 ml (a). Se tomó 0.5 ml de filtrado (a) en un tubo de 10 ml, se añadió 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución de molibdo - vanadato (b) (INIAP, 2015).

Se preparó la curva para P en tubos de ensayo de 20 ml, donde se colocó:

- Solución estándar P y 10 ppm: 0, 1, 2, 3, 4, y 5 ml
- Agua bidestilada: 9, 8, 7, 6, 5 y 4 ml
- 1 ml de molibdo-vanadato en cada tubo y se obtuvo las siguientes concentraciones: P: 0, 1, 2, 3, 4, 5 ppm (INIAP, 2015).

Por otra parte, se colocó en los tubos calibrados del espectrofotómetro y se leyó en primer lugar los estándares y en segundo lugar las muestras a una longitud de onda de 400 nm.

Para el cálculo del contenido de P se utilizó la ecuación 7:

$$\% P = \frac{C \times Fd}{Pm} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

C= Concentración

Fd= Factor de dilución

Pm= Peso de muestra en g

3.5.2.4 Cuantificación del contenido de cobre, hierro, manganeso y zinc

La ceniza de la muestra fue sometida a una hidrólisis ácida (HCl/H₂O), para luego ser cuantificada en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama (INIAP, 2015).

3.5.2.4.1 Reactivos

Soluciones estándar de Cu, Fe, Mn y Zn de 1000 ppm

3.5.2.4.2 Equipos y materiales

- Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU AA-680
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Balones aforados
- Pipetas volumétricas de: 0.1-0.5- 1-2-3-4-5 ml
- Pipetas graduadas de 5-10-25 ml
- Embudos
- Piceta de polietileno
- Tubos de ensayo

3.5.2.4.3 Procedimiento

Se aforó los balones a 100 y se leyó directamente en el en el Espectrofotómetro de absorción atómica de llama. Al estar las concentraciones sobre el punto más alto de la curva se procede hacer diluciones tomando 0,5 ml de muestra y 4,5 ml de agua, estas se hacen hasta que la lectura esté

dentro del rango obtenido en la curva (INIAP, 2015).

Se preparó una mezcla de soluciones estándar con 10 ppm de Cu, 10 ppm de Fe y 1 ppm de Mn. De esta mezcla se tomó 1, 2, 3, 4, 5 ml y se llevó a 10 ml con agua purificada, para obtener las concentraciones de Cu, Fe, Mn. La solución estándar de Zn de 2 ppm se preparó aparte, al igual que la curva estándar. Por último, se realizó las curvas de calibración para cada elemento con las siguientes concentraciones:

- Cu = 0 - 5 ppm
- Fe = 0 - 5 ppm
- Mn= 0.0 - 0.5 ppm
- Zn= 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 ppm

Para calcular los micronutrientes se interpoló la absorbancia en la curva para obtener la concentración usando la ecuación 8.

$$ppm: \frac{LR \times Fd}{Pm} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Dónde:

LR = Lectura de Regresión

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de muestra

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico que se realizó fue un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, se analizó seis variables: tamaño de semilla, humedad, porcentaje de grasa, proteína, cenizas y caracterización de minerales. Para este análisis estadístico,

se utilizó el programa InfoStat/L. versión estudiantil. Al haber diferencias estadísticas entre las fuentes de variación se utilizó el análisis de separación de medias Tukey al 5 % (Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3).

Para la caracterización de ácidos grasos presentes en la semilla de chía se realizó el análisis multivariado que permitió la evaluación de 22 ácidos grasos diferentes analizados en la semilla. Para este análisis estadístico, se utilizó el programa Statistica versión 10.0 (Anexo 2).

4.1 Determinación de propiedades fisicoquímicas

4.1.1 Determinación del peso de la semilla de chía

En la tabla 6, se muestra el análisis de varianza del peso de las semillas el cual indica que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. Los resultados promedio obtenidos fueron: Colta 1,47 g, Cotacachi 1,26 g y Testigo 1,04 g (Tabla 7), se determinó que la muestra testigo presenta un menor peso respecto de las dos localidades (Figura 18); esto se podría deber a que dicha muestra, al ser un producto comercial es sometido a tratamientos previo a su venta como es la eliminación de impurezas en operaciones de limpieza, mientras que las muestras de las localidades no han sido sometidas a ningún tratamiento pos cosecha.

Tabla 6.

Análisis de varianza del peso (g) de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo.2017

Tamaño semilla (g)				
F.V.	Gl	SC	CM	p-valor
Total	8	0,3		
Repetición	2	0,00082	0,00041	0,9132
Tratamiento	2	0,28	0,14	0,0036**
Error	4	0,02	0,0044	
CV (%)		5,29		

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 7.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del peso (g) de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación
Colta	1,47	0,04	A
Cotacachi	1,26	0,04	
Testigo	1,04	0,04	

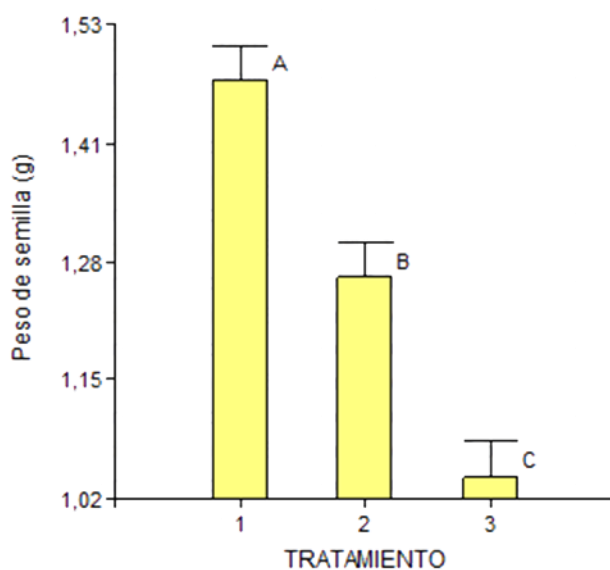


Figura 18. Peso de semillas de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

4.1.2 Determinación de humedad

En un estudio realizado por Jiménez, Masson, y Quitral (2013), basado en la evaluación de la composición química de la semilla de chía, cuyo objetivo fue caracterizar de forma química varias semillas oleaginosas, se determinó que la semilla de chía contiene 7,3 % de humedad, dato obtenido mediante el método de desecación por estufa. Utilizando la misma metodología, en el presente estudio se obtuvo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 8).

En la tabla 9, se refleja que la semilla de Colta posee mayor humedad con un

valor de 7,05 % respecto de la localidad de Cotacachi y la muestra testigo con 6,84 % y 6,21 % respectivamente, lo que refleja que los datos obtenidos presentan una leve inferioridad con respecto al estudio citado (figura 19). La variación entre los resultados puede deberse a que la humedad es una propiedad física que se puede ver afectada durante las distintas fases tanto del cultivo en campo como en pos cosecha, etapa en la cual la semilla puede estar sometida a varios tratamientos que impliquen reducción de humedad como es el caso de la semilla testigo.

Tabla 8.

Análisis de varianza de humedad (%) de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Humedad (%)				
F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	8	1,72		
Repetición	2	0,37	0,18	0,12
Tratamiento	2	1,15	0,58	0,02*
Error	4	0,2	0,05	
CV (%)		3,36		

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 9.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) de la humedad de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación	
Colta	7,05	0,13	A	
Cotacachi	6,84	0,13	A	B
Testigo	6,21	0,13		B

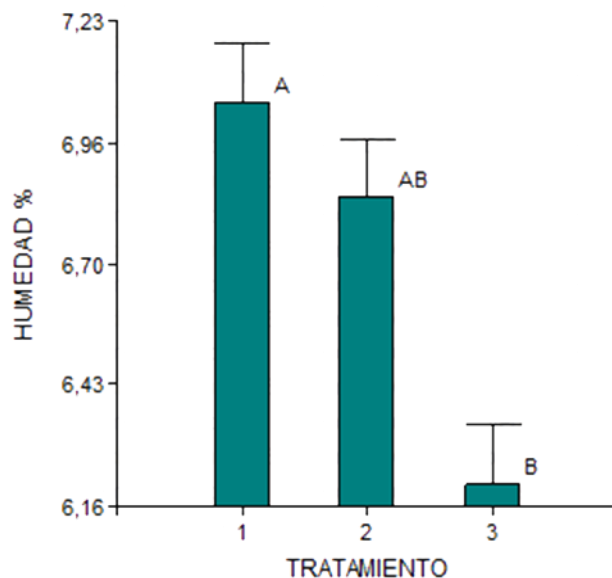


Figura 19. Porcentaje de humedad semillas de chía dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

4.2 Composición bioquímica de la semilla de chía

4.2.1 Grasa

Tosco (2014), en el estudio acerca de las ventajas del consumo de la semilla de chía tanto en el organismo humano como animal, cuyo objetivo fue reunir información científica para dar a conocer cómo el consumo diario de chía actúa a nivel citológico en el ser humano, estableció que, mediante la aplicación del método de extracción Soxhlet con éter de petróleo como solvente, se obtiene 32 - 39 % de grasa, lo que corrobora la información obtenida en el presente estudio. Esto se observa en el análisis de varianza el cual refleja que no existen diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 10). Los resultados fueron: Colta 36,33 %, Cotacachi 35,80 % y testigo 36,13 % (Tabla 11). Las ligeras diferencias en cuanto al contenido de grasa podrían deberse al genotipo de la planta, y no a condiciones ambientales de las localidades de cultivo (Hidalgo, Brandolini, y Ratti, 2009).

Tabla 10.

Análisis de varianza del contenido de grasa (%) de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Grasa (%)				
F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	8	2,97		
Repetición	2	0,15	0,07	0,089
Tratamiento	2	0,43	0,21	0,72ns
Error	4	2,39	0,60	
CV (%)		2,14		

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 11.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de grasa de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación
Colta	36,33	0,87	A
Testigo	36,13	0,68	A
Cotacachi	35,8	0,24	A

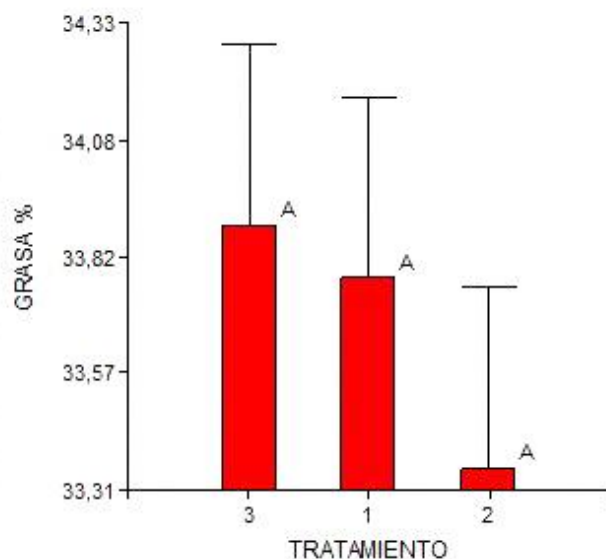


Figura 20. Porcentaje de grasa de semillas de chía dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

4.2.2 Proteína

En el caso del contenido de proteína de la semilla de chía, en el estudio realizado por Périgo, Cases, Bueno, Di Sapio, y Busilacchi (2011), basado en la caracterización química de la semilla de chía, se determinó un contenido entre 19 y 23 % de proteína, valor que se obtuvo mediante el método Kjeldahl. Los datos obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del rango citado como se observa en la tabla 12, donde se observa diferencia altamente significativa entre tratamientos. Los resultados obtenidos fueron: Colta 24,18 % valor superior al obtenido de la semilla de Cotacachi y testigo con un valor de 21,27 % y 22,30 % respectivamente (Tabla 13) (Figura 21). Según de la O Olán, Espitia, Villaseñor, Molina y López (2011), el contenido de proteína en las semillas está relacionado con factores ambientales y de forma más influyente la temperatura, así también la fertilización y la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo; estos factores podrían explicar las diferencias encontradas entre los tratamientos en estudio.

Tabla 12.

Análisis de varianza del contenido de proteína (%) de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

F.V.	Proteína (%)			
	GI	SC	CM	p-valor
Total	8	15,02		
Repetición	2	0,74	0,37	0,3778
Tratamiento	2	13,09	6,54	0,0069**
Error	4	1,19	0,30	
CV (%)		2,41		

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 13.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de proteína de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación
Colta	24,18	0,31	A
Testigo	22,30	0,31	B
Cotacachi	21,27	0,31	B

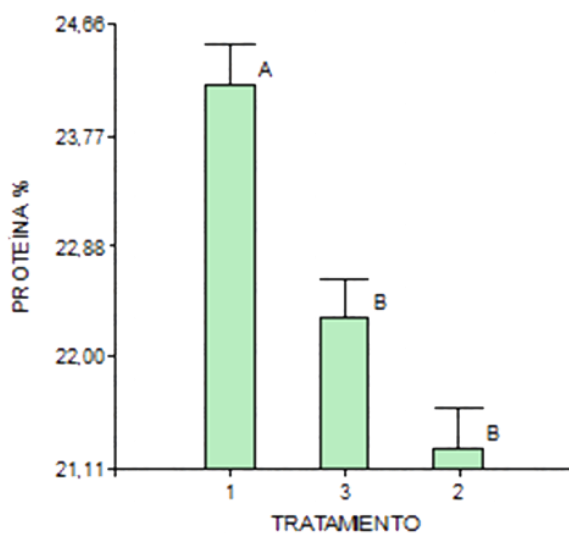


Figura 21. Porcentaje de proteína de semillas de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo

4.2.3 Minerales totales

En el análisis de varianza correspondiente al estudio de minerales totales se refleja que no existen diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 14). Los resultados obtenidos fueron: Colta 4,95 %, Testigo 4,94 % y Cotacachi 4,66 % (Tabla 15). En el artículo sobre caracterización de harinas de chía de Périgo, Cases, Bueno, Di Sapio, y Busilacchi (2011), cuyo objetivo fue determinar los componentes nutricionales de diferentes harinas de *S. hispánica* en Argentina se determinó que los porcentajes de ceniza oscilan entre 4,48 % y 5,48 %, valores que corroboran los datos obtenidos en el presente estudio.

Tabla 14.

Análisis de varianza del contenido de minerales (%) de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Cenizas (%)				
F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	8	2,32		
Repetición	2	0,71	0,35	0,451
Tratamiento	2	0,17	0,08	0,80 ns
Error	4	1,45	0,36	
CV (%)		6,51		

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 15.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de minerales de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación
Colta	4,95	0,11	A
Testigo	4,94	0,30	A
Cotacachi	4,66	0,99	A

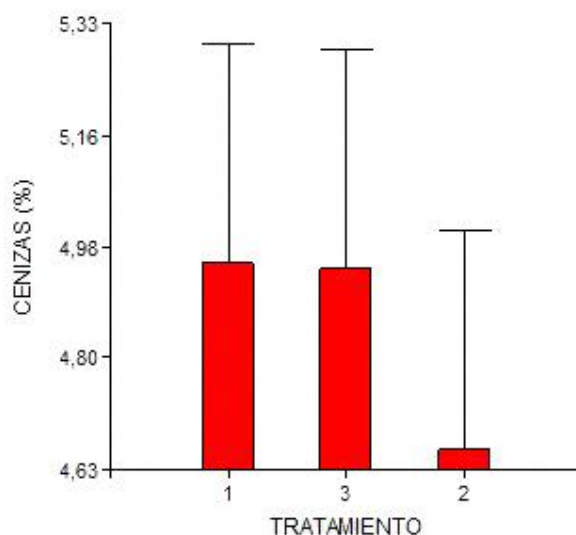


Figura 22. Porcentaje de cenizas de semillas de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo

4.3 Caracterización bioquímica de la semilla de chía

4.3.1 Caracterización del extracto etéreo

El extracto etéreo obtenido de las semillas de chía provenientes de tres diferentes localidades resultó tener un perfil similar de ácidos grasos. El número de ácidos grasos que se analizaron fueron 37, de los cuales la semilla de chía contiene 22 como se puede observar en la tabla 14, siendo los más representativos: ácido linolénico (C18:3n3), ácido linoléico (C18:2n6c), ácido oleico (C18:1n9c), ácido palmítico (C16), ácido esteárico (C18), resultados que se puede observar en el anexo 4, anexo 5 y anexo 6.

Tabla 16.

Resultados de la caracterización de ácidos grasos de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra Ecuatoriana y una muestra testigo

N °	Ácidos grasos	Símbolo	Colta (%)	Cotacachi (%)	Testigo (%)
1	ácido mirístico	c14	0,05	0,04	0,06
2	ácido pentadecanoico	c15:0	0,03	0,02	0,03
3	ácido palmítico	c16:0	8,03	7,05	8,20
4	ácido palmitoleico	c16:1	0,23	0,22	0,27
5	ácido heptadecanoico	c17:0	0,06	0,05	0,06
6	ácido esteárico	c18:0	4,25	3,12	3,75
7	ácido elaidico	c18:1n9t	0,68	0,69	0,74
8	ácido oleico	c18:1n9c	6,21	5,65	5,83
9	ácido linolelaidico	c18:2n6t	0,05	0,05	0,04
10	ácido linoleico	c18:2n6c	17,89	16,16	17,20
11	ácido araquídico	c20:0	0,29	0,24	0,30
12	ácido γ -linoleico	c18:3n6	0,24	0,24	0,29
13	ácido cis-11-eicosenoico	c20:1	0,10	0,10	0,14
14	ácido linolénico (omega 3)	c18:3n3	61,59	66,05	62,73
15	ácido cis-11-14-eicosadienoico	c20:2	0,04	0,04	0,04
16	ácido behenico	c22:0	0,09	0,09	0,10
17	ácido erucico	c22:1n9	0,02	0,02	0,03
18	ácido cis-11,14,17-eicosatrienoico	c20:3n3	0,04	0,04	0,05
19	ácido tricosanoico	c23:0	0,03	0,03	0,03
20	ácido metilcis-5,8,11,14-eicosatetraenoico	c20:4n6	0,01	0,01	0,01
21	ácido cis-13,16-docosadienoico	c22:2	0,09	0,08	0,11
22	ácido nervónico	c24:1	0,01	0,02	0,02

Para comparar el perfil de ácidos grasos identificados en las muestras de chía procedentes de tres localidades diferentes se realizó un análisis de componentes principales (ACP), en la figura 23, se observa la proyección de los tres vectores correspondientes a los ácidos grasos contenidos de las muestras de chía procedentes de Cotacachi, Colta y la muestra Testigo. Se observa que existe una alta correlación entre las variables, la proyección en el plano factorial explica el 99,97% de los datos.

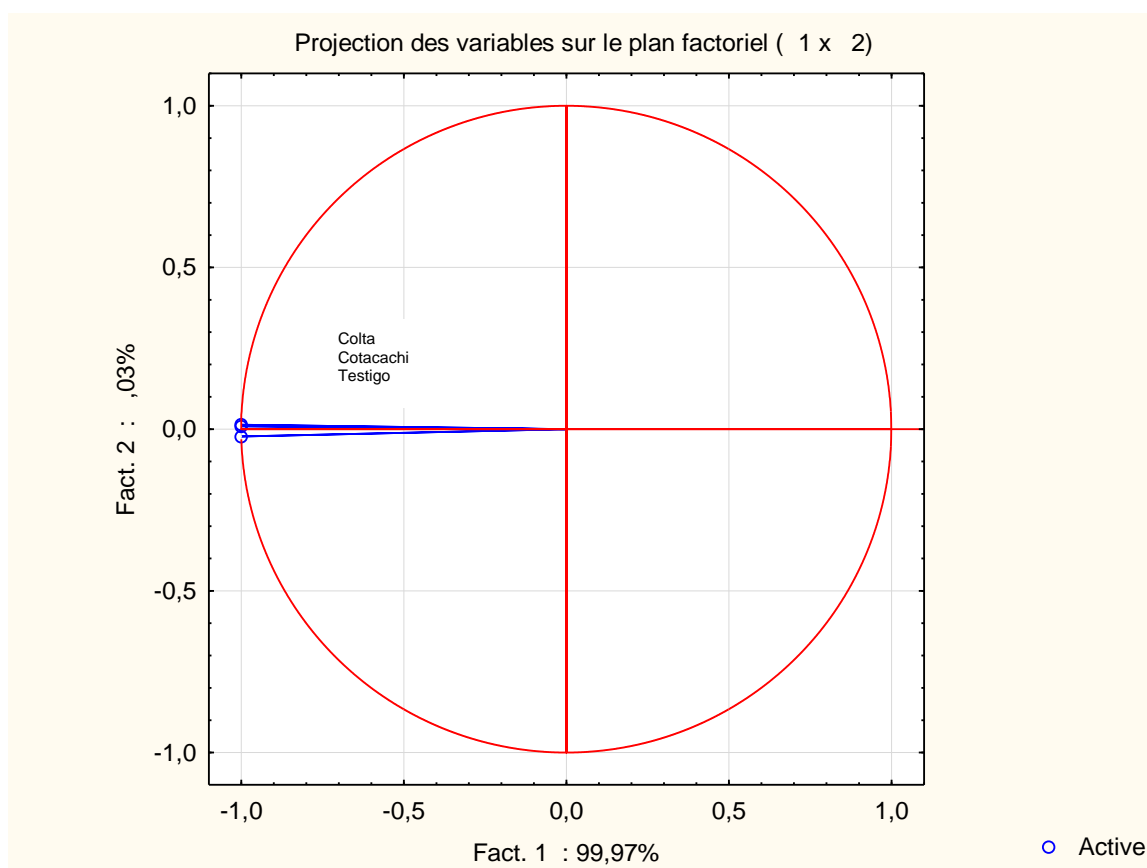


Figura 23. Análisis de componentes principales de los ácidos grasos presentes en la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una testigo.

En la figura 24, se observa la proyección de los individuos sobre el plano, estableciéndose que los ácidos grasos número 10 y 14 que corresponden a ácido linoleico y ácido linolénico respectivamente, presentan variación con relación a los demás ácidos grasos del perfil de las muestras de cada localidad.

Los valores correspondientes al ácido linoleico varían entre 16,60 a 17,39 % para las localidades de Colta y Cotacachi y la muestra Testigo presenta un valor de 17,20 %. El contenido de ácido linolénico varía de 63,38 a 66,05 % para las muestras de estas dos localidades con relación al Testigo que fue de 62,73 % (Anexo 8). En este contexto, se estableció que los niveles de estos dos ácidos grasos variaron respecto a la localidad y con relación al Testigo, datos que se pueden corroborar con el estudio realizado por Gutiérrez y otros (2014), en su estudio acerca del contenido de ácidos grasos de *Salvia hispánica* L. cultivada en cuatro regiones de México en donde el ácido linolénico representa el 62,50 % y el ácido linoleico 18,50 %. La variabilidad en los resultados del presente estudio es probable que se deba a varios factores que pueden influir sobre la composición química del extracto etéreo de la chía, estos factores pueden ser origen de la semilla, calidad del suelo y condiciones climáticas.

Varios autores aseguran que el incremento de temperatura es inversamente proporcional al contenido de aceite en la semilla contenido de ácidos grasos insaturados (Hidalgo, Brandolini, y Ratti, 2009).

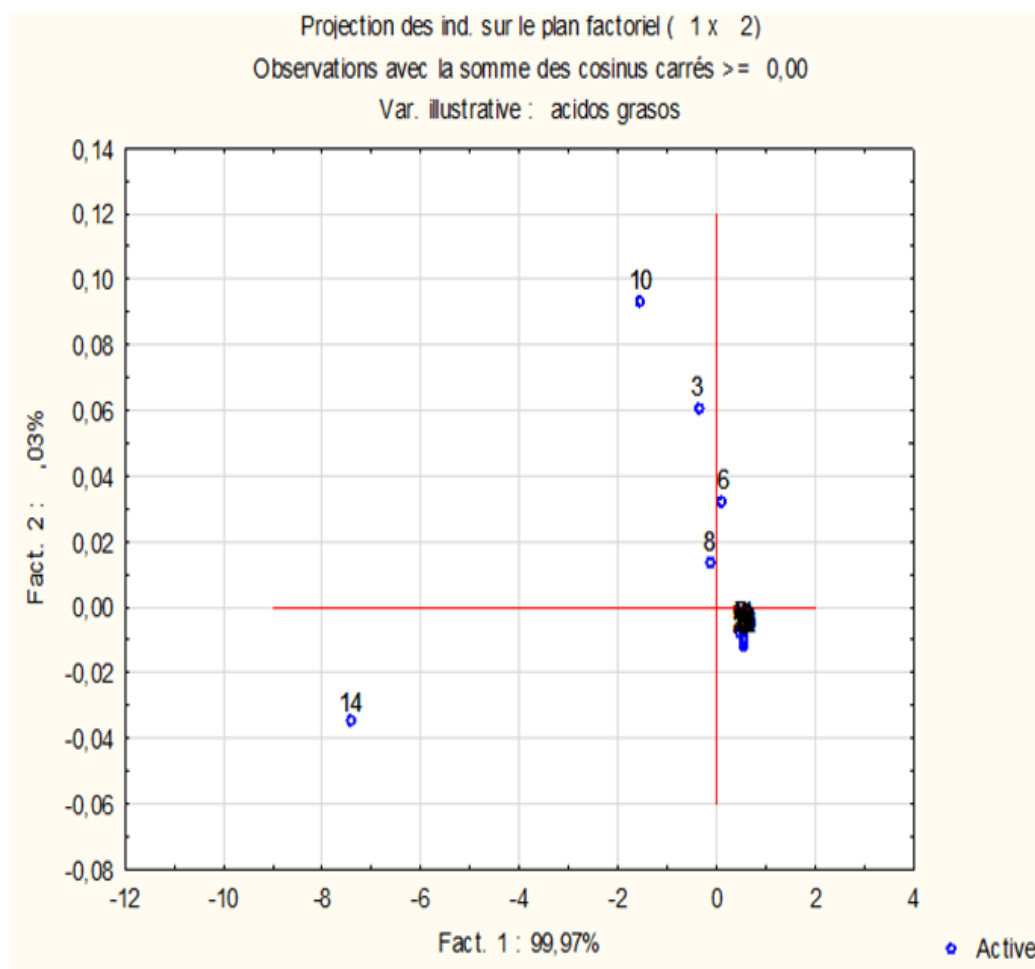


Figura 24. Proyección de los ácidos grasos en el plano presentes en la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una testigo.

4.3.2 Determinación de minerales

4.3.2.1 Cuantificación Macro minerales

- Calcio

En el estudio realizado por Di Sapia, Bueno, Busilacchi y Severin (2008), acerca de la aplicación de la chía como una fuente importante de nutrientes en la alimentación humana, se menciona que la misma contiene un aporte significativo de Ca (0,71%). Este resultado corrobora los valores obtenidos en

el presente estudio, donde, según la tabla 22, el análisis de varianza realizado para la caracterización de macro minerales muestra que no existe diferencias significativas para este mineral; los resultados obtenidos fueron Cotacachi 0,62 %, Colta 0,58 %, y Testigo 0,56 % (Tabla 17).

Tabla 17.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Ca de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación
Cotacachi	0,62	0,04	A
Colta	0,58	0,08	A
Testigo	0,56	0,03	A

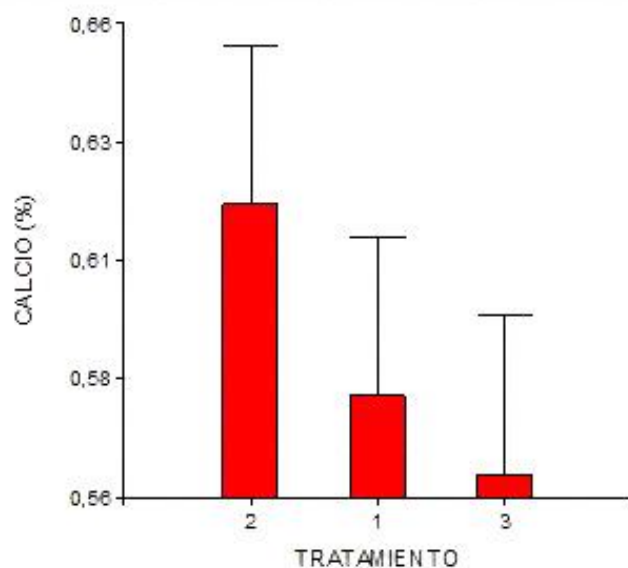


Figura 25. Porcentaje de calcio de semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo

- Magnesio

El análisis de varianza (Tabla 22), presenta diferencias significativas para el

Mg, los valores obtenidos fueron: Colta 0,36 % siendo esta la localidad cuya semilla contiene la mayor cantidad de este mineral, seguido por la muestra Testigo con 0,35 % y, presentando la cantidad más baja figura Cotacachi con 0,28 % (Figura 26). Los datos citados previamente son correspondientes a los obtenidos en la investigación de Di Sapiro, Bueno, Busilacchi, y Severin (2008), la cual arrojó un contenido de 0,39 % de Mg en la semilla de chí a en estudio.

Tabla 18.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Mg de la semilla de chí a de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación
Colta	0,36	0,01	A
Testigo	0,35	0,01	A
Cotacachi	0,28	0,01	B

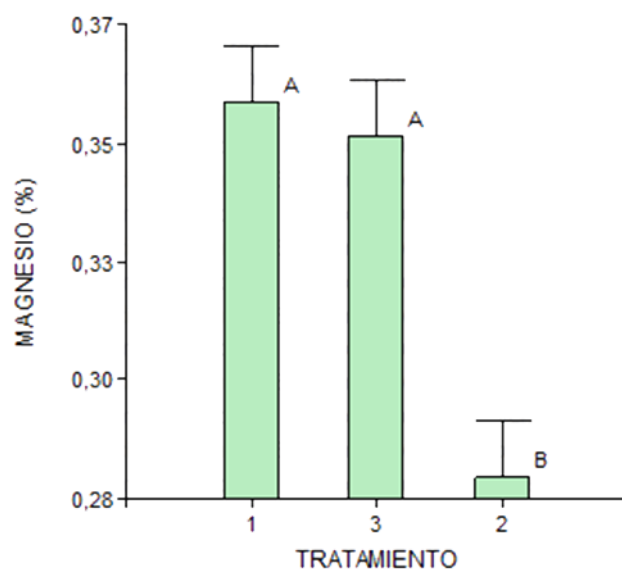


Figura 26. Porcentaje de Mg de semillas de chí a de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

- Potasio

Del mismo modo, el contenido de K presenta diferencias significativas como se muestra en la tabla 23, dado que los valores obtenidos fueron: Testigo 0,74 %, siendo la localidad cuya semilla posee mayor cantidad del mineral, seguido de Colta con 0,65 % y, con una cantidad menor la localidad de Cotacachi con 0,61 % (Figura 27). En el estudio de Tosco (2014), se determinó que el contenido de K en semillas de chía fue de 0,68 % valor con el que se puede confirmar los datos obtenidos en el estudio presente.

Tabla 19.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de K de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación	
Testigo	0,74	0,02	A	
Colta	0,65	0,02	A	B
Cotacachi	0,61	0,02		B

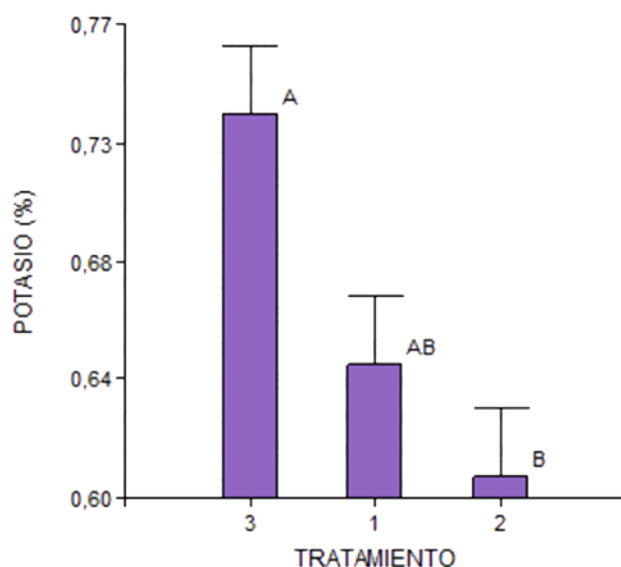


Figura 27. Porcentaje de K de semillas de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

- Fósforo

En el análisis realizado por Tosco (2014), acerca de las ventajas del consumo de chía en humanos y animales, se determinó que la cantidad de P es de 0,92 % lo que confirma los datos del presente estudio (figura 28). En la tabla 23, se observa que existe diferencias altamente significativas, así, la semilla de Colta contiene 0,89 %, seguido de la semilla Testigo con 0,86 % y Cotacachi con 0,76 % (Tabla 20).

Tabla 20.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de P de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (%)	Desviación estándar	Calificación	
Colta	0,89	0,02	A	
Testigo	0,86	0,02	A	B
Cotacachi	0,76	0,02		B

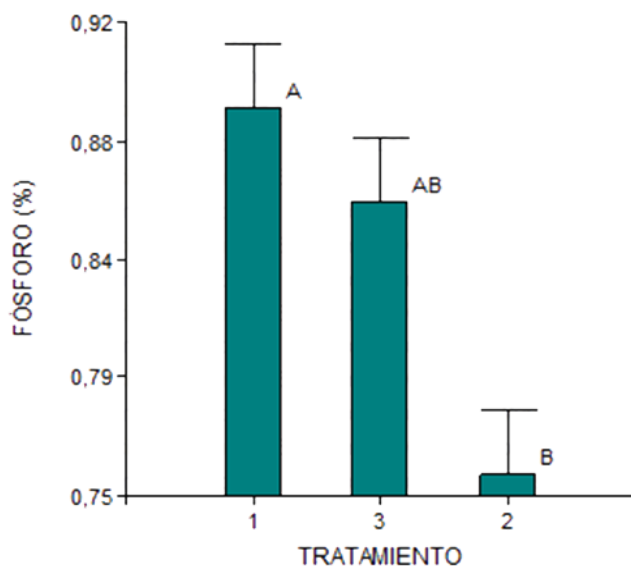


Figura 28. Contenido de P en semillas de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

De forma concluyente, y con base en el estudio de De la O Olán, Espitia, Villaseñor, Molina y López (2011), que se basó en la determinación del resultado de las combinaciones alélicas de gluteninas, donde la cantidad de minerales contenidos en la semilla depende de factores ambientales y con mayor influencia de la fertilización, concentración de sales en el suelo y cantidad de nutrientes disponible en el mismo, así también, está relacionado con el pH del suelo. Estos factores podrían explicar las diferencias significativas encontradas en cuanto al contenido de Mg, K y P entre tratamientos.

- **Sodio**

Por otro lado, Di Sapio, Bueno, Busilacchi y Severin (2008), señalan que la semilla contiene bajas concentraciones de Na. En el estudio presente se refleja que la cantidad de Na de la semilla proveniente de Cotacachi es de 28 ppm, en el caso de la semilla Testigo de 27,67 ppm y Colta 20,67 ppm (Tabla 21), cantidades bajas en comparación con los demás macronutrientes.

Tabla 21.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Na de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (ppm)	Desviación estándar	Calificación
Cotacachi	28,00	5,20	A
Testigo	27,67	8,33	A
Colta	20,67	2,89	A

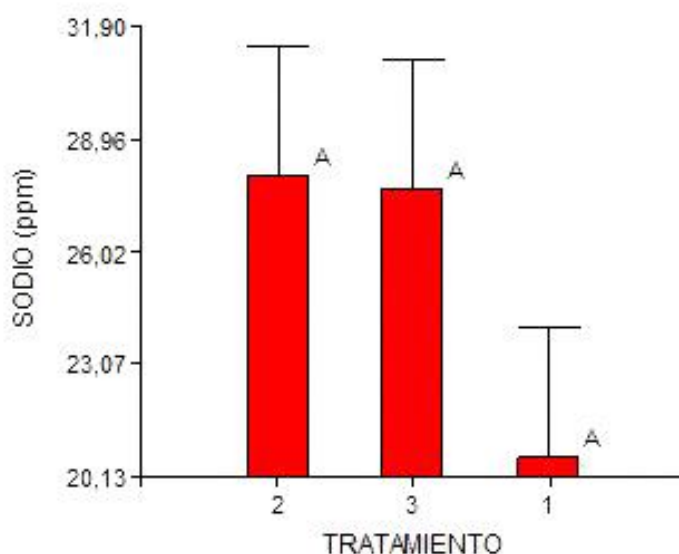


Figura 29. Contenido de Na en semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

Tabla 22.

Análisis de varianza de contenido de Ca y Mg (%) de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

F.V.	gL	Ca (%)			Mg (%)		
		SC	CM	p- valor	SC	CM	p- valor
Total	8	0,02			0,01		
Repetición	2	0,004	0,002	0,5884	0,00007	0,00003	0,9149
Tratamiento	2	0,01	0,0025	0,5219 ns	0,01	0,0049	0,0167*
Error	4	0,01	0,003		0,002	0,00037	
CV (%)			9,79			5,80	

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 23.

Análisis de varianza de contenido de K y P (%) de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

F.V.	gL	K (%)			P (%)		
		SC	CM	p- valor	SC	CM	p- valor
Total	8	0,04			0,03		

Repetición	2	0,01	0,0025	0,3498	0,0006	0,0003	0,827
Tratamiento	2	0,03	0,01	0,0467*	0,03	0,01	0,0345*
Error	4	0,01	0,0018		0,010	0,0016	
CV (%)			6,45			4,73	

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 24.

Análisis de varianza de contenido de Na (ppm) de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Na (ppm)				
F.V.	gL	SC	CM	p- valor
Total	8	312,22		
Repetición	2	73,56	36,780	0,4207
Tratamiento	2	102,89	51,44	0,3236 ns
Error	4	135,78	33,94	
CV (%)			11,23	

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.2.2 Cuantificación de micro minerales

Al realizar el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias altamente significativas en el contenido de Cu y Mn (Tabla 29). Como se puede ver en la figura 26, la semilla Colta contiene 20,67 ppm, la de Cotacachi 19,67 ppm y finalmente la de Cotacachi posee un contenido menor con 18,33 ppm de Cu (Tabla 25 y 26). De la misma forma el contenido de Mn se presenta en la semilla Testigo con 64 ppm siendo la que mayor cantidad de este mineral presenta, mientras que en la semilla de Cotacachi y Colta se encontró 41 y 31 ppm respectivamente (Figura 30). Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con los datos del estudio de Tosco (2014), acerca de las ventajas del consumo de chíá en humanos y animales, cuyo objetivo fue reunir información científica para dar a conocer cómo el consumo diario de chíá actúa a nivel citológico en el ser humano, donde estableció que, mediante la aplicación del método de espectroscopia de absorción atómica, la semilla de chíá contiene las siguientes cantidades de micronutrientes: Cu 24 ppm y Mn 74 ppm.

Tabla 25.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Cu de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamientos	Medias (ppm)	Desviación estándar	Calificación
Colta	20,67	0,51	A
Cotacachi	19,67	0,51	A
Testigo	18,33	0,51	A

Tabla 26.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5%) del contenido de Mn de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (ppm)	Desviación estándar	Calificación
Testigo	64	0,58	A
Cotacachi	41	0,58	B
Colta	31	0,58	C

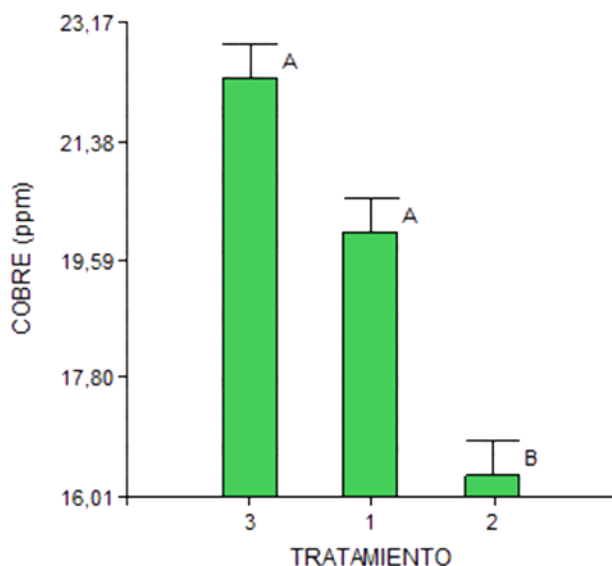


Figura 30. Contenido en ppm de Cu en semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

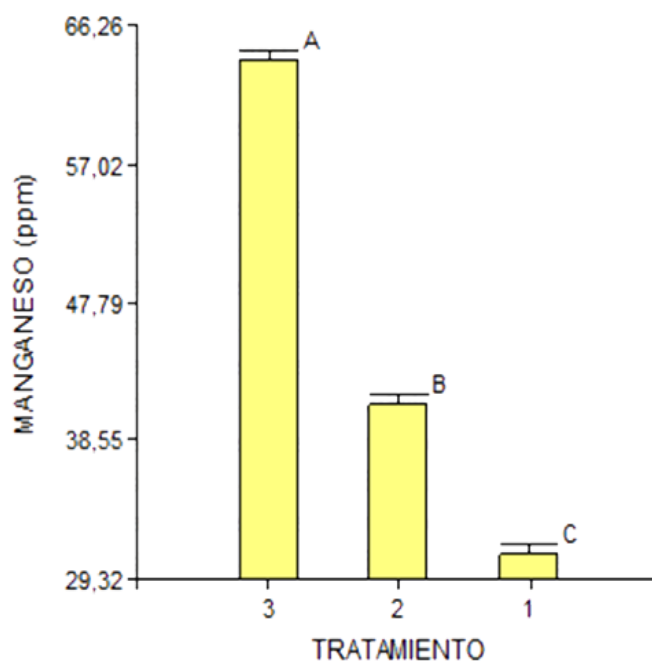


Figura 31. Contenido en ppm de Mn semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

Por otro lado, en la tabla 29 y 30, se puede observar que tanto en Fe como en Zn no existen diferencias significativas entre tratamientos. El Fe contenido en la semilla de Cotacachi es de 93 ppm, en la semilla Testigo 78,33 y en la semilla de la de Colta 72,33 pm (Tabla 27). En el caso del Zn, los resultados obtenidos fueron: en la muestra Testigo 71,67 ppm, en Colta 56 ppm y en Cotacachi 54,67 ppm (Tabla 28). De acuerdo con el estudio de Guiotto (2014), que trata de la aplicación de subproductos de la semilla de chíá en la alimentación humana determinó que mediante el método de espectroscopia de absorción atómica el contenido tanto como de Fe y Zn es de 164 ppm y 68 ppm respectivamente, estos datos que afirman los valores obtenidos en el presente estudio.

Tabla 27.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5 %) del contenido de Fe de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (ppm)	Desviación estándar	Calificación
Cotacachi	93	23,52	A
Testigo	78,33	17,10	A
Colta	72,33	4,04	A

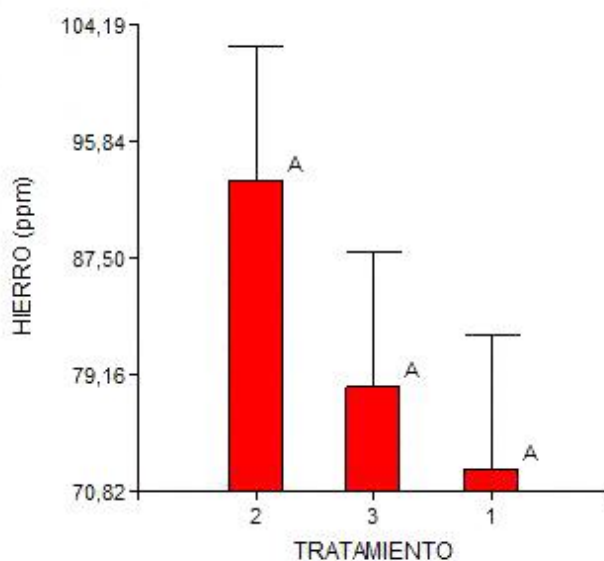


Figura 32. Contenido en ppm de Fe semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

Tabla 28.

Promedio, desviación estándar y prueba de Tukey (5 %) del contenido de Zn de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

Tratamiento	Medias (ppm)	Desviación Estándar	Calificación
Testigo	71,67	10,41	A
Colta	56	2,65	A
Cotacachi	54,67	6,43	A

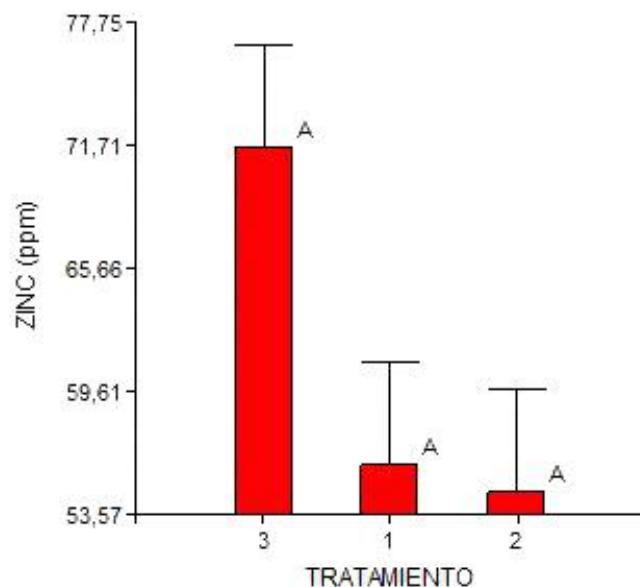


Figura 33. Contenido en ppm de Zn semillas de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y testigo. (1) Colta. (2) Cotacachi. (3) Testigo.

Tabla 29.

Análisis de varianza de contenido de Cu y Fe (ppm) de la semilla de chíá de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

F.V.	gL	Cu (ppm)			Fe (ppm)		
		SC	CM	p- valor	SC	CM	p- valor
Total	8	66,22			2401,56		
Repetición	2	8,22	4,11	0,0754	601,56	300,78	0,4237
Tratamiento	2	54,89	27,44	0,0029**	678,22	339,11	0,3884 ns
Error	4	3,11	0,78		1121,78	280,44	
CV (%)			4,51			10,08	

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 30.

Análisis de varianza de contenido de Mn y Zn (ppm) de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo. 2017

F.V.	gL	Mn (ppm)			Zn (ppm)		
		SC	CM	p- valor	SC	CM	p- valor
Total	8	1730			849,56		
Repetición	2	8	4,00	0,1111	14,89	7,44	0,9072
Tratamiento	2	1718	859,00	0,0001 **	536,22	268,11	0,1279 ns
Error	4	4	1,00		298,44	74,61	
CV (%)			2,21			14,21	

Nota. Ns: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

5. ESTIMACIÓN DE COSTOS

Una vez realizado el análisis bioquímico de la semilla de chía proveniente de dos localidades frente a una semilla testigo se procedió a definir una estimación de los costos correspondientes al análisis de grasa, proteína y minerales de las semillas provenientes de diferentes localidades (Tabla 31).

La importancia de los costos de la investigación radica en la necesidad de realizar una planificación y control de las actividades del proyecto.

Tabla 31.

Estimación de costos del análisis bioquímico de la semilla de chía de dos localidades de la Sierra ecuatoriana y una muestra testigo

Tipo de análisis	Descripción	Método	Cantidad	Precio unitario	Costo total (\$)
Grasa	Análisis cuantitativo	Método Soxhlet	9	15,18	136,62
Proteínas	Análisis cuantitativo de proteínas	Método Kjeldahl	9	17,86	160,74

Ácidos grasos	Análisis cualitativo y cuantitativo de ácidos grasos	Cromatografía de gas-líquido	9	70	630
Minerales	Análisis cuantitativo de calcio y magnesio	Espectrometría de absorción atómica de llama	9	44,64	401,76
SUBTOTAL					1329,12
IVA 14%					186,08
TOTAL					1515,20

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Los resultados obtenidos reportaron que la semilla de chíá de la localidad de Colta posee 24,18 % de proteína, valor superior al obtenido de la semilla de Cotacachi y Testigo con un valor de 21,27 % y 22,30 % respectivamente. Por otro lado, la cantidad de grasa extraída fue de 36,33 % en la semilla de Colta, 35,80 % en la de Cotacachi y 36,13 % en la semilla Testigo. En cuanto a la cantidad de minerales totales, se determinó que la semilla de Colta presenta 4,95 % mientras que la muestra Testigo 4,94 % y la de Cotacachi 4,66 %.

La caracterización de ácidos grasos de la semilla de chíá analizada mediante cromatografía de gases, arrojó como resultados que el extracto etéreo obtenido de las semillas provenientes de las dos localidades y la semilla testigo presentaron un perfil similar. El número de ácidos grasos analizados fue de 37, de los cuales, la semilla de chíá contiene 22, siendo los más representativos el ácido linolénico y el ácido linoléico. La cantidad de ácido linolénico reportado en la semilla proveniente de Cotacachi fue de 66,05 %, la semilla Testigo con una cantidad de 62,73 % y Colta presentó un valor de 61,59 %, así mismo, la cantidad de ácido linoleico contenida en la semilla de Colta fue de 17,89 % siendo la muestra que mayor cantidad del mencionado ácido contiene, seguida por la semilla Testigo que posee 17,20 % y la muestra de Cotacachi con 16,6 %.

En la cuantificación de la fracción mineral se realizó el análisis de macro y micro minerales totales, los más representativos fueron Ca, Mg, K, P, Fe y Zn. En el caso del Ca los resultados obtenidos fueron: Cotacachi 0,62 %, Colta 0,58 %, y Testigo 0,56 %, el contenido de Mg en la semilla proveniente de Colta fue de 0,36 % siendo esta la localidad cuya semilla posee la mayor cantidad de este mineral, seguido por la muestra Testigo con 0,35 % y presentando la cantidad más baja figura Cotacachi con 0,28 %, en el caso del P, la semilla de Colta contiene 0,89 %, seguido de la

semilla Testigo con 0,86 % y Cotacachi con 0,76 %, el contenido de K en la muestra Testigo fue de 0,74 %, siendo la localidad cuya semilla posee mayor cantidad del mismo, seguido de Colta con 0,65 % y, con una cantidad menor la localidad de Cotacachi con 0,61 %, en cuanto al contenido de Fe, la semilla de Cotacachi presentó 93 ppm, la muestra Testigo 78,33 ppm y la semilla de Colta 72,33 ppm; finalmente, en el caso del Zn, los resultados obtenidos fueron de 71,67 ppm en la muestra Testigo, 56 ppm para Colta y 54,67 ppm para la semilla de Cotacachi.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede determinar que la semilla de chía es una fuente significativa de ácidos grasos esenciales para la dieta del ser humano, ya que en su composición presenta un alto contenido tanto de omega-3 como omega-6, los cuales desempeñan un papel esencial en cuanto a la prevención de enfermedades cardiovasculares y relacionadas con el sistema nervioso, así también, influyen en el crecimiento, desarrollo y adecuado funcionamiento del corazón, cerebro y otros sistemas.

6.2. Recomendaciones

Para el manejo adecuado de la semilla y sus diferentes fracciones, se recomienda acondicionar previamente las semillas de chía, sometiendo las mismas a temperaturas de congelación (- 29 °C) durante 24 horas, esto con el objetivo de facilitar el proceso de molienda dada la elevada cantidad de grasa y mucílago existente en la semilla, esto a su vez permite la obtención de harina de chía la cual se emplea inicialmente para los análisis de grasa, proteínas y minerales.

Las exactitudes de los valores obtenidos en cada uno de los análisis bioquímicos aplicados a la semilla de chía dependen del cumplimiento cabal de los métodos, parámetros, tiempos y temperaturas determinadas en cada uno de protocolos establecidos en los procedimientos de análisis de proteínas, grasas, cenizas y caracterización de la fracción grasa y mineral.

Se recomienda realizar un análisis de suelo de cada localidad para complementar la presente investigación. Dichos análisis, permitirán determinar la posible influencia sobre el perfil básico de la semilla, datos que corroborarían la diferencia de la concentración, de proteínas y minerales especialmente, encontrada en las diferentes semillas en estudio.

El cultivo de chíá en Ecuador puede representar un factor de desarrollo agrícola y socioeconómico, así mismo puede figurar como una alternativa saludable en la industria alimentaria y consumo en la dieta humana, por ser una fuente abundante de ácidos grasos esenciales y nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo y funcionamiento del organismo humano. Por tal razón se recomienda el incentivo en el cultivo de este pseudocereal.

REFERENCIAS

- Ayerza, R., & Coates, W. (2006). Chía redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas. Primera edición. Recuperado el 19 de febrero de 2017 de https://books.google.com.ec/books?id=CwL16F7ef7YC&pg=PR3&lpg=PR3&dq=ayerza+y+coates+chia&source=bl&ots=iIHfjX_y&sig=ZOTK6gV5ycz2o59qZrrHRel7MtY&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjilDA2PTTAhVCOyYKHUy4AwoQ6AEILjAB#v=onepage&q=ayerza%20y%20coates%20chia&f=false
- Ayerza, R., & Coates, W. (2011). *Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (Salvia hispanica L.)*. Industrial Crops and Products, 1368. doi:10.1016/j.indcrop.2010.12.007
- Ayerza, R., & Wayne, C. (2006). Chía redescubrimiento un olvidado alimento de los aztecas. Buenos Aires : 1. Recuperado el 20 de marzo de 2017 de <https://books.google.com.ec/books?id=CwL16F7ef7YC&pg=PR3&dq=Redescubriendo+un+olvidado+alimento+de+los+aztecas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj2qcvH9pXUAhXETSYKHTNQA1MQ6AEIIDA#v=onepage&q=Redescubriendo%20un%20olvidado%20alimento%20de%20los%20aztecas&f=false>
- Azcona, Á. (2013). Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid, 1-8. Recuperado el 6 de abril de 2017 de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf>
- Badui, S. (2013). Química de los alimentos. Cuarta edición. Recuperado el 2 de marzo de 2017 de <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>
- Bueno, M., Gonzalez, M., Quiroga, M., Severin, C., & Busilacchi, H. (2016). Caracterización de semillas blancas y negras de Salvia. Agromensajes, 1-7. Recuperado el 15 de abril de 2017 de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2016/11/1AM46.pdf>
- Calvo, M. (2011). Ácidos grasos. Milksci, 60. Recuperado el 6 de mayo de 2017 de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidograssos.html>

- Capitani, M. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (Salvia hispánica L.) aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Recuperado el 13 de marzo de 2017 de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26984/Documento_completo.%20Capitani%20\(SP\).pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26984/Documento_completo.%20Capitani%20(SP).pdf?sequence=1)
- Castro, M. (2012). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 128-136. Recuperado el 6 de febrero de 2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/339/33906605.pdf>
- Centro de Comercio Internacional. (2013). La semilla de salvia hispana o chía, otro superalimento. *Cultura Orgánica*, 22-36. Recuperado el 19 de abril de 2017 de <http://www.culturaorganica.com/html/articulo.php?ID=130>
- de la O Olán, M., Espitia, E., Villaseñor, H., Molina, J., & López, H. (2011). Efecto de diversas combinaciones alélicas (glu-1 y glu-3) sobre la distribución de gliadinas y gluteninas, y la estabilidad de las propiedades reológicas del trigo. *Interciencia*, 816-822. Recuperado el 5 de marzo de 2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/339/33921506004.pdf>
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., & Severin, C. (2008). Chía: Importante antioxidante vegetal. Recuperado el 15 de marzo de 2017 de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/3AM24.htm>
- FAO. (2006). Determinación del contenido de humedad. Recuperado el 17 de marzo de 2017 de <http://www.fao.org/docrep/006/AD232S/ad232s13.htm>
- GAD Cotacachi. (2016). Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Ana de Cotacachi. Recuperado el 3 de febrero de 2017 de <https://cotacachi.gob.ec/>
- Gálvez, A., Farrés, A., & Flores, I. (2013). Química de los alimentos. cuarta. Recuperado el 10 de mayo de 2017 de <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>
- Gerhardt, C. (2015). Análisis de nitrógeno - El método de Johan Kjeldahl. C. GERHARDT GMBH & CO, 50-60. Recuperado el 22 de marzo de 2017 de <http://www.gerhardt.de/fileadmin/Redaktion/downloads/Stickstoffanalyse>

_ -_Die_Methode_von_Johan_Kjeldahl_gekuerzt_f_Homepage-spa-ES.pdf

- Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Ana de Cotacachi. (2016). Recuperado el 7 febrero de 2017 de <https://cotacachi.gob.ec/>
- Gobierno Municipal de Colta. (2016). Recuperado el 7 febrero de 2017 de <http://www.municipiodecolta.gob.ec/>
- González, G. (2014). Principales limitaciones y restricciones a la comercialización de los productos de interés para el área del Sistema de Riego en Santa María, Catamarca Cultivos ancestrales: Semillas de amaranto y chia, y papa andina. Recuperado el 15 de marzo de 2017 de FAO:
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/valles_calchaquies/08.pdf
- Guadix, A., Guadix , E., Páez, D., González, T., & Camacho, F. (2008). Procesos tecnológicos y métodos de control. *Ars Pharmaceutica*, 79-89. Recuperado el 14 de abril de 2017 de http://www.ugr.es/~fcamacho/Originales/Trabajos%20Publicados/ARS_2000.pdf
- Guiotto, E. (2014). Aplicación de subproductos de chía (*Salvia hispánica* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) en alimentos. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de la Plata. Recuperado el 8 de mayo de 2017 de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34268/Documento_completo.pdf?sequence=3
- Gutiérrez , R., Ramírez, L., Vega, S., Fontecha, J., Rodríguez, L., & Escobar, A. (2014). Contenido de ácidos grasos en semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) cultivadas en cuatro estados de México. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 230. Recuperado el 9 de marzo de 2017 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962014000300008
- Hernández , J., & Salvador, M. (2008). Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 105-113. Recuperado el 18 de marzo de 2017 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61031203>

- Hidalgo, A., Brandolini, A., & Ratti, S. (2009). *Influence of genetic and environmental factors on selected nutritional traits of triticum monococcum*. Journal of Agricultural and food Chemistry, 6342-6348. doi:10.1021/jf901180q
- Hidalgo, A., Brandolini, A., & Ratti, S. (2009). *Influence of Genetic and Environmental Factors on Selected*. Agricultural and food chemistry, 57. doi:10.1021/jf901180q
- INIAP. (2016). Recuperado el 9 de abril de 2017 de www.iniap.gob.ec/web
- INIAP. (2015). Métodos de Análisis del laboratorio para Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria.
- Ixtaina, V. (2010). Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispánica L.*) obtenido mediante distintos procesos. (Tesis Doctoral). Recuperado el 10 de abril de 2017 de Universidad Nacional de la Plata.
- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista Chilena de Nutrición*, 155-160. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000200010>
- Kastenmayer, P. (2010). Análisis de minerales y elementos traza en alimentos. FAO, 20. Recuperado el 17 de abril de 2017 de <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S22.htm>
- Luque, V. (2009). Estructura y propiedades de las proteínas. Universidad de Valencia, 26. Recuperado el 25 de marzo de 2017 de http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf
- Morales, J., Valenzuela, R., González, D., González, M., Tapia, G., Sanhueza, J., & Valenzuela, A. (2012). Nuevas fuentes dietarias de ácido alfa-linolénico: una visión crítica. *Revista chilena de nutrición*, 79-87. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000300012>
- Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J., & Sirotkin, A. (2014). *Amino acids and fatty acids profile of chia (Salvia hispanica L.) and flax (Linum usitatissimum L.) seed*. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 72-76. doi:10.5219/332


- Olguín, L., & Rodríguez, H. (2010). Cromatografía de Gases . Universidad Nacional Autónoma de México, 1. Recuperado el 16 de mayo de 2017 de http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_gases.pdf
- Pérego, C., Cases, M., Bueno, M., Di Sapio, O., & Busilacchi, H. (2011). Caracterización de harinas de “chía” (*Salvia hispanica* L.). Dominguezia, 27. Recuperado el 23 de abril de 2017 de <http://www.dominguezia.org/volumen/articulos/2722.pdf>
- Proecuador. (2016). Boletín de inteligencia comercial de las oficinas. Recuperado el 11 de marzo de 2017 de <http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2016/03/Bolet%C3%A9n-de-Inteligencia-Comercial-Los%81ngeles-Mar-2014.pdf>
- Rovati, A., Escobar, E., & Prado, C. (2012). Particularidades de la semilla de chíá (*Salvia Hispánica* L.). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, 39. Recuperado el 25 de abril de 2017 de <http://www.eeaoc.org.ar/upload/publicaciones/archivos/269/20121114121551000000.pdf>
- Salazar, M., Rosado, G., Chel, L., Betancur, D., & Castellanos, A. (2009). Composición en ácidos grasos alfa linolénico en huevo y carne de aves emplenado chíá en el alimento. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, 209. Recuperado el 25 de marzo de 2017 de <http://www.redalyc.org/html/339/33911542012/>
- Segura, M., Ciau, N., Rosado, G., Chel, L., & Betancur, D. (2014). *Chemical and Functional Properties of Chia Seed (Salvia hispanica L.)* Gum. International Journal of Food Science, 10-18. doi:10.1155/2014/241053
- Tosco, G. (2014). Chíá (*Salvia Nativa*) la mayor fuente natural de omega 3. Naturalia, 56-64. Recuperado el 25 de marzo de 2017 de www.chiachile.cl/CHIA%20Estudio%20Giovanni%20Toscob%20cB.doc
- Vazquez, J., Rosado, J., Chel, L., & Betancur, D. (2010). Procesamiento en seco de harina de chíá (*Salvia hispanica* L.): caracterización química de fibra y proteína. Journal of Food, 117. doi:10.1080/19476330903223580

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de resultados de humedad, grasa, proteína y minerales de la semilla de chía proveniente de dos localidades y una testigo.

ANÁLISIS		HUMEDAD	E.E. ^P	PROTEÍNA ^P	Ca ^P	P ^P	Mg ^P	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.02	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	%	
17-0376	7.42	37.31	23.74	0.67	0.84	0.89	0.38	Chia Colla Muestra 1
17-0377	6.54	36.03	23.56	0.53	0.89	0.89	0.35	Chia Colla Muestra 2
17-0378	7.19	35.66	25.25	0.54	0.94	0.94	0.34	Chia Colla Muestra 3
17-0379	6.86	35.18	21.19	0.64	0.79	0.75	0.27	Chia Cotacachi Muestra 1
17-0380	6.74	35.70	21.37	0.65	0.75	0.74	0.30	Chia Cotacachi Muestra 2
17-0381	6.91	36.53	21.25	0.57	0.74	0.74	0.28	Chia Cotacachi Muestra 3
17-0382	6.51	36.32	22.53	0.54	0.87	0.87	0.34	Chia Testigo Muestra 1
17-0383	6.03	36.21	21.95	0.56	0.84	0.84	0.35	Chia Testigo Muestra 2
17-0384	6.08	35.86	22.43	0.59	0.86	0.86	0.36	Chia Testigo Muestra 3
ANÁLISIS		K ^O	Na ^O	Cu ^O	Fe ^O	Mn ^O	Zn ^O	
METODO	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	
METODO REF.	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
UNIDAD	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
17-0376	0.60	19	22	61	33	33	59	Chia Colla Muestra 1
17-0377	0.68	19	20	92	31	31	55	Chia Colla Muestra 2
17-0378	0.66	24	18	64	29	29	54	Chia Colla Muestra 3
17-0379	0.59	31	17	116	42	42	52	Chia Cotacachi Muestra 1
17-0380	0.68	22	16	94	40	40	62	Chia Cotacachi Muestra 2
17-0381	0.55	31	16	69	83	83	50	Chia Cotacachi Muestra 3
17-0382	0.74	37	23	83	65	65	75	Chia Testigo Muestra 1
17-0383	0.73	25	23	76	63	63	60	Chia Testigo Muestra 2
17-0384	0.74	21	21	76	64	64	80	Chia Testigo Muestra 3

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME: INIAP

 Dr. Iván Samaniego, MSc.
 RESPONSABLE TÉCNICO
 E. SAIA
 D.N.C.
 SANTA CATALINA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario, se le informa que cualquier uso no autorizado de esta información es estrictamente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique al emisor.

MC-LSAIA-2201-04



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, Cotacachi, 2690991-3007134, Fax 3007134
 Castilla postal 17-01-340



NOMBRE PETICIONARIO:
 DIRECCION:
 FECHA DE EMISION:
 FECHA DE ANALISIS:

Sra. Nicole Ruiz
 El Condado
 11/04/2017
 Del 13 de marzo al 10 de abril de 2017

INFORME DE ENSAYO No: 17-050
 INSTITUCION:
 ATENCION:
 FECHA DE RECEPCION:
 HORA DE RECEPCION:
 ANALISIS SOLICITADO

Particular
 Sra. Nicole Ruiz
 13/03/2017
 09H20
 Grasa, Proteína, minerales

Anexo 2. Hoja de resultados de ácidos grasos contenidos en la semilla de chíá provenientes de dos localidades y una testigo.

INC-LSAIA-2201-04



DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIOS DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur km 1 de Quito, Cutigliana. Tlf. 3007134
 Casilla Postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO 17-050

NOMBRE PETICIONARIO: Sra. Nicole Ruiz
 DIRECCIÓN: El Condado
 FECHA DE EMISIÓN: 11-04-17
 FECHA DE ANÁLISIS: Del 13 de marzo al 10 de abril de 2017

INSTITUCIÓN: Particular
 ATENCIÓN: Sra. Nicole Ruiz
 FECHA DE RECEPCIÓN: 13-03-17
 HORA DE RECEPCIÓN: 09H20
 ANÁLISIS SOLICITADO: Ácidos grasos

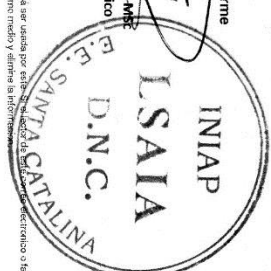
NOMBRE	SÍMBOLO	UNIDAD	METODO REF.	17-0376	17-0377	17-0378	17-0379	17-0380	17-0381	17-0382	17-0383	17-0384
Acido erúico	C18:1n7	%	AOAC 893.22	0.68	0.69	0.72	0.71	0.69	0.67	0.68	0.71	0.72
Acido oleico	C18:1n6	%	AOAC 893.22	6.24	6.17	5.79	6.05	5.43	5.36	5.69	5.71	5.47
Acido linoléico	C18:2n6	%	AOAC 893.22	0.04	0.05	0.04	0.03	0.07	0.05	0.04	0.05	0.04
Acido araquídico	C20:0	%	AOAC 893.22	17.79	17.98	17.94	16.76	16.48	15.77	15.86	16.53	16.91
Acido 7-linoléico	C18:3n6	%	AOAC 893.22	0.24	0.24	0.27	0.25	0.23	0.24	0.24	0.26	0.24
Acido 11-eicosenoico	C20:1	%	AOAC 893.22	0.10	0.10	0.09	0.13	0.09	0.15	0.10	0.09	0.08
Acido linolénico	C18:3n3	%	AOAC 893.22	61.64	61.54	62.24	62.12	65.51	66.24	66.45	66.28	65.85
Acido cis-11,14-eicosadienoico	C20:2	%	AOAC 893.22	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
Acido 11,14-eicosadienoico	C20:2	%	AOAC 893.22	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
Acido 11,14-eicosadienoico	C20:2	%	AOAC 893.22	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.08
Acido erúico	C22:1n9	%	AOAC 893.22	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Acido cis-11,14,17-tricosatrilenoico	C20:3n3	%	AOAC 893.22	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Acido tricosanoico	C23:0	%	AOAC 893.22	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Acido melítico-5,8,11,14-eicosatetraenoico	C20:4n6	%	AOAC 893.22	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Acido cis-13,16-decadienoico	C22:2	%	AOAC 893.22	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
Acido nervónico	C24:1	%	AOAC 893.22	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02

Los nuevos métodos con O ser reportar en base seca

Responsable del Informe


Dr. Ván Santallego-MB
 Responsable Técnico

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados serán válidos solo cuando se relacionen con el objeto de ensayo.
 NOTA DE PRECAUCIÓN: La información contenida en esta forma de ensayo es de carácter confidencial, cualquier divulgación de esta se encuentra estrictamente prohibida. Si usted ha recibido esta información por correo electrónico, por favor, confirme inmediatamente al remitente por correo electrónico o fax no se le garantiza el contenido de esta información.




Anexo 3. Hoja de resultados del contenido de cenizas de la semilla de chía de dos localidades y una testigo

MC-LSAIA-2201-04



INIAP

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, Culunguati, Tarma, 2890691-3007134, Fax: 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No.: 17-050


NOMBRE PETICIONARIO: Sra. Nicole Ruiz
DIRECCION: El Condado
FECHA DE EMISION: 26/04/2017
FECHA DE ANALISIS: Del 14 de marzo al 26 de abril de 2017

INSTITUCION: Particular
ATENCION: Sra. Nicole Ruiz
FECHA DE RECEPCION: 13/03/2017
HORA DE RECEPCION: 09H20
ANALISIS SOLICITADO: Proximal

ANALISIS	HUMEDAD	CENIZAS ^v	IDENTIFICACION
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	
17-0376	7.42	5.05	Chia Colla Muestra 1
17-0377	6.54	4.84	Chia Colla Muestra 2
17-0378	7.19	4.97	Chia Colla Muestra 3
17-0379	6.88	5.27	Chia Cotacachi Muestra 1
17-0380	6.74	3.52	Chia Cotacachi Muestra 2
17-0381	6.91	5.19	Chia Cotacachi Muestra 3
17-0382	6.51	5.15	Chia Testigo Muestra 1
17-0383	6.03	5.08	Chia Testigo Muestra 2
17-0384	6.08	4.60	Chia Testigo Muestra 3

Los ensayos marcados con **Ω** se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

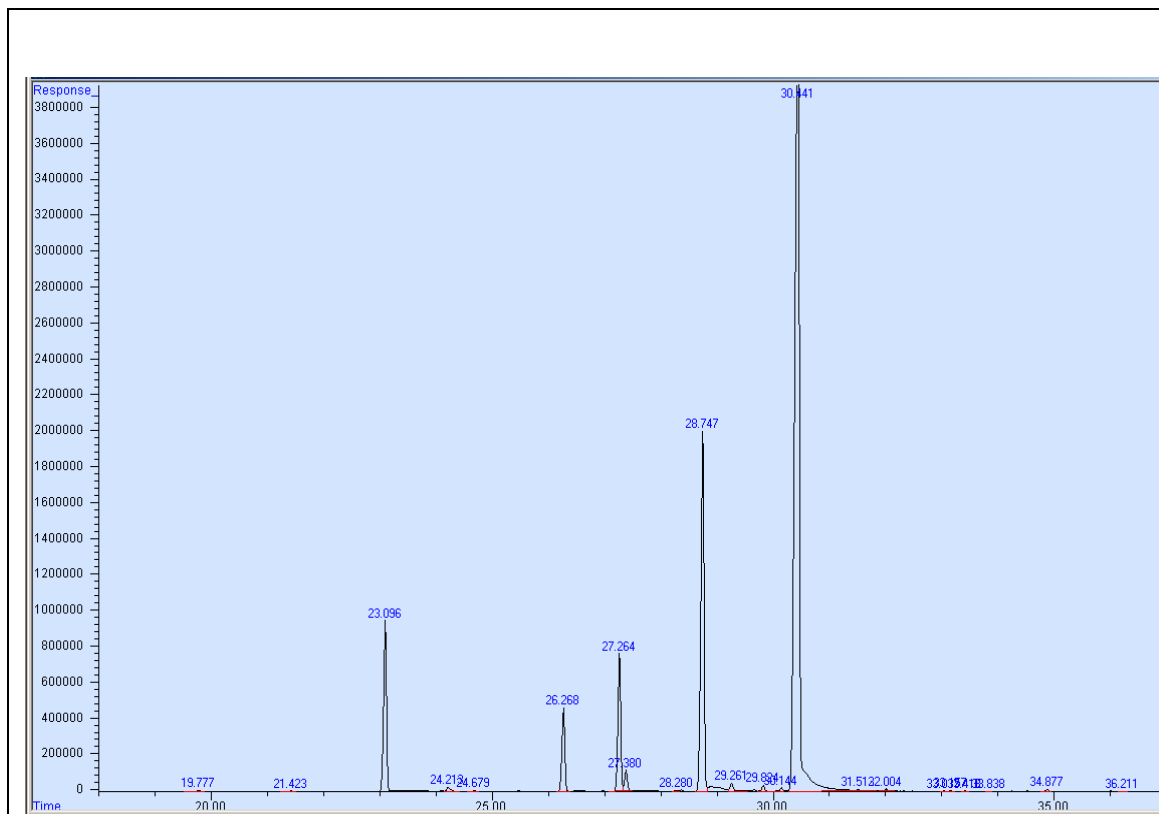
RESPONSABLES DEL INFORME



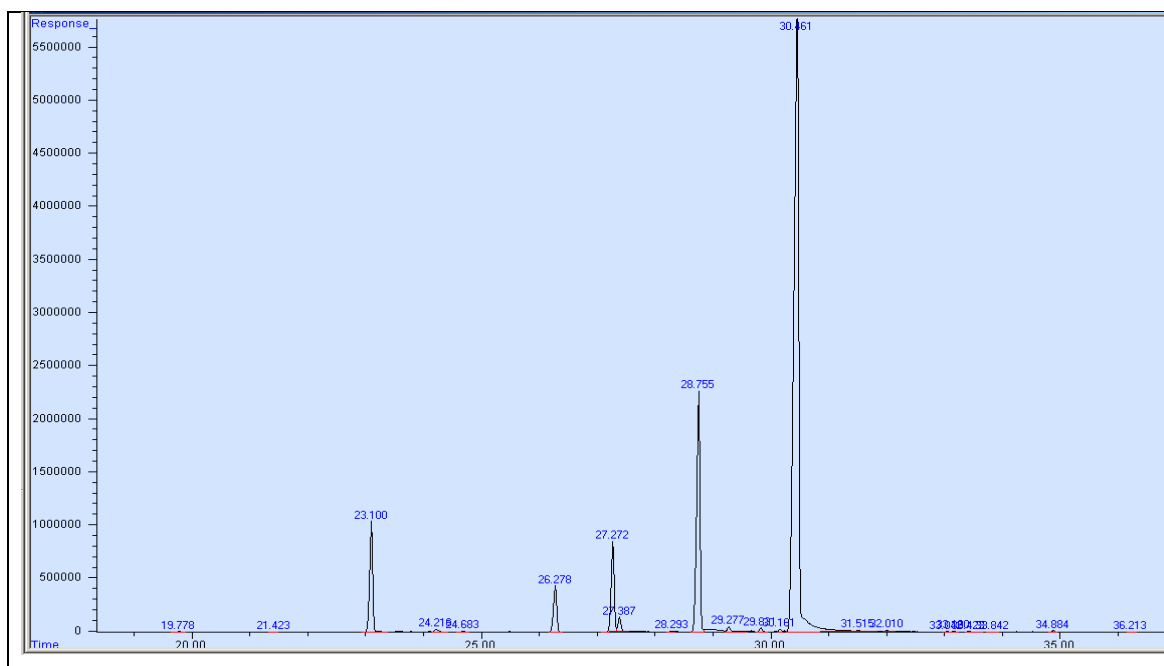
D. Ivan Samaniego, MSc.
 RESPONSABLE TECNICO
 E. P. D.N.C.

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

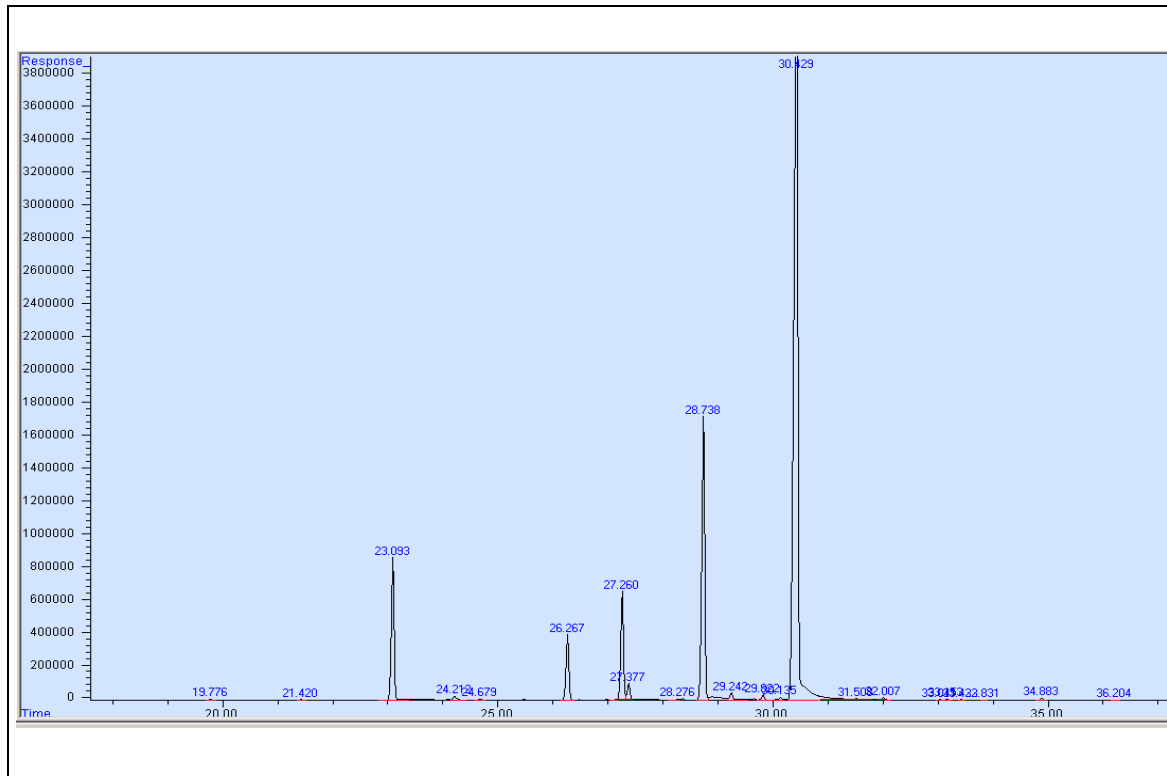
Anexo 4. Cromatograma de ácidos grasos de la semilla de la muestra de Colta



Anexo 5. Cromatograma de ácidos grasos de la semilla de la muestra de Cotacachi



Anexo 6. Cromatograma de ácidos grasos de la semilla de la muestra de Testigo



Anexo 7. Tabla de resultados de la semilla de Colta, Cotacachi y Testigo.

Localidad	Peso (g)	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (ppm)	K (%)	P (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Zn (ppm)
Colta R1	1,52	7,42	34,54	21,98	0,67	0,38	18,00	0,56	0,84	22,00	75	30,50	55,00
Colta R2	1,50	6,54	33,68	22,02	0,50	0,33	18,11	0,64	0,84	18,50	82	29,00	51,50
Colta R3	1,40	7,195	33,10	23,44	0,51	0,32	21,86	0,62	0,88	16,50	89	26,50	50,00
Cotacachi R1	1,26	6,865	32,77	19,74	0,60	0,26	28,57	0,55	0,74	15,50	108	39,00	48,50
Cotacachi R2	1,21	6,745	33,30	20,61	0,61	0,28	20,73	0,64	0,70	14,50	87,33	37,00	58,00
Cotacachi R3	1,31	6,91	34,01	19,79	0,53	0,27	28,86	0,52	0,69	14,50	94	38,50	47,00
Testigo R1	1,00	6,51	33,96	21,07	0,51	0,32	34,54	0,70	0,81	21,50	77	60,50	70,00
Testigo R2	1,03	6,03	34,03	20,63	0,53	0,33	23,37	0,69	0,79	21,50	78	59,00	56,50
Testigo R3	1,10	6,085	33,68	21,06	0,55	0,34	19,87	0,70	0,81	21,00	71,32	60,00	75,50

