



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EFFECTO DE TRES CONDICIONES DE EXTRACCIÓN EN LAS  
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL MUCÍLAGO DE CHÍA (*Salvia  
hispánica L.*)

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

Profesor Guía

Ms. Elsy Paola Carrillo Hinojosa

Autoras

Andrea Estefanía Arias Jaramillo  
Daniela Carolina Delgado Moreira

Año

2016

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con las 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”.

---

Elsy Paola Carrillo Hinojosa  
Magister en Alimentos y Nutrición  
CI.: 1708625403

### **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 de autor vigentes.”

---

Andrea Estefanía Arias Jaramillo

Cl.: 171638554-5

---

Daniela Carolina Delgado Moreira

Cl.: 171617203-4

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser mi guía para culminar de la mejor manera un logro más de mi vida. A mi compañera de tesis no solo por el esfuerzo y entrega, sino por todos los buenos momentos vividos y a todos los profesores que aportaron con su ayuda y conocimientos para culminar este proyecto con éxito.

Andrea y Daniela

## **DEDICATORIA**

A mi familia que me impulsó a seguir adelante sin rendirme ante las adversidades y lograr mis objetivos de la mejor manera.

A Tai por ser mi gran compañero de vida.

Daniela

## **DEDICATORIA**

A mi familia por su amor y apoyo incondicional, pero sobre todo por ser la razón para superarme cada día más.

A Francisco por su amor y confianza depositada en mí

Y a Lucas por su compañía y cariño en todo momento.

Andrea

## RESUMEN

La chía es una semilla de la cual se extrae un mucílago viscoso de potencial uso en la industria. Este estudio evaluó el efecto de los procesos de extracción en la densidad, consistencia, rendimiento y pH del mucílago de chía, determinó el método de extracción más efectivo y caracterizó el contenido de fibra dietaria, cenizas y humedad del mejor tratamiento. Tres factores variaron en el proceso de extracción del gel: La trituración de la chía para la extracción parcial de la grasa, la hidratación de la semilla en agua destilada a 25 y 80 °C y la adición ácido cítrico en dos concentraciones. Los tratamientos además se sometieron a centrifugación a 4500 rpm durante 120 minutos para separar la semilla y se liofilizaron como forma de deshidratación. Los datos obtenidos se determinaron por el diseño completamente al azar, utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y diferenciación de medias Tukey. El tratamiento en el que se hidrató la semilla a 25°C, tuvo 0% de ácido cítrico y las semillas estaban enteras, presentó la mayor consistencia. El tratamiento al que se aplicó 80°C, 0,5% de ácido cítrico y con semilla triturada y parcialmente desengrasada, fue el que presentó mayor rendimiento. El tratamiento que se realizó a 80°C, tuvo 0% de ácido cítrico y con semilla entera, fue el que más influyó en la densidad del mucílago. El tratamiento que se realizó a 25°C, 0% de ácido cítrico y con semilla entera fue el que tuvo un menor efecto en el pH. Finalmente, se determinó que el incremento de la temperatura, ejerce un efecto negativo en el rendimiento y consistencia, afectando la calidad del gel. Los medios ácidos de las soluciones aumentaron el rendimiento pero redujeron la consistencia del mucílago. Los procesos de agitación y centrifugación, posiblemente desestabilizaron la estructura molecular, lo que pudo ser la causa de la disminución de la consistencia. Finalmente la separación de la semilla demanda altos costos, por lo que es mejor mantenerla en la solución y de este modo incluirla en formulaciones. Es recomendable comercializar la semilla triturada o harina de chía para aprovechar la mayoría de los nutrientes.

## ABSTRACT

Chia (*Salvia hispanica*) is a seed with viscous mucilage that can be extracted and used in the industry. This study evaluated the effect of the extraction process on the chia mucilage density, consistency, yield and pH. Also the research determined the most effective methodology for extraction and characterized dietary fiber, ash and moisture content in mucilage from chia seed. Three factors varied in the gel extraction process: the seed that was ground for a partial extraction of the fat (23%), it was hydrated in distilled water at 25 and 80 °C; and also was added citric acid in two concentrations. The treatments were centrifuged at 4500 rpm during 120 minutes to separate the seed. Finally the extracts were lyophilized as a dehydration process. We used a completely randomized experimental design for the eight treatments, applied an analysis of variance (ANOVA) and used mean separation Tukey test. The treatment extracted at 25°C, had 0% of citric acid and whole seed, presented the highest consistency values (17,47 mPas). The treatment extracted at 80°C, had 0,5% of citric acid and partly defatted seed, presented the highest yield values (17,13%). The treatment extracted at 80°C, had 0% of citric acid and whole seed, had the greatest effect on density (1,06 g/mL). The lowest effect on the pH was logically presented with the treatment with no citric acid, 25°C, and whole seed. Finally it was determined that the increase of temperature causes a negative effect in yield and consistency, affecting the quality of the gel. The acidic environment increased the yield but decreased the consistency of mucilage. The agitation and centrifugation processes possibly destabilized the molecular structure, which might be the cause of the decrease in the consistency. The mucilage extraction from chia seed demands high costs, so it would be better to keep the seed with the mucilage to include it in product formulations. We recommend to commercialize ground seed or chia flour to take advantage of the mucilage properties.

# ÍNDICE

Introducción .....	1
1.Capítulo I. Marco teórico .....	4
1.1. Características botánicas y taxonómicas de la chía.....	4
1.2. Hidrocoloides de la Chía .....	6
1.3. Otros componentes de la semilla de chía .....	11
1.4. Usos industriales de la semilla de chía.....	15
2.Capítulo II. Materiales Y Métodos.....	17
2.1. Localización.....	17
2.2. Materiales .....	17
2.3. Métodos de extracción.....	18
2.3.1. Factores en la extracción de mucílago de chía .....	22
2.3.2. Diseño Experimental .....	23
2.3.3. Medición de variables dependientes .....	23
2.3.4. Caracterización bromatológica del mucílago de chía .....	25
3.Capítulo III. Resultados y Discusión .....	27
3.1. Efecto de la extracción sobre las propiedades físico-químicas .....	27
3.1.1. Densidad del mucílago hidratado .....	27
3.1.2. Consistencia del mucílago hidratado.....	31
3.1.3. Rendimiento del mucílago hidratado .....	39
3.1.4. Efecto en el pH del mucílago hidratado.....	44
3.2. Caracterización bromatológica del mucílago extraído de la chía .....	49
3.2.1. Humedad.....	49
3.2.2. Cenizas .....	50
3.2.3. Fibra dietaria .....	50
3.3. Análisis económico .....	52

4. Capítulo IV. Conclusiones y Recomendaciones .....	55
4.1. Conclusiones.....	55
4.2. Recomendaciones .....	56
REFERENCIAS .....	58
ANEXOS .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de nutrientes por cada 100 g de diversos granos de interés.....	12
Tabla 2. Composición porcentual de ácidos grasos esenciales presentes en diversas fuentes.....	12
Tabla 3. Composición porcentual de proteínas de diversas fuentes vegetales .....	13
Tabla 4. Composición de vitamina B en diversos granos.....	14
Tabla 5. Composición de minerales en alimentos .....	14
Tabla 6. Descripción de los factores evaluados en el estudio .....	22
Tabla 7. Descripción de los tratamientos realizados en el estudio. ....	22
Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad del mucílago de chíá con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamiento de la semilla. 2015. n=24.....	27
Tabla 9. Análisis de la prueba de Tukey de la densidad del mucílago de chíá con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamiento de la semilla 2015. n= 24.....	28
Tabla 10. Análisis de varianza de la densidad del mucílago de chíá obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24. ....	30
Tabla 11. Análisis de la prueba de Tukey de la densidad del mucílago de chíá obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.....	30
Tabla 12. Análisis de varianza de la consistencia del mucílago de chíá con semilla, evaluado a diferentes temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.....	31
Tabla 13. Análisis de la prueba de Tukey de la consistencia del mucílago de chíá con semilla, evaluado a varias	

temperaturas, acidez y acondicionamiento de la semilla. 2015. n=24. ....	32
Tabla 14. Análisis de varianza de la consistencia del mucílago de chía después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24. ....	34
Tabla 15. Análisis de la prueba de Tukey de la consistencia del mucílago de chía después del proceso de extracción, evaluado a diferentes temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24. ....	35
Tabla 16. Consistencia referencial del mucílago con semilla y mucílago puro a concentración 1:80. ....	38
Tabla 17. Análisis de varianza del rendimiento del mucílago de chía con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24. ....	39
Tabla 18. Análisis de la prueba de Tukey del rendimiento del mucílago de chía con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n= 24. ....	40
Tabla 19. Análisis de varianza del rendimiento del mucílago de chía después del proceso de extracción, evaluado a diferentes temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24. ....	41
Tabla 20. Análisis de la prueba de Tukey del rendimiento del mucílago de chía después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24 ....	42
Tabla 21. Análisis de varianza del pH del mucílago de chía con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24 ....	44
Tabla 22. Análisis de la prueba Tukey del pH del mucílago de chía obtenido después del proceso de extracción, evaluado a	

varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24 .....	45
Tabla 23. Análisis de varianza del pH del mucílago de chía obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24 .....	47
Tabla 24. Análisis de la prueba Tukey del pH del mucílago de chía obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24 .....	48
Tabla 25. Porcentaje de humedad de distintos agentes gelificantes.....	49
Tabla 26. Porcentaje de cenizas de distintos agentes gelificantes.....	50
Tabla 27. Porcentaje de fibra dietaria presente en el mucílago de chía con semilla.....	51
Tabla 28. Contenido de fibra dietaria en distintos tipos de alimentos.....	52
Tabla 29. Costos de hidratación de 360 g de solución de semilla de chía en agua destilada. ....	52
Tabla 30. Costos de extracción del mucílago de chía .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura interna de la semilla de chía. ....	6
Figura 2. Clasificación de los hidrocoloides por su origen.....	7
Figura 3. Corte longitudinal de la semilla: (A) Pericarpio, (B) Testa, (C) Endosperma, (D) Mucílago.....	8
Figura 4. Exudación del mucílago de chía. (A) Mucílago, (B) Semilla de chía.....	9
Figura 5. Estructura química del mucílago de chía .....	9
Figura 6. Clasificación de los polímeros según su carga. ....	11
Figura 7. Proceso de extracción de mucílago de chía reducida en grasa .....	18
Figura 8. Proceso de extracción de mucílago de chía.....	19

## INTRODUCCIÓN

La chía (*Salvia hispánica L.*) es una de planta que pertenece a la familia de la menta, *Lamiaceae*. Es un cultivo nativo de Mesoamérica, especialmente del centro-sur de México y Guatemala, que cuenta con una amplia historia en el campo de la agricultura (Cahill, 2003). La chía fue cultivada por las civilizaciones aztecas en tiempos precolombinos, convirtiéndose así en uno de los componentes principales en su dieta, tal como el amaranto, maíz y fréjoles (Rodríguez, 1992). Debido a su alto contenido nutricional, la chía era considerada un alimento básico para los nativos de las Américas (Rodríguez, 1992; Sahagún, Bustamante y Guerra, 1829).

La chía fue una materia prima utilizada para la obtención de alimentos, medicinas y pinturas. La semilla pasaba por un proceso de tostado e hidratación para consumirse como una masa blanda, también se mezclaba con harina y se horneaba. Para la elaboración de pinturas se utilizaba el aceite extraído de la semilla, mientras que el mucílago, se usaba con fines cosméticos y medicinales, aplicados a curación de heridas (Sahagún et al., 1829). Durante muchos años, fue únicamente comercializada en zonas mexicanas, sin embargo, para el año 1965, la chía empezó a tener importancia en mercados dietéticos de Arizona y California. A finales de 1980, se comercializaba como alimento para mascotas (Ayerza y Coates, 2006). La chía se comercializa en países como Argentina, Chile, Estados Unidos, Bolivia, Canadá, ciertos países de Europa, Asia y Australia; con productos como galletas, pastas, aceite, harina, barras energéticas y cereales. En países como Argentina, México y Chile se realizan investigaciones sobre el mucílago de chía y sus usos a nivel industrial, (Gómez y Nader-Macias, 2012; Puig, 2012).

En Ecuador las principales provincias productoras son, Imbabura, Loja, Pichincha y Esmeraldas; sin embargo, no se cuenta con cifras estadísticas sobre el total de hectáreas cultivadas en el país (Arroyo, 2011). A pesar de no contar con cifras estadísticas de la producción, la demanda de este producto ha tenido un crecimiento significativo, como prueba de esto, para este estudio se observaron 4 marcas de productos empacados en los distintos supermercados

de la ciudad de Quito. Debido a que se ha dado a conocer las propiedades de esta semilla, las industrias podrían incrementar el uso de esta materia prima para la elaboración de subproductos que satisfagan las necesidades del mercado.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) catalogó a la chía como una semilla con un alto potencial para producir goma, debido a que posee muy buenas propiedades de carácter mucilaginoso, a concentraciones bajas en contacto con el agua (FAO, 1996; San Juan, Rendón, Solorza, y Flores, 2013). Esto se ha corroborado con estudios realizados en países como Argentina, sin embargo, en el Ecuador no existe un estudio que permita aprovechar estas características descritas por la FAO, razón por la cual se realizó este proyecto.

El presente estudio, pretende determinar las condiciones óptimas de extracción del mucílago de la chía (*Salvia hispánica L.*) y su impacto en la calidad y cantidad de producto obtenido. Los procedimientos se llevaron a cabo en la provincia de Pichincha, zona en la cual se encuentran ubicados los laboratorios de análisis de la Universidad de las Américas, mismos que cuentan con infraestructura a escala de laboratorio para la ejecución de este proyecto. Con el fin de cumplir con lo anteriormente mencionado, se evaluó el efecto de estos tres factores, temperatura, acidez y acondicionamiento de la semilla en las variables de importancia para este estudio, densidad, consistencia, rendimiento y pH. Esto permitió conocer cuál es el procedimiento más adecuado para la extracción del mucílago de chía. Posteriormente, se realizó una caracterización bromatológica al tratamiento que presentó mayor consistencia, para conocer la influencia de los procesos aplicados.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de los procesos de extracción en las propiedades físico-químicas del mucilago de chía (*Salvia hispánica L.*)

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de la acidez, temperatura y acondicionamiento de la semilla utilizadas en el proceso de extracción del mucílago de chía en las características de textura y rendimiento del mucílago.
- Establecer el método de extracción del mucílago de chía más efectivo en cuanto a consistencia y rendimiento.
- Caracterizar el mucílago de chía después de la extracción y proponer su uso potencial en la industria.

## 1. Capítulo I. Marco teórico

### 1.1. Características botánicas y taxonómicas de la chía.

La chía es una planta que pertenece a la familia *Lamiaceae*, género *Salvia* y especie *hispanica* (Muñoz, 2012). Es de tipo herbácea anual, puede llegar a medir de 1 a 1,5 metros de altura. Los tallos son ramificados, las hojas son de un color verde intenso, tienen una longitud de 8 a 10 cm y su ancho varía de 4 a 6 cm. Las flores, presentan ambos verticilos es decir, son hermafroditas; las tonalidades pueden presentarse en tonos blancos, celestes y violetas (Ayerza y Coates, 2006). El fruto que proviene de cada flor es un esquizocarpo que en la etapa de maduración produce de 1 a 4 mericarpos denominados núculas que contienen una única semilla (Ayerza y Coates, 2006; Capitani, 2013; Di Sapiro, Bueno, Busilacchi, Quiroga, y Severin, 2012).

La semilla tiene forma ovalada y lisa, es pequeña por lo que sus medidas están entre 2 a 2,5 mm de largo, de 1,2 a 1,5 mm de ancho y 0,8 a 1mm de grosor. No tiene un color específico que la caracterice, sus tonalidades varían entre café oscuro a negro como también pueden ser grises o blancas (Muñoz, 2012). Las semillas de un color pardo grisáceo con manchas de color castaño oscuro se presentan en un mayor porcentaje que las semillas blancas (Di Sapiro et al., 2012). La semilla blanca es superior en cuanto a peso, anchura y grosor (Ixtaina, Nolasco, y Tomás, 2008).

El cultivo de chía puede adaptarse a condiciones tropicales y subtropicales, sin embargo, es muy difícil para tolerar las heladas. Para un correcto desarrollo es necesario la aplicación de nutrientes esenciales para la planta así como los niveles de humedad especialmente en la etapa de germinación. En cuanto al tipo de suelo, la planta presenta un mejor crecimiento en suelos arenosos-limosos como también en arcillosos- limoso con buen drenaje (Zavalía et al., 2010).

Los primeros 45 días de su desarrollo son críticos debido a que el crecimiento de esta planta es lento durante este período y corre el riesgo de perder luz,

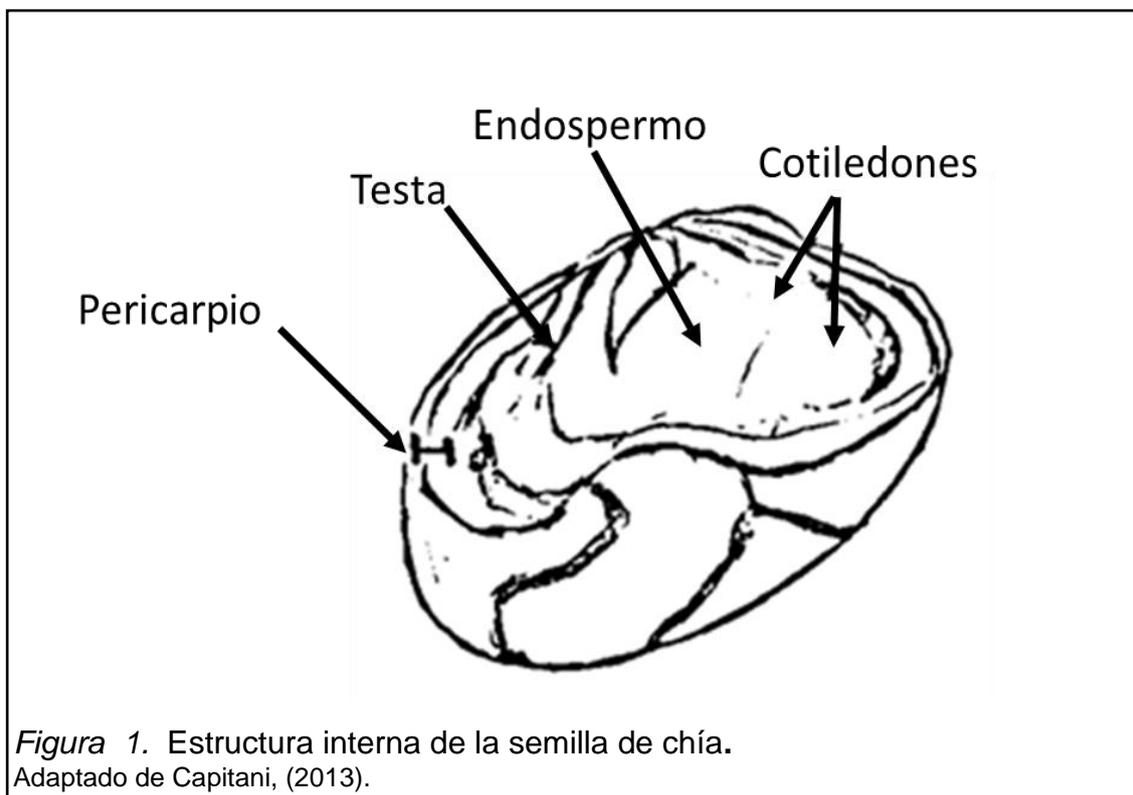
nutrientes y agua debido a la competencia con las malezas (Zavalía et al., 2010).

Las condiciones agronómicas necesarias para el cultivo de chíá son varias: la profundidad de siembra no debe exceder los 10mm, el terreno debe contar con surcos para poder colocar las semillas a chorro continuo con una distancia de 70 a 80cm. La densidad de siembra es de 6 a 8kg/ha (Ayerza y Coates, 2006).

La maduración de la semilla de chíá se presenta a los 120 días de su siembra. Un indicador de que ha comenzado esta etapa en la planta es el color café a nivel de las espigas. Así mismo, la semilla debe haber germinado por lo menos en un 80% (Ayerza y Coates, 2006).

Es un cultivo que se puede adaptar fácilmente en este país, lo que permitiría contar con producción suficiente para la realización de investigaciones acerca de esta semilla dentro del Ecuador.

Cada núcula cuenta con una semilla verdadera, la cual está compuesta por una cubierta mejor conocida como testa con un grosor de  $13 \pm 0,41 \mu\text{m}$ , conformada por tres capas, de las cuales la capa externa presumiblemente contiene células mucilaginosas que poseen mucílago. Se encuentra después el endospermo y un embrión formado por dos cotiledones. Finalmente a la núcula la rodeada el pericarpio, cuya estructura está conformada por una cutícula, mesocarpio, exocarpio, capa de esclereidas y endocarpio, como se observa en la Figura 1. Cabe recalcar que las células tanto del exocarpio como del mesocarpio son de tipo parenquimáticas (Capitani, 2013; Ixtaina, 2010).



Dentro de las capas de la semilla de chía, se encuentran polisacáridos de reserva, los cuales dan lugar a la formación de gomas. Las semillas que tienen la capacidad de exudar hidrocoloides, son procedentes de plantas con ciclo anual, por ejemplo *Cyamopsis tetragonoloba* (Guar) y *Ceratonia siliqua* (Garrofin). La diferencia radica en la cantidad de goma que se puede obtener de ellas, es por esto que solo algunas plantas logran producir suficiente cantidad de hidrocoloides (Capitani, 2013; Phillips y Williams, 2009).

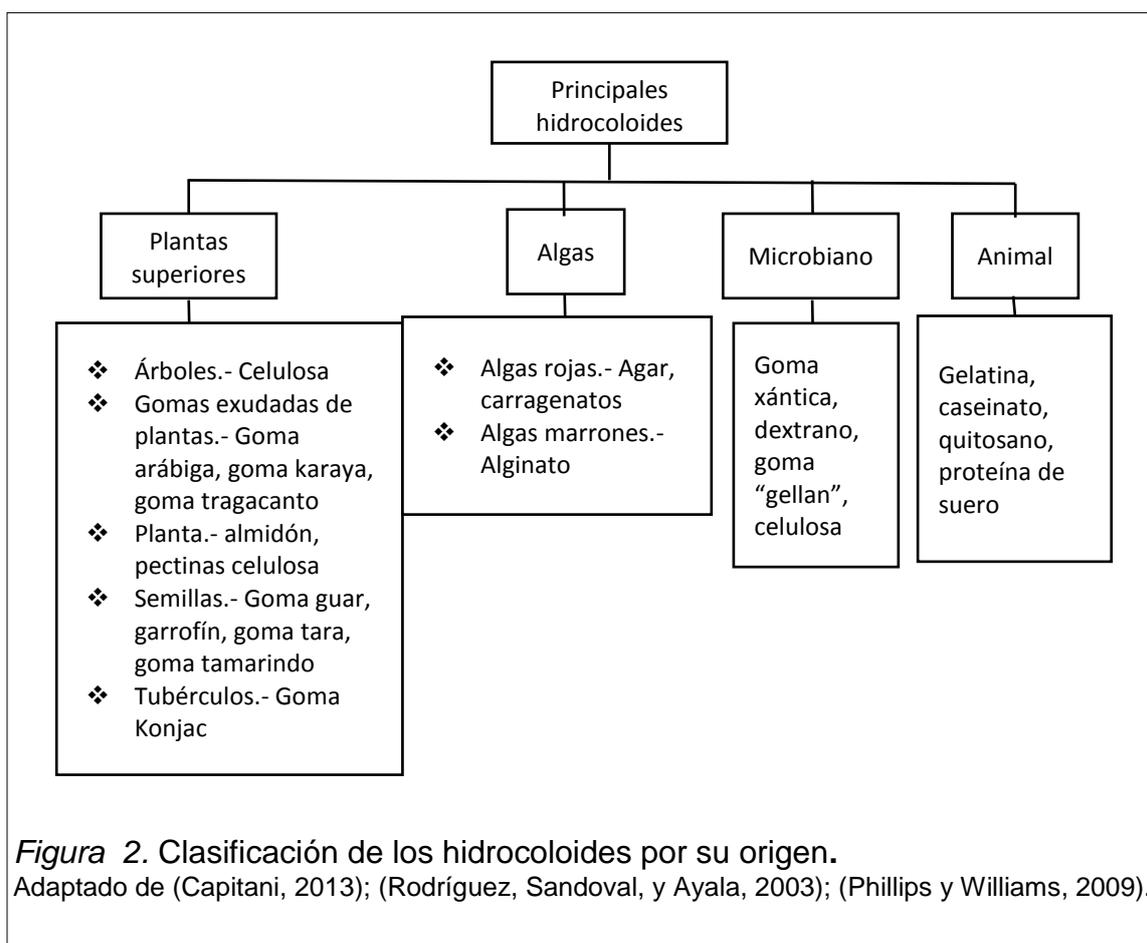
## 1.2. Hidrocoloides de la Chía

Los hidrocoloides son biopolímeros de origen vegetal, con una estructura similar a una red continua tridimensional de moléculas o partículas conectadas entre sí por puentes de hidrógeno, enlaces iónicos o covalentes y asociaciones hidrófobas, que atrapan grandes cantidades de líquido. Las estructuras hidrocoloides son solubles en agua en la que se dispersan dando lugar a la formación de soluciones de tipo coloidal. Gracias a sus propiedades espesantes, estabilizantes, gelificantes, encapsulantes, texturizante y de

formación de películas comestibles, se ha empleado como un ingrediente para formulaciones de productos en distintas industrias (Capitani, 2013; Capitani et al., 2015; Damodaran, Parkin, y Fennema, 2008; Phillips y Williams, 2009).

Entre el 10- 15 % de los hidrocoloides más utilizados comercialmente, provienen de las plantas. El lino, membrillo, entre otras, son un ejemplo de este tipo de sustancias, así también es la goma guar, a la cual se la comenzó a emplear con fines comerciales desde 1940, convirtiéndose así en una de las gomas más utilizadas del mercado (Capitani, 2013; Rodríguez, Sandoval, y Ayala, 2003; Phillips y Williams, 2009).

Los hidrocoloides se clasifican en tres categorías generales principalmente: naturales, semisintéticos y sintéticos (Figura 2). Dentro de esta clasificación hay ciertos hidrocoloides con mayor importancia por su utilización en el mercado (Capitani, 2013; Rodríguez et al., 2003; Phillips y Williams, 2009).



**Figura 2.** Clasificación de los hidrocoloides por su origen.

Adaptado de (Capitani, 2013); (Rodríguez, Sandoval, y Ayala, 2003); (Phillips y Williams, 2009).

Dentro de los hidrocoloides se encuentran los mucílagos, que según Mataix, (2009), son polisacáridos diferentes, con muchas ramificaciones de azúcares neutros y ácidos urónicos, mismos que pueden ser acetilados o metilados. Estos se encuentran en las células de los tejidos vegetales, como almacenamiento de hidrocarburos y agua. Están formados por macromoléculas de polímeros complejos con muchas ramificaciones, lo que permite diversificar la fluidez o forma de una solución. Existen plantas de las cuales se ha extraído el mucílago, como son el nopal, el cacao y la mostaza (Gallardo, Pazmiño, y Enríquez, 2013; Guiotto, 2014; Mataix, 2009).

Cuando se hidrata la semilla de chía, se forma una capa transparente a su alrededor que se conoce como mucílago, como se observa en las figuras 3 y 4. Según Muñoz (2012), para una total extracción es necesario que el proceso de hidratación tenga una duración de por lo menos 2 horas (Ávila de la Roda, Alvarez-Ramirez, Carter-Vernon, Carrillo-Navas, y Pérez-Alonso, 2015; Bautista et al., 2005; Capitani, 2013; Lin, James, y Whistler, 1994; Muñoz, 2012).

El mucílago de chía forma parte de las tres capas externas que recubren la semilla (San Juan et al., 2013). Al momento de hidratar las núculas, el epicarpio se engrosa, por lo que la cutícula se quiebra debido a la falta de elasticidad y las células que se encuentran dentro comienzan a producir mucílago, el cual se extiende a lo largo de la superficie del fruto (Figura 3 y 4) (Capitani, 2013).





La estructura del mucílago formado, es básicamente un tetrasacárido con una cadena principal de unidades de (1-4)- $\beta$ -D-xilopiranosil-(1-4)- $\alpha$ -D-glucopiranosil-(1-4)- $\beta$ -D-xilopiranosil con ramificaciones de 4-O-metil- $\alpha$ -D-ácido glucurónico en la posición O-2 de  $\beta$ -D-xilopiranosil de la cadena principal y la relación de los monosacáridos  $\beta$ -D-xilosa,  $\alpha$ -D-glucosa y ácido 4-O-metil- $\alpha$ -D-ácido glucurónico es de 2:1:1, como se observa en la figura 5. Tiene un alto peso molecular, cuyo valor se encuentra entre 0,8 a  $2 \times 10^6$  daltons (Ávila de la Roda et al., 2015; Capitani, 2013; Lin et al., 1994; Muñoz, 2012).

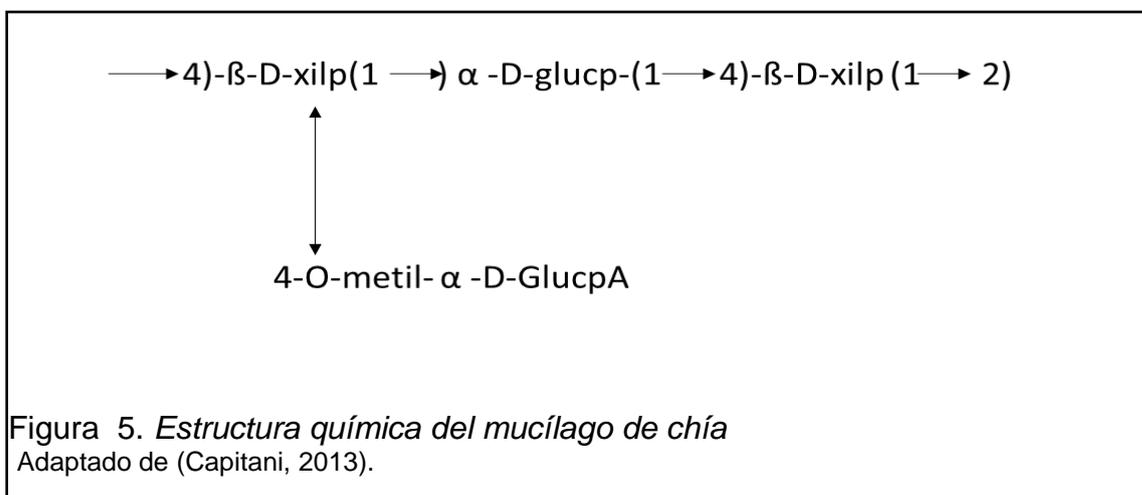
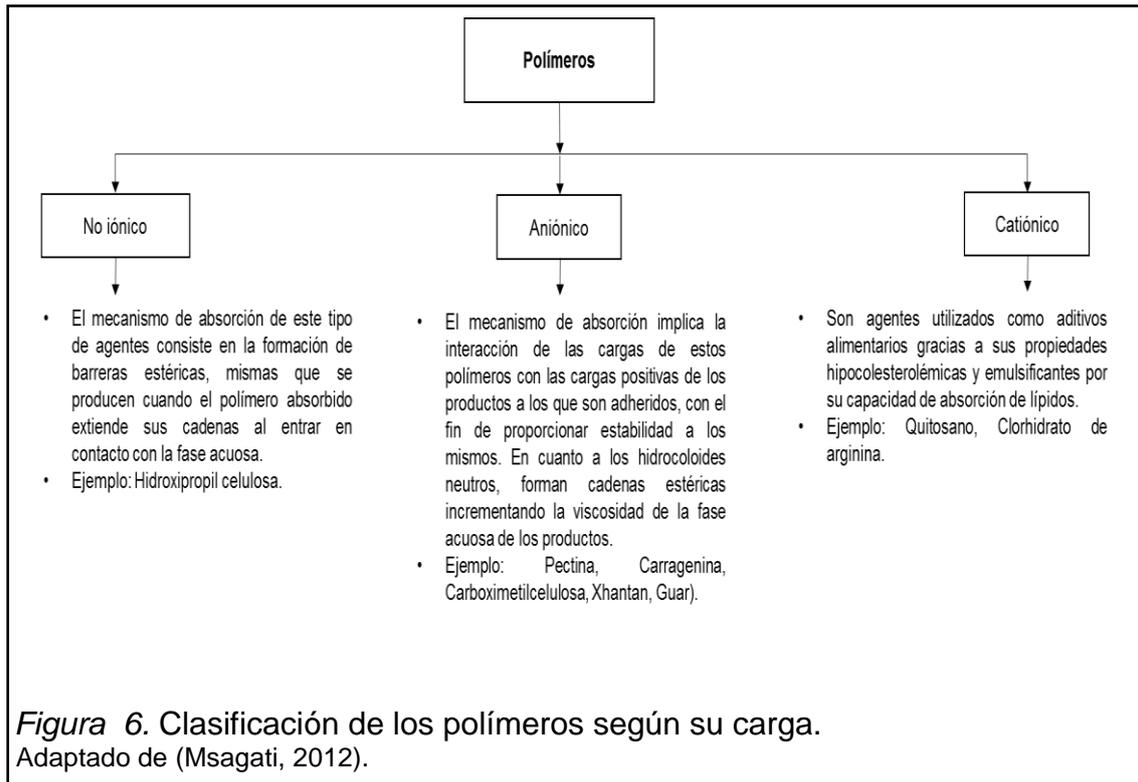


Figura 5. Estructura química del mucílago de chía  
Adaptado de (Capitani, 2013).

El mucílago de chía presenta una solubilidad alta al entrar en contacto con el agua. Consecuencia de esta característica la viscosidad es elevada, provocando ciertos efectos beneficiosos en el metabolismo en relación a otras gomas menos viscosas, como por ejemplo la goma guar. Sin embargo, no posee un valor de viscosidad constante por ser considerado un fluido no newtoniano (Capitani, 2013). Investigaciones realizadas por Scheer (2000), revelan que el proceso experimental de exudación del mucílago puede ocurrir de igual manera dentro del estómago, al momento de consumir alimentos que contienen este tipo de gomas o alto porcentaje de fibra soluble. Formándose una barrera entre los carbohidratos y las enzimas digestivas que impide la conversión en azúcares y provoca una sensación de saciedad, alivio estomacal y aumento en el tiempo de vaciado gástrico (Coorey, Tjoe, y Jayasena, 2014; Lin et al., 1994; Mascarua, Almada, Flores, Muñoz, y Ramirez, 2008; Mhinzi y Mrosso, 1994; Muñoz, 2012; Rubio, 2002).

La mayor parte de los hidrocoloides son reconocidos por sus propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes, características que los hacen ingredientes de vital importancia en la formulación de productos industriales, para mejorar la calidad de los mismos. Estos agentes se clasifican principalmente en polímeros de carbohidratos y proteínas. Sin embargo, en este caso el mucílago de chía es un polímero, como ya se mencionó y la clasificación para este tipo de estructuras está dada por sus cargas, como se aprecia en la figura 6 (Msagati, 2012).



De acuerdo a la clasificación presentada, se podría decir que el mucílago de chíá es un polímero aniónico (Capitani, 2013)

### 1.3. Otros componentes de la semilla de chíá

La semilla de chíá es reconocida debido a su alto contenido de grasas, proteínas y fibra, en relación a cereales como avena, cebada, maíz y trigo, valores que se muestran en la Tabla 1 (Capitani, 2013; Guiotto, 2014; Ixtaina, 2010).

**Tabla 1. Porcentaje de nutrientes por cada 100 g de diversos granos de interés.**

Grano	Carbohidratos	Lípido	Proteína	Fibra
		%		
Chía	9-41	30-35	19-23	18-30
Avena	66,3	6,9	16,9	10,6
Cebada	73,5	2,3	12,5	17,3
Trigo	71,1	2,5	13,7	12,2
Maíz	74,3	4,7	9,4	3,3

Adaptado de (Capitani, 2013), (Guiotto, 2014), (Ixtaina, 2010).

El contenido promedio de aceites es del 33% del peso de la semilla, es una fuente importante de ácidos grasos esenciales, en comparación con el lino, algas y el pez “Menhaden”, como se puede apreciar en la Tabla 2.

**Tabla 2. Composición porcentual de ácidos grasos esenciales presentes en diversas fuentes.**

Aceite	Ácidos grasos (% del total de ácidos grasos)		
	Oleico	Linoleico	α Linolénico
Pez "Menhaden"	14,5	2,1	1,5
Algas	5,4	2,3	1,7
Lino	19,5	15	57,5
Chía	6,6	19	63,8

Adaptado de (Capitani, M. 2013), (Guiotto, 2014), (Ixtaina, 2010).

El contenido proteico de la semilla de chía (15- 25%) es superior al de algunos cereales tradicionales como el maíz, trigo, avena y cebada. Sin embargo al compararla con el chocho y la soya, que son semillas leguminosas, se evidencia que el contenido es menor, (Tabla 3). La semilla es una fuente de aminoácidos esenciales tales como: lisina (0,97g/100g), metionina (0,588g/100g) y cistina (0,407g/100g) (Muñoz, 2012).

**Tabla 3. Composición porcentual de proteínas de diversas fuentes vegetales**

<b>Grano</b>	<b>Proteína</b>
	% /100g
Maíz	9,42
Trigo	13,68
Avena	16,89
Cebada	12,48
Chía	20,7
Chocho	54,05
Soya	36,5

Adaptada de (Ayerza y Coates, 2006), (Muñoz, 2012), (Ridner, 2006), (Villacrés, Rubio, Egas y Segovia, 2006).

La semilla de chía al igual que otras semillas posee carbohidratos los cuales se presentan en su mayoría como fibra dietaria soluble e insoluble (Alimentos Argentinos, 2015). La fibra está presente en un 30 al 40 % en la semilla, del cual 5% corresponde a fibra soluble conocida como mucílago (Muñoz, 2012).

Se conoce que la chía tiene un alto contenido de vitaminas del grupo B en relación a otros cereales, tiamina (B1), riboflavina (B2) y especialmente niacina (B3), como se observa en la Tabla 4. Otros alimentos presentan también un alto contenido de vitaminas como es el caso de tiamina en la soya (0,85 mg/100g), de riboflavina en la almendra (0,67mg/100g) y de niacina en el arroz blanco (3,8mg/100g) son superiores al presente en la chía. Es también una fuente de vitamina C 1,6 mg, vitamina E 0,5 mg, vitamina A 54 IU (Unidades Internacionales) y ácido fólico 49 µg (Pérez y Ruano, 2008; USDA, s.f.).

**Tabla 4. Composición de vitamina B en diversos granos.**

Granos	Vitaminas (mg/100g)		
	Tiamina	Riboflavina	Niacina
Chía	0,62	0,17	8,83
Avena	0,5	0,14	1,3
Trigo	0,42	0,17	3,89
Maíz	0,29	0,06	2,17
Cebada	0,24	0,08	7,86

Adaptada de (Muñoz, 2012), (Reyes, Gómez-Sánchez, Espinoza, Bravo y Ganoza, 2009), (Ronco, 2013).

La chía también se destaca en relación al contenido de los minerales presentes. La semilla cuenta una proporción mayor de Ca que el presente en la leche entera de vaca, fuente importante de este mineral. Sin embargo, la leche es un alimento de consumo diario en el país y eso hace que sea la principal fuente de Ca a diferencia de lo que podría ser la chía. También contiene Mg, K, P y una proporción de Fe, superior al existente en la espinaca. Se puede incluir a este vegetal dentro de las comidas diarias para cubrir los 100g de Fe, mas no se puede hacer lo mismo con la semilla de chía. Tiene valores considerables de Zn y Mn (USDA, s. f.-b). Como se compara en la Tabla 5.

**Tabla 5. Composición de minerales en alimentos**

Alimentos	Minerales (mg/100g)				
	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Fósforo (P)	Hierro(Fe)
Chía	631	335	407	860	7,72
Leche	121	12	150	92	0,1
Espinaca	90	54	423	55	4

Adaptada de (Moreira, Carbajal, Cabrera y Cuadrado, 2013a), (Moreira, Carbajal, Cabrera y Cuadrado, 2013b), (USDA, s.f.).

La semilla de chía posee sustancias conocidas como antioxidantes. Entre las más importantes se encuentran los flavonoides, ácido clorogénico (0,218 mg/g)

y cafeínico (0,149 mg/g); así como también, quercetina (0,006 mg/g), kaempferol (0,024 mg/g) y mirecitina (0,121 mg/g). Es por estos componentes que es muy difícil que la chía o los productos derivados sufran un proceso de enranciamiento (Reyes-Caudillo, Tecante, y Valdivia-López, 2008). Cabe recalcar, que al compararla con alimentos con una considerable capacidad antioxidante como kiwi (38  $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra) y la manzana (69  $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra), la chía cuenta con niveles iguales e inclusive superiores en algunos casos (72,3 $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra) (García-Alonso, De Pascual-Teresa, Santos-Buelga, y Rivas-Gonzalo, 2004; González, 2010).

Tomando en cuenta la composición química de la semilla de chía, los usos y aplicaciones que se le pueden dar son diversos. El Parlamento Europeo y el Consejo de Europa reconocieron a la chía en 2009 como un alimento que no causa efecto tóxico, anti nutricional o alérgico, aprobando su uso hasta en un 5% en productos de panadería (Lovik, Marchelli, Martin, y Moseley, 2009).

#### **1.4. Usos industriales de la semilla de chía**

En la industria alimenticia, las aplicaciones son varias tanto de la semilla como del aceite, mucílago o harina extraída de la misma. Algunos de los productos que se comercializan a partir de estas materias primas son: suplementos alimenticios, productos de panadería, pastas, snacks y algunos productos lácteos (Mohd et al., 2012).

A pesar de que el uso de hidrocoloides en formulaciones sea menor al 1%, estos mejoran las características físicas al prevenir procesos como cristalización o separación del producto. El uso de este tipo de hidrocoloides no altera el sabor de los productos a los que son adicionados. Son prácticos al momento de formar geles, por su capacidad de retención de agua, además de conservar aromas, por lo que se puede decir que mejora también las características organolépticas (Ávila de la Roda et al., 2015; Capitani, 2013).

El mucílago de chía al formar parte de los hidrocoloides podría ser de utilidad dentro de las diferentes industrias al ser considerado como un ingrediente de origen natural. Podría ser incluido en distintas formulaciones gracias a su alta

solubilidad (50g/mL), tomando en cuenta los factores que pueden afectar su funcionalidad (Ávila de la Roda et al., 2015; Capitani, 2013; Houska et al., 1998).

El mucílago de chíá se ha mezclado en pequeñas cantidades con concentrados proteicos como la soya para dar lugar a películas comestibles que actúan en la conservación de alimentos. Un estudio realizado por Coorey, Tjoe y Jayasena, (2014) demuestra la efectividad del uso de un 5% del mucílago sin semilla como estabilizante en productos congelados (Ávila de la Roda et al., 2015; Capitani et al., 2015; Muñoz, Cobos, Diaz, y Aguilera, 2012; Seia y Suárez, 2003).

Dentro de esta industria, en el campo destinado a la alimentación animal, se utiliza esta semilla en la elaboración de balanceados y alimentos para mascotas aunque no con mucha frecuencia debido al costo (Capitani et al., 2004).

Debido a su propiedad estabilizante se podría incluir a la semilla en la formulación de productos cosméticos como cremas y champú (Capitani et al., 2004; Mascarua et al., 2008).

Debido a los altos niveles de ácidos grasos, antioxidantes y fibra dietética, indicados anteriormente, la semilla podría ser incluida en alimentos considerados saludables. Se ha recomendado el consumo para aquellas personas, que sufren de enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras patologías. Su contenido de fibra soluble, podría favorecer la absorción lenta de algunos nutrientes como la glucosa y el colesterol, reduciendo los niveles de los mismo en la sangre, permitiendo su consumo para personas diabéticas (Bautista et al., 2005; Capitani, 2013; Cho y Dreher, 2002; Reyes-Caudillo et al., 2008; Rubio, 2002; Vázquez-Ovando, Rosado-Rubio, Chel-Guerrero, y Betancur- Ancona, 2009).

Dada la importancia de las características mencionadas anteriormente, tanto de la semilla de chíá como del mucílago, se realizó esta investigación con el fin de mostrar la factibilidad del gel para ser incluido en formulaciones alimenticias.

## **2. Capítulo II. Materiales Y Métodos**

### **2.1. Localización**

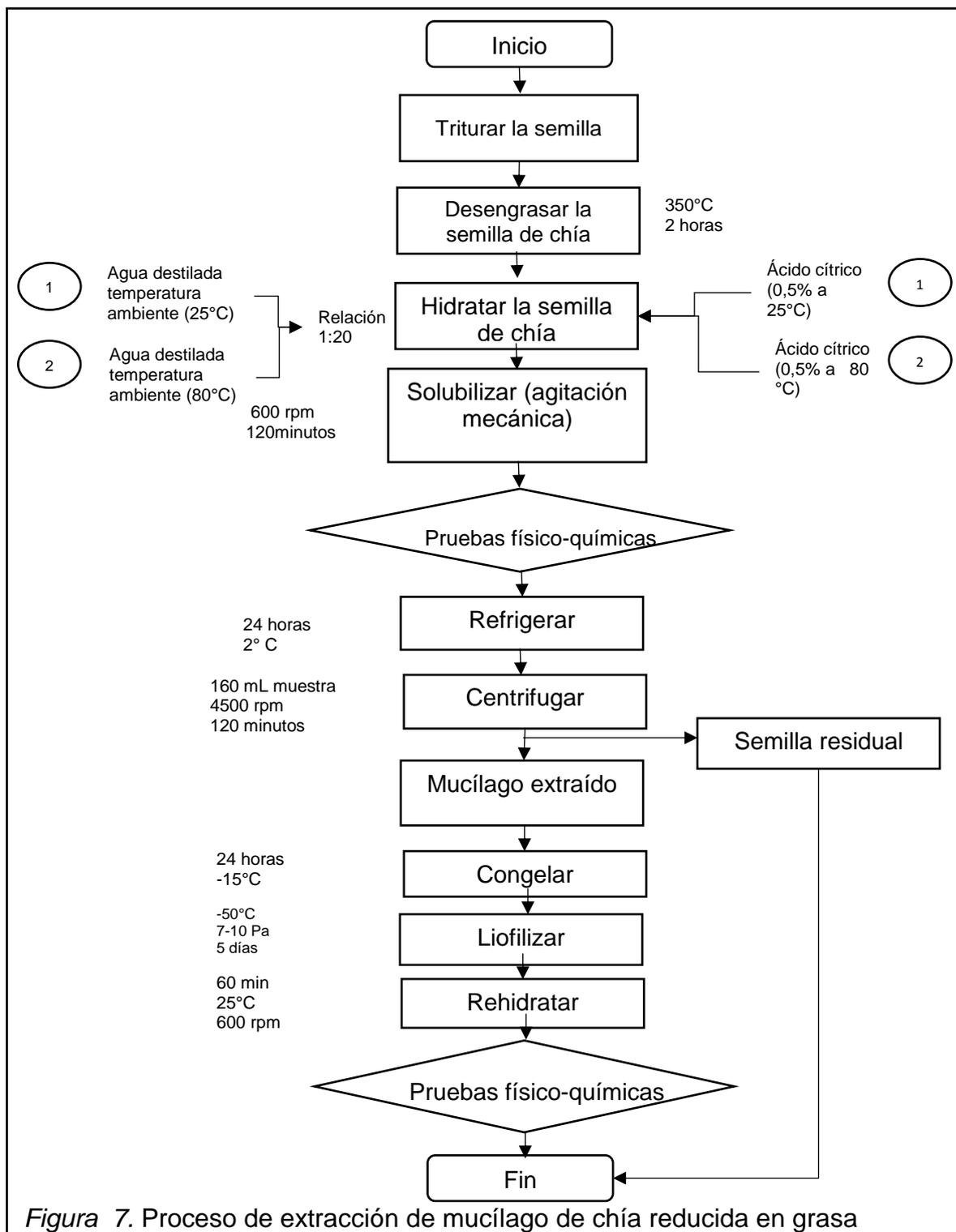
El presente proyecto se realizó en los laboratorios de análisis de alimentos de la Universidad de las Américas campus Quito, que cuenta con la infraestructura a escala de laboratorio, por lo que no se necesitó una cantidad excesiva de materia prima para la ejecución de este proyecto. Los laboratorios se encuentran ubicados en la ciudad de Quito.

### **2.2. Materiales**

Las semillas de chía usadas en la presente investigación (1kg) fueron obtenidas de la empresa Kunachía, misma que maneja sus cultivos en la provincia de Manabí, ciudad de Manta, Ecuador. La materia prima fue entregada y almacenada en fundas plásticas aluminizadas, con sellado hermético, a temperatura ambiente.

### 2.3. Métodos de extracción

Para la obtención del mucílago de chíá se realizaron los procesos que se encuentran descritos en las figuras 7 y 8 a continuación.



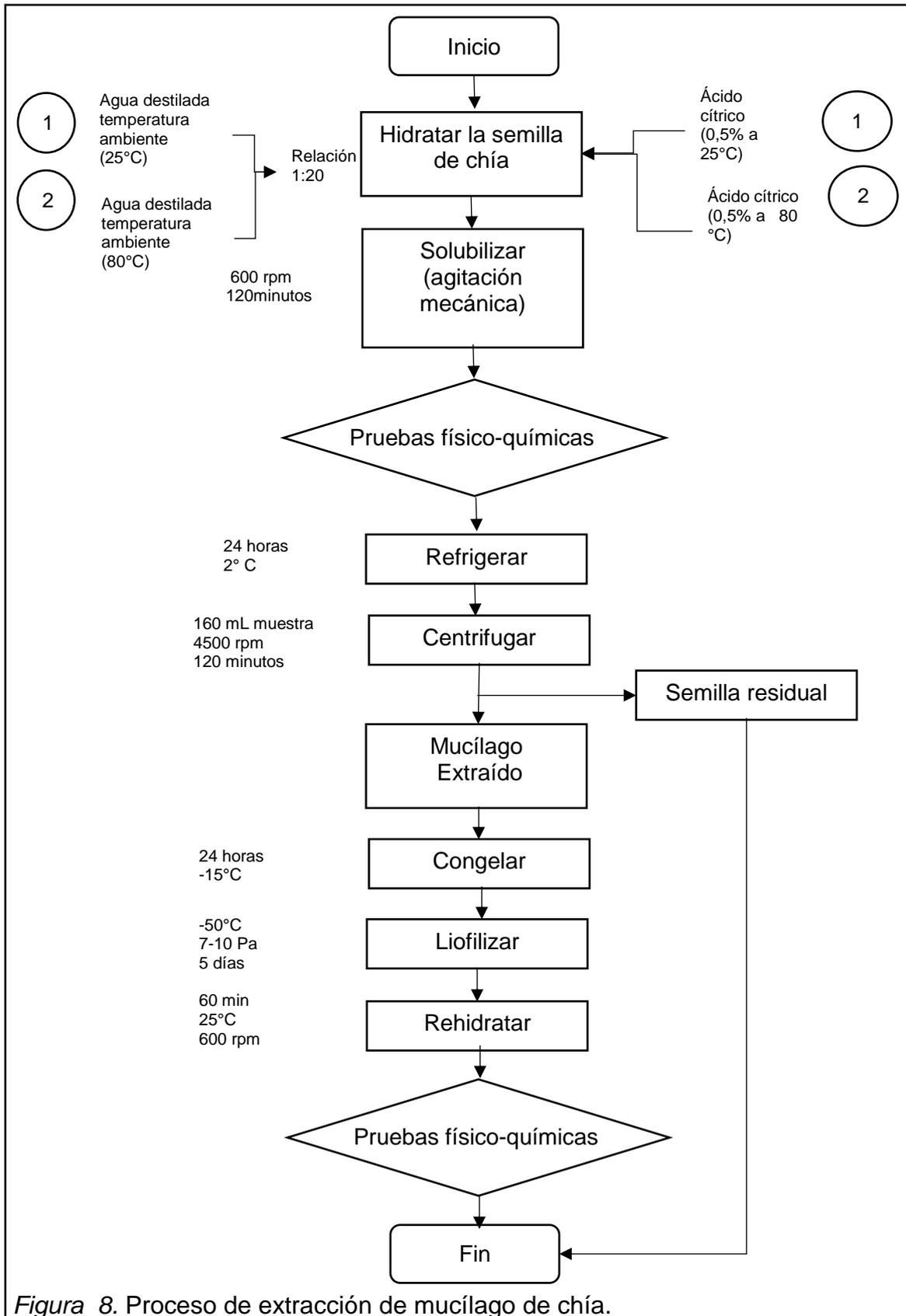


Figura 8. Proceso de extracción de mucílago de chía.

La semilla de chía desengrasada se obtuvo mediante el proceso de extracción de aceite por medio de un equipo Soxhlet (250mL), utilizando como solvente n-Hexano (CAS # 110-54-3, pureza: mínimo 96 %, punto de ebullición: 67-69 °C), según el método de análisis de la Asociación de Comunidades Analíticas (A.O.A.C.). La muestra fue molida previamente en un molino de piedra de manera artesanal, 20g durante 10 minutos, hasta obtener una semilla parcialmente triturada. En cada extracción de la grasa se utilizó 45g de muestra de semilla triturada, se colocó en un cartucho de celulosa de diámetro 3,5cm y de largo 8cm. La duración del proceso fue de 2 horas a una temperatura de 350°C en una plancha (Fisher Scientific, 1110016SH) y presión atmosférica. (Instituto de Salud Pública de Chile, 1990).

Para la obtención del porcentaje de grasa extraído se utilizó.

$$\% \text{ grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m_m} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde:

$m_2$ : *Peso del matraz con grasa*

$m_1$ : *Peso del matraz vacío*

$m_m$ : *Peso de la muestra a desengrasar*

La hidratación del mucílago se realizó siguiendo la metodología descrita por Capitani, (2013), Muñoz (2012) y en la Patente WO 2008044908 A2. Se utilizó semilla de chía (parcialmente desengrasada y semilla en condiciones normales), pH (2,30- 7), temperatura de (25 y 80°C), dependiendo del tratamiento.

El proceso de hidratación se realizó con una relación 1:20 de chía en agua destilada, teniendo una solución total de 360 g, pesando en una balanza (Shimadzu, TX3202L, S/N: D465630032) 18 g de semilla y aforando hasta obtener la cantidad descrita anteriormente. La solución contenida en un vaso de precipitación, se colocó en una plancha de calentamiento (HSC, F 20510010) durante 2 h a 600 rpm. Se ejecutaron las pruebas fisicoquímicas (pH, densidad y consistencia), para posteriormente refrigerar durante 24 h a 2

°C en envases de polipropileno. Se hizo una réplica del procedimiento anterior a una relación 1:80, con el fin de obtener datos que permitan realizar una comparación real de los valores de consistencia obtenidos, en la rehidratación posterior.

La centrifugación es un método que utiliza la densidad y la fuerza de gravedad para separar partículas de distintos tamaños. El equipo de separación contiene recipientes con la muestra, los cuales giran a una velocidad determinada, para sedimentar las partículas con mayor peso específico en este caso la semilla de chía, dejando así la otra fase de la muestra es decir el mucílago en la parte superior (Huina, Medel, y Retamal, 2008).

El proceso de centrifugación se realiza colocando 40 mL de la solución en tubos cónicos de 50mL de capacidad, durante 2 horas a 4500 rpm, en la centrifuga (BOECO U-320, tipo: 1401-12), 180mL de capacidad. Se hicieron pruebas para establecer el tiempo de centrifugación mencionado y se hizo referencia a la patente WO 2008044908 A2. Posteriormente, se sedimenta la semilla en la parte inferior obteniendo una solución líquida de mucílago con agua destilada. Se colocó las distintas fases de centrifugación en vasos de precipitación para determinar el peso de cada una. Se envasó en bandejas de poliestireno expandido cubiertas con papel aluminio, para congelarlas a -15°C durante 24 horas.

El proceso de liofilización consiste en pasar a un producto de un estado de congelación a vapor, conservando las propiedades del mismo, razón por la cual se optó por esta metodología, puesto que, las altas temperaturas de un proceso de deshidratación pueden afectar la estructura del mucílago (Orrego, 2008). A la muestra congelada se la distribuyó en balones de vidrio y platos de acero inoxidable, para colocar en el Liofilizador (Freezer-Dryer 01.JGL/LGJ-12, S/N: 244.24.10, 2000mL de capacidad, a (68-72°C) de temperatura y (11-18 Pa) de presión, durante 5 días, hasta obtener la muestra completamente seca. Se envasaron las muestras en bolsas de polietileno transparente, con sello hermético, para colocar en un desecador de vidrio durante 1 hora.

Finalmente, se pesó el mucílago obtenido de cada tratamiento, y se rehidrató en un vaso de precipitación con agua destilada, con una relación 1:80, tomando como referencia el método descrito por Capitani, (2013) en su tesis doctoral. Se colocó el mucílago rehidratado en una plancha a una temperatura ambiente y 600 rpm, hasta obtener una solución homogénea. Posteriormente, se realizaron las pruebas fisicoquímicas (densidad, pH y consistencia).

### 2.3.1. Factores en la extracción de mucílago de chía

La descripción correspondiente a los factores que se evaluaron y que se aplicaron al proceso de extracción del mucílago. Los factores se combinaron para construir los tratamientos (Tabla 6).

**Tabla 6. Descripción de los factores evaluados en el estudio**

Factores	Descripción
Temperatura	Las temperaturas utilizadas para la extracción del mucílago de chía fueron 25°C y 80°C.
Acidez	La acidez en este estudio se determinó por la ausencia de ácido cítrico y la aplicación del 0,5% del mismo.
Estado de la semilla	Se utilizaron dos tipos de semilla en este proyecto, la una pasó por un proceso de reducción del 23% de grasa, y la otra no tuvo ningún tratamiento previo.

Los factores con sus niveles dieron como resultado 8 tratamientos. (Tabla7)

**Tabla 7. Descripción de los tratamientos realizados en el estudio.**

Tratamientos	Descripción	Nombre Referencia
Tratamiento 1	25°C-0% de ácido cítrico-semilla reducida 23% grasa	T25°C-S.ácido-Singrasa
Tratamiento 2	25°C- 0,5% de ácido cítrico-semilla reducida 23% grasa	T25°C-C.ácido-Singrasa
Tratamiento 3	25°C-0% de ácido cítrico-semilla sin tratamiento	T25°C-S.ácido-Congrasa
Tratamiento 4	25°C-0,5% de ácido cítrico-semilla sin tratamiento	T25°C-C.ácido-Congrasa
Tratamiento 5	80°C-0% de ácido cítrico-semilla reducida 23% grasa	T80°C-S.ácido-Singrasa
Tratamiento 6	80°C-0,5% de ácido cítrico-semilla reducida 23% grasa	T80°C-C.ácido-Singrasa
Tratamiento 7	80°C-0% de ácido cítrico-semilla sin tratamiento	T80°C-S.ácido-Congrasa
Tratamiento 8	80°C-0,5% de ácido cítrico-semilla sin tratamiento	T80°C-C.ácido-Congrasa

### 2.3.2. Diseño Experimental

Este estudio se realizó utilizando un diseño completamente al azar en arreglo factorial, con 3 factores y 2 niveles cada uno, con tres repeticiones. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Infostat 1613-2013, aplicando un Análisis de Varianza (ANDEVA) de los resultados y una prueba de rango múltiple Tukey, con un intervalo de confianza del 95%. Se optó por la prueba Tukey debido a que se considera que es la más completa y maneja de mejor manera el error estadístico en comparación de la prueba de Dunnett y de Dunnett (Wong, 2010).

#### 2.3.2.1. Hipótesis estadísticas

- $H_0$ = No existe efecto de la acidez en las características físicas y químicas del mucílago de chíá.  
 $H_1$ = Existe efecto de la acidez en las características físicas y químicas del mucílago de chíá.
- $H_0$ = No existe efecto de la temperatura en las características físicas y químicas del mucílago de chíá.  
 $H_1$ = Existe efecto de la temperatura en las características físicas y químicas del mucílago de chíá.
- $H_0$ = No existe efecto del condición de la semilla en las características físicas y químicas del mucílago de chíá.  
 $H_1$ = Existe efecto del condición de la semilla en las características físicas y químicas del mucílago de chíá.

#### 2.3.3. Medición de variables dependientes

Para la determinación de la densidad se siguió el método de la AOAC 985.19, descrito en la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 0035:2012, para medir volúmenes específicos, mediante un picnómetro de Gay

Lussac (10 mL de vidrio). Se pesó el picnómetro vacío y completamente seco, se colocó la muestra en el picnómetro hasta llenarlo en su totalidad, para poner el tapón, dejar salir el exceso y secarlo. Finalmente, se pesó el picnómetro con la muestra y se obtuvo la densidad utilizando la Ecuación 2 (INEN, 1999).

$$\rho = \frac{m_1 - m_0}{v} \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde:

$\rho$ : densidad

$m_1$ : picnómetro con muestra

$m_0$ : picnómetro vacío

$v$ : volumen del picnómetro

El pH se determinó con el uso de un pH metro multiparamétrico Fisher Scientific accumet (s/n: 947032). Se realizaron dos mediciones, al inicio de la hidratación de la semilla y al final de la rehidratación del mucílago, manteniendo la temperatura de cada tratamiento. Para realizar las mediciones se limpió el electrodo con agua destilada, luego se colocó dentro de la muestra, se obtuvo la medida y finalmente fue lavado nuevamente con el agua destilada.

Para determinar la consistencia se utilizó el consistómetro de Bostwick (No. 24925-000). Las mediciones se realizaron colocando 30mL de muestra en el reservorio del consistómetro previamente calibrado, para luego presionar el gatillo y abrir la compuerta dejando así fluir la muestra a lo largo de la superficie del equipo graduada en centímetros. La determinación de la consistencia se realizó midiendo la distancia recorrida por el fluido en un lapso de 30 segundos, (Ecuación 3). Para comparar la consistencia inicial con la consistencia final, se necesitaba tener los datos a una misma concentración, por lo que, realizó una hidratación de la semilla en agua a una concentración 1:80

$$mPas = \left( \frac{g}{cm \times s} \right) \times 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde:

mPas = Consistencia

g = gramos de muestra

cm = distancia recorrida por la muestra

s = tiempo

Para determinar el rendimiento<sup>1</sup> se pesó la fase centrifugada que contenía mucílago y agua destilada. Una vez liofilizado el mucílago, se pesó cada tratamiento en la balanza con el fin de determinar el rendimiento<sup>2</sup>. Para ambos casos se utilizó la fórmula descrita en la patente WO2008044908A2, (Ecuación4).

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{m_2 \times 100}{m_1} \quad (\text{Ecuación 4})$$

donde:

m<sub>1</sub> = peso de la semilla

m<sub>2</sub> = peso del mucílago liofilizado

#### **2.3.4. Caracterización bromatológica del mucílago de chía**

Para determinar la humedad del mucílago se utilizó el tratamiento 3 el cual presentó la mayor consistencia. Se empleó un desecador infrarrojo (Tipo MOC-120H, NO: D207301113). Los resultados obtenidos se puede decir que son certeros y la cantidad de muestra necesaria es de 0,5 gramos. El equipo maneja una temperatura de 105°C durante 3 minutos y 0,05% de humedad. Se realizó también el método de la A.O.A.C. 15th Edición 1990, para determinación de humedad en alimentos, utilizando una mufla (Furnase 1400, No.1257070355506) para corroborar los datos obtenidos con el primer procedimiento.

El análisis de fibra dietaria se realizó en el laboratorio certificado Multianalítica Cía. Ltda. en el cual se empleó 50 gramos de muestra de mucílago con semilla y se aplicó el método de la AOAC 985.29 (Determinación de fibra dietaria total). Además se utilizó el método de la AOAC 991.42 (Fibra dietaria insoluble en productos alimenticios) y AOAC 993.19 (Fibra dietaria soluble en productos alimenticios).

Para el proceso de determinación de cenizas presentes en el mucílago liofilizado de chíá, se utilizó el método gravimétrico 923.03 (AOAC 15 th edición, 1990). Se colocó 0,2 gramos de muestra en un crisol previamente tarado. Posteriormente se precalcinó la muestra con un mechero bunsen, controlando que no se inflame, para luego colocar en la mufla a 550 °C durante 8 horas hasta obtener cenizas blancas o grisáceas. Finalmente se dejó enfriar la muestra en el desecador y se realizaron los respectivos cálculos (Ecuación 5) (Salud, Laboratorios, y Ambiente, 1990).

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

donde:

$m_2$ : masa en gramos de la cápsula con las cenizas

$m_1$ : masa en gramos de la cápsula con la muestra

$m_0$ : masa en gramo de la cápsula vacía

### 3. Capítulo III. Resultados y Discusión

Los resultados presentes a continuación se obtuvieron una vez realizados los procedimientos establecidos para este estudio.

#### 3.1. Efecto de la extracción sobre las propiedades físico-químicas

Las propiedades medidas fueron densidad, consistencia, rendimiento y pH.

##### 3.1.1. Densidad del mucílago hidratado

La densidad de un compuesto está determinada por la relación entre el peso y el volumen de la sustancia. En el caso del mucílago de chía antes del proceso de extracción, la densidad se ve afectada por la acidez, la semilla desengrasada y la interacción de estos dos factores. La temperatura no presentó un efecto significativo en la densidad, (Tabla 8).

**Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad del mucílago de chía con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamiento de la semilla. 2015. n=24.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	3,60E-04		
Temperatura	1	4,20E-08	4,20E-08	0,9475
Acidez	1	6,30E-05	6,30E-05	0,0204*
Semilla	1	7,70E-05	7,70E-05	0,0121*
Temperatura*Acidez	1	9,40E-06	9,40E-06	0,3319
Temperatura*Semilla	1	1,20E-05	1,20E-05	0,2738
Acidez*Semilla	1	5,70E-05	5,70E-05	0,0265*
Temperatura*Acidez*Semilla.	1	1,50E-05	1,50E-05	0,2237
Repetición	2	7,50E-07	3,80E-07	0,9605
Error	14	1,30E-04	9,30E-06	

Nota: a) Hay diferencia significativa  $p < 0,05$ , b) No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

El efecto en la densidad, previo a la separación del mucílago de chía, se presentó por el acondicionamiento de la semilla en la hidratación. La acidez,

brindada por el ácido cítrico también afectó a la densidad del mucílago antes de la separación, como se puede ver en la Tabla 9.

**Tabla 9. Análisis de la prueba de Tukey de la densidad del mucílago de chia con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamiento de la semilla 2015. n= 24.**

Tratamientos		Medias ( $\pm$ DE) (g/mL)	Separación de medias ( $\alpha= 5\%$ )	
T2	T25°C-C.ácido-Singrasa	1,06 $\pm$ 0,004	A	
T6	T80°C-C.ácido-Singrasa	1,06 $\pm$ 0,002	A	B
T8	T80°C-C.ácido-Congrasa	1,06 $\pm$ 0,004	A	B
T1	T25°C-S.ácido-Singrasa	1,06 $\pm$ 0,003	A	B
T3	T25°C-S.ácido-Congrasa	1,06 $\pm$ 0,003	A	B
T5	T80°C-S.ácido-Singrasa	1,06 $\pm$ 0,002	A	B
T7	T80°C-S.ácido-Congrasa	1,05 $\pm$ 0,003	A	B
T4	T25°C-C.ácido-Congrasa	1,05 $\pm$ 0,001	B	

Nota: a) En las columnas se encuentran letras diferentes, hay diferencia significativa.

b) En las columnas se encuentran letras iguales no hay diferencia significativa.

c) DE: Desviación Estándar.

La densidad se puede ver afectada por la relación p/v (Valderrama, 2001). Hay también ciertos factores que pueden generar un efecto ya sea positivo o negativo en la misma. En este estudio se pudo evidenciar que el incremento de esta variable tuvo mayor influencia para el tratamiento 2 en el que se aplicó 25°C de temperatura, 0,5% de ácido cítrico y semilla reducida en un 23% de grasa. Esto se debe a dos razones principalmente: por un lado uno de los procesos que sufre la semilla antes de ser desengrasada es la trituration, lo que genera que se desprenda con mayor facilidad la grasa de la semilla y el momento de la hidratación ayuda a que el mucílago también pueda exudar en mayor proporción (Capitani, 2013). También el uso de hexano en el proceso de desengrasado favorece a la retención de agua, sin modificar la estructura del mucílago (Mohd et al., 2012). Como consecuencia de la trituration podrían existir espacios entre las moléculas del polímero, lo que genera que el fluido se distribuya de tal forma que produzca un mayor peso y también la alta retención de agua, por efecto del hexano, aumentan la densidad (Mohd Ali et al., 2012).

A la vez al adicionar 0,5% de ácido cítrico se provoca un rompimiento en la estructura del mucílago (Damodaran et al., 2008). Esto sucede porque el mucílago de chía es un polisacárido aniónico, cuyo mecanismo es interactuar con las moléculas de carga positiva (Msagati, 2012). Como sucede al momento en que el compuesto entra en contacto con el agua y libera sus hidrógenos, dando lugar a que las moléculas del mucílago que están cargadas negativamente atraigan a las moléculas de hidrógeno, lo que provoca una separación de la cadena, y se generan espacios entre la misma y modifica la estructura. Esto permite que las moléculas del agua ocupen estos nuevos espacios y se incremente el peso de la muestra (Damodaran et al., 2008). Existe una influencia de estos dos factores por separado, sin embargo, el momento de realizar el análisis de varianza se pudo evidenciar que también la interacción de estos dos factores tiene una influencia significativa en la densidad del mucílago de chía. Esto se puede probar tomando en cuenta que si los factores por separado causan un cambio en la estructura molecular del mucílago, al unirse este efecto puede ser mayor, lo que causaría que se presenté una diferenciación más evidente en la densidad.

Por considerar al mucílago de chía como un polisacárido aniónico, este tiene diversas aplicaciones en el sector alimenticio, dependiendo del tipo de producto al que se va a adicionar, tomando en cuenta que su funcionalidad se ve afectada por la acidez del medio. Como lo menciona Msagati (2012), al adicionar este tipo de compuestos en la leche que tiene un pH entre 6,6 y 6,8, estos actúan sobre las caseínas reduciendo la sinéresis, lo que le otorga una mejor calidad al producto, razón por la cual se podría deducir que su propiedad estabilizante no se ve afectada en un medio ligeramente ácido como es la leche (Msagati, 2012).

La densidad también fue medida después de la separación del mucílago y la semilla. En esta instancia, la densidad no presenta diferencias significativas, (Tabla 10).

**Tabla 10. Análisis de varianza de la densidad del mucílago de chía obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	6,20E-04		
Temperatura	1	1,10E-05	1,10E-05	0,5271
Acidez	1	2,80E-05	2,80E-05	0,3098
Semilla	1	1,70E-05	1,70E-05	0,4311
Temperatura*Acidez	1	1,70E-05	1,70E-05	0,4311
Temperatura*Semilla	1	6,00E-05	6,00E-05	0,1458
Acidez*Semilla	1	1,10E-05	1,10E-05	0,5271
Temperatura*Acidez*Semilla	1	7,40E-05	7,40E-05	0,1107
Repetición	2	5,00E-05	2,50E-05	0,3953
Error	14	3,60E-04	2,50E-05	

Nota: a) Hay diferencia significativa  $p < 0,05$ , b) No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

La densidad del mucílago no se ve afectada por ninguno de los factores aplicados, sin embargo el tratamiento con más relevancia (1,06 g/mL) en el análisis de medias es el que fue realizado con una temperatura de 80°C, sin la adición de ácido cítrico y con semilla sin tratamiento, como se puede ver en la Tabla 11.

**Tabla 11. Análisis de la prueba de Tukey de la densidad del mucílago de chía obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.**

Tratamiento	Medias (g/mL)	Desviación estándar
T7 T80°C-S.ácido-Congrasa	1,06	0,009
T4 T25°C-C.ácido-Congrasa	1,05	0
T8 T80°C-C.ácido-Congrasa	1,05	0,001
T6 T80°C-C.ácido-Singrasa	1,05	0,0005
T2 T25°C-C.ácido-Singrasa	1,05	0,0006
T1 T25°C-S.ácido-Singrasa	1,05	0,009
T3 T25°C-S.ácido-Congrasa	1,05	0,005
T5 T80°C-S.ácido-Singrasa	1,05	0,005

En la columna referente a separación de medias fue eliminada debido a que no se presentó un efecto significativo de los factores en la densidad del mucílago obtenido después del proceso de extracción, ya que no se volvió a aplicar ningún compuesto al momento de rehidratar que pueda causar una variación del pH del producto, por lo cual la acidez no tiene influencia en la densidad final. Al separar la semilla ya no existe un efecto de la misma sobre el mucílago y como se puede ver, la temperatura no tiene una influencia significativa al momento de analizar esta variable (Capitani, 2013).

### 3.1.2. Consistencia del mucílago hidratado

La consistencia antes del proceso de separación de la semilla resulta afectada por la condición de la semilla y la acidez, mientras que la temperatura aplicada para la hidratación ni la interacción de las mismas, no afectó a la consistencia de forma significativa, como se aprecia en la Tabla 12.

**Tabla 12. Análisis de varianza de la consistencia del mucílago de chía con semilla, evaluado a diferentes temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	82,83		
Temperatura	1	2,36	2,36	0,0938
Acidez	1	56,12	56,12	<0,0001*
Semilla	1	8,52	8,52	0,0042*
Temperatura*Acidez	1	1,31	1,31	0,202
Temperatura*Semilla	1	1,23	1,23	0,2145
Acidez*Semilla	1	0,58	0,58	0,3864
Temperatura*Acidez*Semilla	1	0,2	0,2	0,6072
Repetición	2	2,3	1,15	0,2406
Error	14	10,21	0,73	

Nota: a) Hay diferencia significativa  $p < 0,05^*$ .

b) No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

La diferencia entre los tratamientos realizados se puede ver en la tabla 13, donde se muestra que la mayor consistencia se consigue a 25°C, sin ácido y con semilla desengrasada al 23%. Mientras que el tratamiento que presentó menor consistencia fue el 4, a 25°C, con ácido cítrico y semilla sin tratamiento.

**Tabla 13. Análisis de la prueba de Tukey de la consistencia del mucílago de chía con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamiento de la semilla. 2015. n=24.**

Tratamiento	Medias ( $\pm$ DE) (mPas)	Separación de medias ( $\alpha= 5\%$ )
T1 T25°C-S.ácido-Singrasa	13,53 $\pm$ 0,97	A
T3 T25°C-S.ácido-Congrasa	12,01 $\pm$ 1,04	A B
T5 T80°C-S.ácido-Singrasa	11,80 $\pm$ 1,22	A B
T7 T80°C-S.ácido-Congrasa	11,55 $\pm$ 0,92	A B
T2 T25°C-C.ácido-Singrasa	10,13 $\pm$ 0,73	B
T6 T80°C-C.ácido-Singrasa	9,70 $\pm$ 0,87	B
T8 T80°C-C.ácido-Congrasa	8,47 $\pm$ 0,33	C
T4 T25°C-C.ácido-Congrasa	8,36 $\pm$ 0,72	C

Nota: a) En las columnas se encuentran letras diferentes, hay diferencia significativa.

b) En las columnas se encuentran letras iguales no hay diferencia significativa.

c) DE: Desviación Estándar

La consistencia del mucílago de chía con semilla, se ve afectado principalmente por la acidez y la condición de la semilla. Al adicionar ácido cítrico, el pH del medio disminuye drásticamente lo que provoca una pérdida de la consistencia, debido a que el compuesto al entrar en contacto con el agua libera iones hidrógeno, los cuales catalizan la hidrólisis de los enlaces glicosídicos entre los monosacáridos de la cadena principal del polímero, desnaturalizando la estructura original, lo que afecta las propiedades del gel, reduciendo así la consistencia (Abraján, 2008; Capitani, 2013; Damodaran et al., 2008; Fedeniuk y Biliaderis, 1994; Medina-Torres, Brito-De La Fuente, Torrestiana- Sanchez, y Katthain, 2000; Sciarini, Maldonado, Ribotta, Pérez, y León, 2009).

La fuerza iónica es una condición que se debe tomar en cuenta al momento de analizar la consistencia, ya que, al ser una energía que une a las moléculas con cargas positivas y negativas puede afectar a la estructura del mucílago (Behrouzian, Razavi, y Karazhiyan, 2013). Se considera que a mayor fuerza

iónica, menor consistencia, esto depende del tipo de ion que ha sido agregado a la solución, puesto que, no todos actúan de la misma manera. Por ejemplo, las sales al unirse con otras moléculas generan una mayor fuerza iónica lo que disminuye la consistencia de la goma, sin embargo, la aplicación de azúcares mejora la consistencia de la solución. En este caso la adición del ácido, provocó la unión de los iones  $H^+$  del compuesto con la cadena ramificada del gel, alterando la estructura del mismo. Esta reacción produjo una alta fuerza iónica, lo cual disminuyó la consistencia. Un efecto parecido se observa en el estudio realizado sobre el mucílago de la semilla de berro y en el estudio sobre goma xantán y mucilago de garrofin (Higiro, Herald, Alavi, y Bean, 2007). Se puede concluir que los datos obtenidos en este estudio son similares a los de investigaciones realizadas con otras gomas como, hidroxipropil metil celulosa, carragenina, pectina, goma guar, goma tragacanto, entre otros. En los que de igual manera, la consistencia disminuye al acidificar el medio de la solución (Behrouzian et al., 2013; Mohammad y Razavi, 2012).

Los tratamientos con una mayor consistencia son aquellos que no contienen ácido cítrico porque no pierden su estructura y mantienen sus propiedades reológicas, por lo tanto, un cambio en el pH de las soluciones afecta directamente a la consistencia, dando como resultado bajas viscosidades en medios ácidos. En este caso se puede decir que una consistencia estable se consigue en acidez media pH entre 4-8, por lo que se podría considerar que es un producto apto para utilizar en formulaciones alimenticias como espesantes y estabilizante (Behrouzian et al., 2013; Muñoz, 2012).

Se sabe que al momento de hidratar la materia prima, se forma una capa alrededor de la misma, la cual es conocida como mucílago. Sin embargo, es necesario de un proceso de extracción como el que se realiza en este estudio para poder separar la semilla y obtener el polímero puro. En este caso, una mejor consistencia se obtiene con la semilla que pasó por un proceso de trituración previo, lo que favoreció la exudación del mucílago, como menciona Capitani (2013). Al hidratar la semilla se forma una pared celular secundaria llamada columela, misma que se encarga de mantener adherido el mucilago a

las capas externas de la semilla, por lo que la solución no tiene una buena consistencia (Western, Skinner, y Haughn, 2000). Al triturar la semilla se evita la formación de esta pared y el mucílago se encuentra esparcido generando una solución viscosa con resistencia a fluir. Encontrándose una mayor cantidad de polímero en la solución lo que otorga una consistencia más alta en relación a la mezcla con semilla sin tratamiento ya que, la mayor parte es agua (Capitani, 2013).

La consistencia del mucílago obtenido después de la separación de la semilla, se ve afectado por todos los factores a excepción de la interacción temperatura-acidez-semilla, (Tabla 14).

**Tabla 14. Análisis de varianza de la consistencia del mucílago de chía después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	256,31		
Temperatura	1	3,87	3,87	0,0036*
Acidez	1	166,85	166,85	<0,0001*
Semilla	1	26,17	26,17	<0,0001*
Temperatura*Acidez	1	10,11	10,11	0,0001*
Temperatura*Semilla	1	4,82	4,82	0,0016*
Acidez*Semilla	1	39,84	39,84	<0,0001*
Temperatura*Acidez*Semilla.	1	1,50E-04	1,50E-04	0,983
Repetición	2	0,21	0,1	0,7276
Error	14	4,44	0,32	

Nota: a) Hay diferencia significativa  $p < 0,05^*$ .

b) No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

La diferencia de los tratamientos se encuentra en la Tabla 15 en la que se observa que el valor más alto de consistencia se obtiene con el tratamiento 1, el cual se lo realizó a 25°C, sin ácido y con semilla entera. Al contrario del tratamiento 2 que presentó la menor consistencia, mismo que se realizó a 25°C, con ácido cítrico y semilla desengrasada.

**Tabla 15. Análisis de la prueba de Tukey de la consistencia del mucílago de chía después del proceso de extracción, evaluado a diferentes temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.**

Tratamientos	Medias ( $\pm$ DE) (mPas)	Separación de medias ( $\alpha= 5\%$ )
T3 T25°C-S.ácido-Congrasa	17,47 $\pm$ 0,09	A
T7 T80°C-S.ácido-Congrasa	14,47 $\pm$ 0,97	B
T1 T25°C-S.ácido-Singrasa	11,91 $\pm$ 0,31	C
T5 T80°C-S.ácido-Singrasa	10,7 $\pm$ 0,83	C D
T6 T80°C-C.ácido-Singrasa	9,31 $\pm$ 0,46	D E
T4 T25°C-C.ácido-Congrasa	8,32 $\pm$ 0,18	E
T8 T80°C-C.ácido-Congrasa	7,92 $\pm$ 0,46	E
T2 T25°C-C.ácido-Singrasa	7,91 $\pm$ 0,34	E

Nota: a) En las columnas se encuentran letras diferentes, hay diferencia significativa.

b) En las columnas se encuentran letras iguales no hay diferencia significativa.

c) DE: Desviación Estándar

La consistencia del mucílago de chía una vez separada la semilla, se ve afectado por la temperatura, acidez y acondicionamiento de la semilla. La acidez, al igual que antes de la separación, tiene un efecto en la consistencia que se ve disminuida por la adición del ácido cítrico. La temperatura es el factor que diferencia su efecto sobre la consistencia, en los resultados de la extracción. La fuerza iónica se incrementa a temperaturas altas, lo cual disminuye la consistencia mayormente (Mohammad & Razavi, 2012). Esto explica nuevamente que los tratamientos que muestran una consistencia más alta son aquellos que no contienen ácido cítrico y su estructura no ha sido alterada.

La consistencia se ve afectada por la estructura del mucílago y el peso molecular (Mataix, 2009). Como menciona Capitani (2013), el mucílago de chía tiene un alto peso molecular, mismo que varía entre  $0,8 - 2 \times 10^6$  daltons y una estructura ligeramente ramificada, lo que explica los valores de consistencia obtenidos en el presente estudio. Las estructuras moleculares ramificadas ligeramente, tienden a formar soluciones viscosas, por lo tanto, al tener un alto peso molecular y una estructura con ramificaciones, el gel de chía produce

soluciones altamente viscosas siempre y cuando se mantenga la estructura del mismo (Capitani, 2013; Damodaran et al., 2008).

El efecto significativo de la temperatura, que al incrementar, disminuye la consistencia, se explica por el aumento de los espacios intermoleculares y la reducción de las fuerzas de interacción (Damodaran et al., 2008; Farhoosh y Riazi, 2007). Esto pudo haber sucedido con el mucílago de chía, la consistencia es más estable a 25°C. Un efecto similar se describe en el estudio realizado acerca del mucílago de goma garrofín y en el mucílago extraído de las semillas de berro. Por lo tanto, se podría demostrar que existe una relación inversamente proporcional de temperatura con la consistencia (Farhoosh y Riazi, 2007; Garcia-Ochoa y Casas, 1992; Karazhiyan et al., 2009; Mohammad y Razavi, 2012; Razavi, Taheri, y Quinchia, 2011; Sciarini et al., 2009).

Para separar la semilla del mucílago, la solución tuvo que pasar por un proceso de agitación y centrifugación, ambos procedimientos ejercieron una fuerza de cizallamiento, misma que pudo haber incrementado la fluidez de la solución, disminuyendo la viscosidad (Damodaran et al., 2008). Se podría considerar al biopolímero de chía como un flujo pseudoplástico, ya que, conforme aumenta la velocidad de deformación, las moléculas que se encontraban ramificadas, toman una forma lineal, aumentando la fluidez y reduciendo la viscosidad. Por lo tanto, se podría decir que el mucílago de chía estudiado se comporta como un fluido pseudoplástico, no newtoniano. Esto se puede ver de igual manera en un estudio realizado sobre *Lepidium perfoliatum*, donde el aumento de la fuerza de cizallamiento, reduce la consistencia del fluido (Capitani, 2013; Damodaran et al., 2008; Farhoosh y Riazi, 2007; Koocheki, Reza, y Bostan, 2013; Marcotte, Taherian Hoshahili, y Ramaswamy, 2001).

El proceso de separación de la semilla se realizó con el fin de obtener el mucílago en estado puro, sin embargo, en aquellos tratamientos en los que se utilizó semilla desengrasada el producto todavía presentaba trazas de semilla. Al realizar los tratamientos con la semilla desengrasada, la estructura se encuentra afectada y el mucilago no está en estado puro, contiene trazas de semilla y se podría decir que incluso hay lípidos residuales, lo que explica que

la viscosidad sea baja, porque la capacidad de retención de agua de la semilla no es buena debido a la cantidad de lípidos residuales presentes en la solución. Por el contrario, la mejor viscosidad se obtiene con la semilla entera, las cadenas se encuentran ordenadas y la estructura no ha sido afectada, formándose una red tridimensional al entrar en contacto con el agua, estabilizando la solución y proporcionando una mejor consistencia (Capitani, 2013).

El valor de 17, 47 mPas a una concentración de 0,05% fue el más alto obtenido para la variable consistencia, la diferencia que existe con los valores de los tratamientos restantes es relevante, y para fines de uso alimenticio esta es una variable de vital importancia. Este valor puede ser comparado con el dato de consistencia obtenido en la patente WO 2008044908 A2 que fue de 25 mPas, cabe recalcar que el proceso de extracción fue diferente. En relación a los datos obtenidos en el estudio de Timilsena, (2015), sobre mucilago de chía con la misma concentración aplicada en este estudio, el valor fue de 7,68 mPas; lo cual indica que con las condiciones propuestas en este estudio se obtiene una mayor viscosidad (Mascarua et al., 2008).

La consistencia es una de las principales propiedades del mucílago de chía, la cual le otorga sus beneficios como, espesante, estabilizante y emulsificante. Existen estudios que recomiendan la adición de alrededor del 1% de mucílago en las formulaciones para aquellos productos en los que se requiere mejorar la textura, conseguir una mayor estabilidad, evitar la cristalización, etc. Como son las salsas, aderezos, mermeladas, productos de panadería, entre otros; se podría recomendar el uso del biopolímero de la chía (Ávila de la Roda et al., 2015; Capitani, 2013; Houska et al., 1998; Rodríguez et al., 2003; Timilsena, Adhikari, Kasapis, y Adhikari, 2015).

La diferencia entre la consistencia del mucílago con semilla y la del mucílago una vez extraída la semilla a una concentración de 1:80, se puede observar en la tabla 16.

**Tabla 16. Consistencia referencial del mucílago con semilla y mucílago puro a concentración 1:80.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Consistencia 1</b>	<b>Consistencia 2</b>
T25°C-S.ácido-Singrasa	8,44	11,91
T25°C-C.ácido-Singrasa	6,62	7,91
T25°C-S.ácido-Congrasa	9,18	17,47
T25°C-C.ácido-Congrasa	7,51	8,32
T80°C-S.ácido-Singrasa	8,44	10,7
T80°C-C.ácido-Singrasa	7,57	9,31
T80°C-S.ácido-Congrasa	8,43	14,47
T80°C-C.ácido-Congrasa	7,54	7,92

Nota. a) (Consistencia 1): Mucílago con semilla 1-80. (Consistencia 2): Mucílago sin semilla 1-80.

Esta medición se la realizó únicamente de forma referencial, ya que, se necesita tener una misma concentración tanto de mucílago con semilla como de mucílago puro, para poder comparar el efecto del proceso de extracción en las propiedades del mucílago obtenido. La hidratación inicial se la realizó a 1:20, puesto que, según la literatura con esta relación se obtiene el mayor rendimiento. Sin embargo, se vio la necesidad de evaluar que sucede el momento de hidratar la semilla a la misma concentración (1:80) con la que se rehidrató el mucílago, para poder realizar una comparación real de la consistencia inicial y la final a una relación 1:80 (Capitani, 2013).

Los valores de consistencia obtenidos con la relación 1:80 al momento de la hidratación, son menores que los obtenidos al momento de rehidratar el gel, debido a que la cantidad de agua presente en la solución no permite que se forme una solución viscosa, a comparación de los resultados que se obtienen al hidratar la semilla con una relación 1:20, que dependiendo de los tratamientos los valores son iguales o mayores a los obtenidos en la rehidratación.

### 3.1.3. Rendimiento del mucílago hidratado

El rendimiento antes del proceso de separación de la semilla, fue afectado por la acidez y las interacciones temperatura- acidez y acidez- semilla. Como se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17. Análisis de varianza del rendimiento del mucílago de chía con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	1172,92		
Temperatura	1	2,71	2,71	0,3287
Acidez	1	1064,27	1064,27	<0,0001*
Semilla	1	9,93	9,93	0,073
Temperatura*Acidez	1	28,08	28,08	0,0057*
Temperatura*Semilla	1	7,73	7,73	0,1093
Acidez*Semilla	1	12,24	12,24	0,0403*
Temperatura*Acidez*Semilla.	1	1,70E-03	1,70E-03	0,9803
Repetición	2	10,96	5,48	0,1626
Error	14	37	2,64	

Nota: a) Hay diferencia significativa  $p < 0,05$ , b) No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

La diferencia entre los tratamientos se puede ver en la Tabla 18, en donde se observa que el mayor rendimiento, se obtiene a 80°C, con 0,5% de ácido cítrico y semilla reducida en grasa. Por otro lado, el tratamiento que mostró el menor rendimiento (31,71%) fue a 80°C, sin ácido cítrico y con semilla sin tratamiento.

**Tabla 18. Análisis de la prueba de Tukey del rendimiento del mucílago de chíá con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n= 24.**

Tratamientos	Medias ( $\pm$ DE) (%)	Separación de medias ( $\alpha= 5\%$ )
T6 T80°C-C.ácido-Singrasa	49,61 $\pm$ 0,59	A
T8 T80°C-C.ácido-Congrasa	45,78 $\pm$ 1,8	A B
T2 T25°C-C.ácido-Singrasa	45,66 $\pm$ 1,68	A B
T4 T25°C-C.ácido-Congrasa	44,06 $\pm$ 2,35	B
T3 T25°C-S.ácido-Congrasa	34,35 $\pm$ 1,69	C
T1 T25°C-S.ácido-Singrasa	33,06 $\pm$ 2,73	C
T5 T80°C-S.ácido-Singrasa	32,72 $\pm$ 1,27	C
T7 T80°C-S.ácido-Congrasa	31,71 $\pm$ 0,4	C

Nota: a) En las columnas se encuentran letras diferentes, hay diferencia significativa.

b) En las columnas se encuentran letras iguales no hay diferencia significativa.

c) DE: Desviación Estándar

El rendimiento es una variable importante en este estudio, la cual se ve afectada principalmente por la acidez, debido a que al añadir el ácido la cadena del polímero se desnaturaliza perdiendo su estructura, dando lugar a espacios que pueden ser ocupados por las moléculas de agua distribuyendo el peso en toda la solución, lo que puede ocasionar un incremento en el peso, por ende al momento de liofilizar, este aumento se refleja en el rendimiento. En cuanto a la interacción temperatura- acidez la mayor influencia es por parte de la acidez ya que la temperatura a pesar de ser de 80°C no tiene influencia directamente y lo mismo se puede decir en cuanto a la interacción acidez- semilla. Por lo tanto, el factor que tiene la mayor importancia en el rendimiento del mucílago con semilla es la acidez (Abraján, 2008; Capitani, 2013; Damodaran et al., 2008).

El rendimiento del mucílago una vez separada de la semilla se ve influenciado por la mayoría de los factores e interacciones excepto por la interacción de la temperatura y acidez, (Tabla 19).

**Tabla 19. Análisis de varianza del rendimiento del mucílago de chía después del proceso de extracción, evaluado a diferentes temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	560,67		
Temperatura	1	14,84	14,84	0,0018*
Acidez	1	394,71	394,71	<0,0001*
Semilla	1	82,7	82,7	<0,0001*
Temperatura*Acidez	1	2,52	2,52	0,1357
Temperatura*Semilla	1	12,72	12,72	0,0031*
Acidez*Semilla	1	28,89	28,89	0,0001*
Temperatura*Acidez*Semilla.	1	4,66	4,66	0,0492*
Repetición	2	5,6	2,8	0,0957
Error	14	14,05	1	

Nota: a) Hay diferencia significativa  $p < 0,05$ , b) No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

El tratamiento que mostró el mayor rendimiento fue en el que se utilizó 80°C, 0,5% de ácido cítrico y semilla desengrasada. Mientras que el tratamiento con menor rendimiento fue en el que se aplicó 25°C, sin adicionar ácido cítrico y con semilla sin tratamiento, como se observa en la Tabla 20.

**Tabla 20. Análisis de la prueba de Tukey del rendimiento del mucílago de chíá después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24**

Tratamientos		Medias ( $\pm$ DE) (%)	Separación de medias ( $\alpha= 5\%$ )
T6	T80°C-C.ácido-Singrasa	17,13 $\pm$ 0,67	A
T2	T25°C-C.ácido-Singrasa	12,57 $\pm$ 1,87	B
T4	T25°C-C.ácido-Congrasa	9 $\pm$ 0,5	C
T8	T80°C-C.ácido-Congrasa	8,88 $\pm$ 1,77	C
T5	T80°C-S.ácido-Singrasa	5,29 $\pm$ 0,9	D
T1	T25°C-S.ácido-Singrasa	3,79 $\pm$ 0,85	D
T7	T80°C-S.ácido-Congrasa	3,2 $\pm$ 0,46	D
T3	T25°C-S.ácido-Congrasa	2,85 $\pm$ 0,88	D

Nota: a) En las columnas se encuentran letras diferentes, hay diferencia significativa.

b) En las columnas se encuentran letras iguales no hay diferencia significativa.

c) DE: Desviación Estándar

En este caso la temperatura tuvo una influencia significativa en el rendimiento, ya que, las temperaturas altas ejercen un efecto similar al del pH, puesto que, desestabilizan la estructura generando que el peso se distribuya uniformemente, aumentando el rendimiento del producto obtenido (Capitani, 2013).

La condición de la semilla, tiene un efecto importante en el rendimiento, debido a que, el momento en el que se separa la semilla triturada, permanecen residuos que aumentan el peso de la muestra. Además cuando la chíá esta triturada y desengrasada exuda mayor cantidad de mucílago, puesto que este no se queda adherido a las capas internas de la semilla, como lo menciona Capitani (2013). Por otro lado, al hacer uso del hexano para el proceso de desengrasado por sus propiedades incrementa la capacidad de retención de agua del gel, lo que produce un aumento en el peso del mismo, obteniendo así un mayor rendimiento, (Capitani, 2013).

A pesar de que el rendimiento es un factor importante en este estudio, no se obtuvieron valores significativos, es por esta razón que para elegir el mejor tratamiento no se tomó en cuenta este factor. En la (Patente WO2008044908

A2), con agitación mecánica se obtuvo un máximo de 7,78% de rendimiento a distintas condiciones, mientras que, en el presente estudio el mayor rendimiento fue de 17,13%, que es más alto que el mencionado anteriormente. Así mismo, en el estudio realizado sobre el mucílago de linaza en condiciones similares, el rendimiento fue de 8,4% (Fedeniuk & Biliaderis, 1994). Por lo tanto, a pesar de que el rendimiento no es el esperado para aplicaciones industriales, los valores obtenidos son mayores en relación a otros estudios. Sin embargo, la calidad de ese mucílago no es apta para su uso con los fines necesarios, ya que, la estructura se encuentra desnaturalizada, por ende las propiedades reológicas, físicas y químicas se ven afectadas, mostrando cierta inestabilidad.

Por otra parte, se encuentra el gel obtenido a 25°C, sin ácido cítrico y con semilla sin tratar, mismo que presenta el rendimiento más bajo (2,85%), dato obtenido con la ecuación 4, referente a los gramos de mucílago liofilizado en tres repeticiones. Sin embargo, la consistencia y estabilidad son buenas, estos valores son similares a aquellos obtenidos en estudios de Capitani (2013), (3,8%) y de Reynoso-Cortés (2002), (1,3%).

Por lo tanto, para fines de aplicación industrial, en el caso de mermeladas, jaleas, salsas, etc, es de mayor importancia la calidad del producto adicionado mas no la cantidad, de modo que se puedan mantener las propiedades características de este tipo de productos, de lo contrario será un gasto innecesario incluirlo dentro de una formulación. Un ejemplo de esto sería las mezclas para pasteles a las que se adiciona dependiendo el caso, 0,35% de goma guar o de 0,5 a 1% de CMC. En el caso de CMC el rendimiento es mayor, sin embargo no posee la misma calidad que la goma guar la cual no necesita ser añadida en grandes cantidades para otorgar las mismas propiedades al producto (Alimentarios y Técnica, 2015; Ashland, 2013; Capitani, 2013; Lowery, Fedeniuk, McSweeney, Biliaderis, y Richards, 1994; Mascarua et al., 2008).

### 3.1.4. Efecto en el pH del mucílago hidratado

Al analizar el pH en el mucílago antes de la separación de la semilla, se puede notar una influencia significativa por parte de todos los factores y las interacciones que contienen ácido, excepto de la interacción temperatura-semilla, (Tabla 21).

**Tabla 21. Análisis de varianza del pH del mucílago de chía con semilla, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	72,67		
Temperatura	1	0,22	0,22	0,0112*
Acidez	1	69,8	69,8	<0,0001*
Semilla	1	1,29	1,29	<0,0001*
Temperatura*Acidez	1	0,36	0,36	0,0024*
Temperatura*Semilla	1	0,01	0,01	0,5621
Acidez*Semilla	1	0,47	0,47	0,0008*
Temperatura*Acidez*Semilla.	1	0,13	0,13	0,0421*
Repetición	2	0,02	0,01	0,6827
Error	14	0,37	0,03	

Nota: a) Hay diferencia significativa  $p < 0,05^*$ .

b) No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

En el análisis de medias que se presenta en la tabla 22 se puede observar que el tratamiento 3, que fue realizado a 25°C de temperatura, sin adición de ácido cítrico y con semilla sin tratamiento, presenta un menor efecto en cuanto al pH. Por otro lado, el tratamiento que mayor efecto tuvo disminuyendo el pH fue el tratamiento 4 en el que se trabajó con una temperatura de 25°C, con adición de ácido cítrico y semilla sin tratamiento.

**Tabla 22. Análisis de la prueba Tukey del pH del mucílago de chía obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24**

Tratamientos	Medias ( $\pm$ DE)	Separación de medias ( $\alpha= 5\%$ )	
T3 T25°C-S.ácido-Congrasa	6,71 $\pm$ 0,171	A	
T1 T25°C-S.ácido-Singrasa	6,7 $\pm$ 0,085	A	
T5 T80°C-S.ácido-Singrasa	6,45 $\pm$ 0,189	A	B
T7 T80°C-S.ácido-Congrasa	6,08 $\pm$ 0,032	B	
T2 T25°C-C.ácido-Singrasa	3,48 $\pm$ 0,092	C	
T6 T80°C-C.ácido-Singrasa	3,42 $\pm$ 0,12	C	
T8 T80°C-C.ácido-Congrasa	2,78 $\pm$ 0,145	D	
T4 T25°C-C.ácido-Congrasa	2,62 $\pm$ 0,274	D	

Nota: a) En las columnas se encuentran letras diferentes, hay diferencia significativa.

b) En las columnas se encuentran letras iguales no hay diferencia significativa.

c) DE: Desviación Estándar

El pH fue tomado como una medida de referencia, para determinar si existió algún efecto de la aplicación de ácido cítrico en el pH de los tratamientos. Con esto se puede demostrar que existen cuatro tratamientos con un pH neutro, ya que, no se aplicó el ácido, mientras que existen otros cuatro tratamientos que muestran una disminución drástica del pH por la presencia de ácido en la solución.

La adición de ácido cítrico, obviamente, es el factor con mayor influencia, puesto que modifica los valores del pH. Por otro lado, el contenido de grasa de la semilla en algunos casos tuvo un efecto significativo, por lo que se podría decir que se produce variaciones en el pH; esto sucede porque los ácidos grasos son susceptibles a sufrir procesos de hidrólisis en valores de pH extremos, en este caso al encontrarse en un medio ácido pudo haber ocurrido el proceso mencionado anteriormente, dando como resultado ácidos grasos libres propensos a oxidación. Es importante mencionar que a mayor presencia de ácidos grasos libres, hay una mayor posibilidad de sufrir un proceso oxidativo (Damodaran et al., 2008).

Cabe recalcar que la semilla pasó por un proceso de trituración previo a la hidratación, con lo cual se podría decir que hay una cantidad significativa de ácidos grasos libres en la solución estudiada, concordando con Damodaran (2008), en que el contenido de ácidos grasos libres es mayor cuando se destruye la matriz celular de una fuente vegetal para la extracción de aceite. Por otro lado, los dobles enlaces de los ácidos grasos, son un factor proclive a la oxidación de un compuesto. En el caso de la semilla de chía al presentar un alto contenido de ácido linoleico y linolénico, ambos ácidos grasos poliinsaturados con dos y tres dobles enlaces en la cadena principal, es más susceptible a oxidarse (Capitani, 2013; Damodaran et al., 2008).

En el caso de la temperatura, a pesar de que el análisis estadístico en la tabla 21, muestra que tiene influencia al momento de evaluar el pH, es importante decir que no será tomado en cuenta para este análisis, puesto que, es evidente que el pH se va a ver afectado porque las mediciones se realizaron a distintas temperaturas, dando como resultado datos estadísticos diferentes.

La Tabla 23 muestra una influencia por parte de la acidez y la interacción de acidez con semilla, mientras que por parte de la temperatura no existe ninguna influencia en el pH del mucílago de chía.

**Tabla 23. Análisis de varianza del pH del mucílago de chía obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	p-valor
Total	23	88,56		
Temperatura	1	0,17	0,17	0,0936
Acidez	1	85,96	85,96	<0,0001*
Semilla	1	0,01	0,01	0,5979
Temperatura*Acidez	1	0,18	0,18	0,0824
Temperatura*Semilla	1	0,01	0,01	0,6853
Acidez*Semilla	1	1,46	1,46	0,0001*
Temperatura*Acidez*Semilla	1	0,00082	0,00082	0,9016
Repetición	2	0,05	0,03	0,6014
Error	14	0,72	0,05	

**Nota: a)** Hay diferencia significativa  $p < 0,05$ , **b)** No hay diferencia significativa  $p > 0,05$

Puesto que hay variaciones significativas ( $p < 0,05$ ) se procede a un análisis más detallado. Existe una diferencia de los tratamientos al momento de analizar el pH del mucílago de chía donde el tratamiento con pH más alto (7,48) fue el 3, el cual se lo realizó a 25°C de temperatura, sin ácido y con semilla sin tratamiento. Por otro lado el tratamiento con menor pH (3,04) fue el 4 que a diferencia del mencionado anteriormente se le adiciono 0,5% de ácido cítrico, (Tabla 24).

**Tabla 24. Análisis de la prueba Tukey del pH del mucílago de chíá obtenido después del proceso de extracción, evaluado a varias temperaturas, acidez y acondicionamientos de la semilla. 2015. n=24**

Tratamientos	Medias ( $\pm$ DE)	Separación de medias ( $\alpha= 5\%$ )	
T3 T25°C-S.ácido-Congrasa	7,48 $\pm$ 0,187	A	
T7 T80°C-S.ácido-Congrasa	7,19 $\pm$ 0,07	A	B
T1 T25°C-S.ácido-Singrasa	6,99 $\pm$ 0,305	A	B
T5 T80°C-S.ácido-Singrasa	6,6 $\pm$ 0,147		B
T2 T25°C-C.ácido-Singrasa	3,51 $\pm$ 0,229		C
T6 T80°C-C.ácido-Singrasa	3,49 $\pm$ 0,2		C
T8 T80°C-C.ácido-Congrasa	3,08 $\pm$ 0,201		C
T4 T25°C-C.ácido-Congrasa	3,04 $\pm$ 0,315		C

Nota: a) En las columnas se encuentran letras diferentes, hay diferencia significativa.  
 b) En las columnas se encuentran letras iguales no hay diferencia significativa.  
 c) DE: Desviación Estándar

Se observa un efecto de la interacción acidez-semilla, sin embargo esto hay un mayor efecto de la acidez sobre esta interacción ya que la semilla fue separada de la solución previamente. Cabe recalcar que la media más alta de pH obtenido en el presente estudio fue de 7,48 con el tratamiento 3 a las condiciones de extracción ya mencionadas y una agitación mecánica. Este valor es similar al obtenido mediante el proceso patentado WO 2008044908 A2, donde el mismo es de 6,6. Sin embargo las condiciones de extracción fueron diferentes: se solubilizó el mucílago con sonicación; para separar se aplicó el proceso de filtración por presión y se deshidrató en un horno (Mascarua et al., 2008).

Como se puede observar en algunos estudios similares, el rango de pH óptimo para la funcionalidad del mucílago es de 3-9, por lo que. Se podría incluir al mucílago en las formulaciones de distintos productos alimenticios y aprovechar así sus propiedades estabilizantes y espesantes. Sin embargo, en productos con medios ácidos no se recomendaría adicionar, puesto que se perderían estas propiedades y se perdería también el efecto deseado en los productos,

sin embargo, sus propiedades nutricionales no se ven afectadas por el pH, razón por la cual, podría ser una buena fuente para enriquecer o fortificar los alimentos (Behrouzian et al., 2013; Medina-Torres et al., 2000; Muñoz, 2012).

### 3.2. Caracterización bromatológica del mucílago extraído de la chía

Se presentan los resultados obtenidos del análisis bromatológico aplicado al mejor tratamiento.

#### 3.2.1. Humedad

Se utilizó el método de desecador infrarrojo, técnica que es utilizada debido a la facilidad de manejo. Varios estudios analizan la humedad de los alimentos de esta manera por lo bajos costos de energía. También se utilizó el método de determinación por estufa de aire, a pesar de que la muestra requerida era de 5 gramos el proceso se realizó con 0,2 debido al bajo rendimiento obtenido de la extracción (Alimentos, 1990; Krishnamurthy, Khurana, Soojin, Irudayaraj, y Demirci, 2008; Pan y Atungulu, 2011).

En la tabla 25 se encuentran los porcentajes de humedad de algunos agentes gelificantes importantes para la industria alimenticia.

**Tabla 25. Porcentaje de humedad de distintos agentes gelificantes.**

<b>Muestra</b>	<b>Humedad (% b.s)</b>
Mucílago de chía método infrarrojo	14,1
Mucílago de chía método estufa de aire	10
Mucílago de chía (Capitani, 2013)	11,4
Goma Guar	10,3
Goma Xantan	14,08
Goma Garrofin	8,9

Adaptada de (Sciarini et al., 2009)

A pesar de los diferentes tipos o condiciones de extracción, los porcentajes de humedad obtenidos, son similares a los resultados de otros estudios.

(Alimentos, 1990; Ávila de la Roda et al., 2015; Capitani, 2013; Capitani et al., 2015; Capitani, Ixtaina, y Nolasco, 2013; Sciarini et al., 2009).

### 3.2.2. Cenizas

En la tabla 26 se presentan los valores de algunos agentes gelificantes que se utiliza en la industria alimenticia comparados con el valor obtenido en el presente estudio.

**Tabla 26. Porcentaje de cenizas de distintos agentes gelificantes.**

<b>Muestra</b>	<b>Cenizas (% b.s)</b>
Mucílago de chía obtenido en el presente estudio	4,75
Mucílago de Chía (Coorey et al., 2014)	3,78
Goma Guar	0,89
Goma Tragacanto	3,27
Goma Garrofin	0,9

Adaptada de (Ávila de la Roda et al., 2015), (Coorey et al., 2014), (Sciarini et al., 2009)

El porcentaje obtenido de cenizas en el biopolímero de chía, es superior al dato registrado por Coorey, Tjoe y Jayasena (2014), quienes analizan también el mucílago de chía. A la vez el mucílago de chía posee un porcentaje mayor en relación a las gomas utilizadas comúnmente en la industria. Estos valores corroboran lo mencionado en el marco teórico, sobre el contenido de minerales en la semilla de chía, con lo que se puede concluir que la chía aporta cantidades significativas de algunos minerales,(Ávila de la Roda et al., 2015; Sciarini et al., 2009).

### 3.2.3. Fibra dietaria

Para el presente estudio se determinó la cantidad de fibra dietaria total con el fin de conocer el contenido de fibra soluble e insoluble presente en el mucílago de chía con semilla. Como se mencionó en la metodología los análisis se realizaron en el laboratorio certificado Multianalítica Cía. Ltda. Los resultados obtenidos se pueden ver en la Tabla 27.

**Tabla 27. Porcentaje de fibra dietaria presente en el mucílago de chía con semilla**

<b>Parámetros</b>	<b>Muestra de mucílago de chía % (b.s )</b>
Fibra dietaria total	55,06
Fibra Insoluble	51,86
Fibra soluble	3,2

Adaptado de: Laboratorios Multianalítica Cía. Ltda. (2015)

En 50 gramos de mucílago de chía con semilla, hay 27,53 gramos de fibra dietaria. Tomando en cuenta que el requerimiento de fibra diario para un adulto es de 25-30 g, se podría decir que consumiendo 25 g de chía (equivalente a 1/8 de taza al día) se puede cubrir alrededor del 50% de la dosis diaria requerida, lo cual la convierte en una fuente importante de este nutriente. Sin embargo, este grano no es consumido comúnmente por la población ecuatoriana debido a la falta de conocimiento del mismo. Por esta razón, hay otro tipo de alimentos que tienen mayor acogida en el mercado a pesar de que la cantidad de consumo necesaria para cubrir los requerimientos de fibra sea mayor, como se muestra en la Tabla 28 (Escudero Álvarez y González Sánchez, 2006; FAO, 2014; Gray, 2006; USDA y Dhhs, s.f).

En cuanto a la fibra soluble, el valor obtenido es similar al 3,1% expuesto por Vázquez-Obando (2009). Sin embargo, al compararlo con la fibra soluble 14,3% presente en la alcachofa que es un producto de consumo ordinario, se puede demostrar que a pesar de que el gel es reconocido por sus propiedades funcionales, el rendimiento no es el suficiente como para ser aplicado a nivel industrial, (Grigelmo-Miguel y Martín-Belloso, 1999; Vázquez Ovando et al., 2009).

**Tabla 28. Contenido de fibra dietaria en distintos tipos de alimentos.**

<b>Alimento</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Gramos de fibra dietaria</b>	<b>Cantidad (g) para cubrir el 50% de la dosis diaria de fibra</b>
Chía	25	13,77	25
Trigo	25	3,05	125
Fréjol	25	6,23	62
Avena	25	2,65	150
Lenteja	25	2,68	150
Haba	25	4,75	75
Cebada	25	4,33	75

Adaptada de (Reyes et al., 2009), (USDA, s.f.-a)

Como se puede observar en la Tabla 28, ninguno de los alimentos antes expuestos tiene un valor similar de fibra a comparación de la chía. Sin embargo, en el caso del trigo es necesario consumir 125 gramos para cubrir la mitad de la dosis diaria, pero a diferencia de la chía, este es un ingrediente común en la dieta de la mayoría de los ecuatorianos y se puede consumir la cantidad necesaria con una gran variedad de productos, como pan, galletas, fideos y otros, (Reyes et al., 2009; USDA, s.f.-a).

### 3.3. Análisis económico

El análisis se realizó tomando en cuenta los costos del proceso de hidratación para 360 g de solución del tratamiento con mayor consistencia, al que se aplicó 25°C de temperatura, sin ácido cítrico y con semilla sin tratamiento, (Tabla 29).

**Tabla 29. Costos de hidratación de 360 g de solución de semilla de chía en agua destilada.**

<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Semilla de chía	18 g	0,42
Agua destilada	342 mL	0,20
Plancha agitadora	2 kWh	0,16
<b>Total</b>		<b>0,78</b>

Adaptado de (Casa de los Químicos, 2015)

El análisis se realizó tomando en cuenta los costos de extracción del mucílago de chía a partir del tratamiento con mayor consistencia, en el que se utilizó

25°C, sin adición de ácido cítrico y semilla sin tratamiento; para la obtención de 2,85% de rendimiento, (Tabla 30).

**Tabla 30. Costos de extracción del mucílago de chía**

<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Semilla de chía	18 g	0,42
Agua destilada	342 mL	0,20
Plancha agitadora	2 kWh	0,16
Centrifugadora	2kWh	0,16
Liofilizador	120kWh	9,6
<b>Total</b>		<b>10,54</b>

La diferencia de costos entre el proceso de extracción y de hidratación es alta. Se debe tomar en cuenta que con un costo de \$ 0,78 se obtiene una solución de 360 g de mucílago con semilla. A pesar de que se encuentra presente la semilla el rendimiento es mayor y los costos son factibles para su uso a nivel industrial; a diferencia de la extracción de la que se obtiene únicamente 0,69 gramos de mucílago puro a un costo de \$10,54 lo cual no es aplicable a nivel industrial.

El tratamiento 3, en el que se aplicó 25°C de temperatura, 0% de ácido cítrico y semilla entera, fue seleccionado para los análisis, por su resultado en cuanto a consistencia y estabilidad, a pesar de que el rendimiento sea bajo. La consistencia del producto con semilla es inferior a la del producto puro, debido a que este se encuentra más concentrado y la cantidad de agua es mínima, generando una resistencia mayor a fluir. Sin embargo, no hay una diferencia tan pronunciada entre mucílago puro y mucílago con semilla como para extraer las semillas e incrementar los costos, razón por la cual se puede aplicar el gel con semilla en productos como mermeladas, jugos de fruta, yogurt, jaleas, postres lácteos, aguas saborizadas, aderezos y salsas; sin alterar sus propiedades organolépticas (Guiotto, 2014; Siccha y Lock, 1992).

El rendimiento obtenido en la hidratación fue 34,35% a comparación de 2,85% de mucílago puro, sin embargo, se debe tomar en cuenta que la diferencia de costos es de \$9,76 y el rendimiento es mucho menor. Para tener un mejor

rendimiento es necesario adicionar ácido cítrico, incrementar la temperatura de hidratación y desengrasar la semilla, estos procesos aumentan el costo inicial y el producto que se obtiene no es de buena calidad, porque la estructura se encuentra destruida y el gel no presenta la estabilidad necesaria.

Al momento de analizar el rendimiento, el método utilizado en este estudio presenta altos costos de extracción y bajo rendimiento. En un estudio realizado por Capitani, (2013) el rendimiento es similar (3,8%), sin embargo, se hace uso de una bomba de vacío para filtrar las semillas. En cuanto al estudio realizado por Muñoz, (2012) el rendimiento es mucho mayor (6,9%) lo que puede atribuirse a un proceso de deshidratado previo a una separación de la semilla por medio de una malla. Por lo que se podría emplear otras metodologías para alcanzar un mayor rendimiento y reducir así los costos de extracción (Capitani, 2013; Muñoz, 2012).

En el mercado se comercializan productos similares a precios más bajos, CMC \$12,52/kg, goma xantan \$9,52/kg y carragenina \$14/kg (Casa de los Químicos, 2015). Por esta razón, no es factible extraer el gel de chíá para su uso como aditivo alimentario, ya que, el rendimiento es bajo y tiene un costo alto. Sin embargo se lo puede adherir en solución con semilla a productos que requieran su uso como agente gelificante, ligante, espesante y que no varíen sus propiedades organolépticas por contener la semilla en ellos.

## 4. Capítulo IV. Conclusiones y Recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

- La acidez y temperatura tuvieron un efecto significativo y directo en el proceso de extracción y separación del biopolímero de chíá. La temperatura de 80°C desnaturaliza la estructura, generando un mayor rendimiento ( $17,13 \pm 0,67$ ) y tiene un efecto negativo en la consistencia ( $7,92 \pm 0,46$ ) del gel, afectando la calidad del mismo y limitando sus aplicaciones a nivel industrial. En el caso de la acidez, los medios ácidos reducen la consistencia pero incrementan el rendimiento, sin embargo, el uso de este tipo de productos esta dado básicamente por su capacidad gelificante, por lo que, la consistencia es el factor más relevante en este estudio.
- Los procesos de aumento de temperatura, acidez y desengrasado de semilla, aplicados para la extracción del mucílago de chíá, afectaron la densidad, viscosidad, rendimiento y pH del mismo. La agitación y la centrifugación establecidas, redujeron la consistencia del producto al desestabilizar la estructura molecular del mismo. La centrifugación, favoreció la sedimentación de las semillas, generando un mejor rendimiento, sin embargo, los resultados obtenidos no superan el 10% de rendimiento a  $\alpha = 0,05$ .
- El tratamiento más efectivo es la extracción con 25°C de temperatura, sin aplicación de ácido cítrico y semilla sin tratamiento, al ser el que mayor consistencia presentó, tomando en cuenta que esta es la propiedad que le otorga su valor industrial. Sin embargo, fue el que menor rendimiento alcanzó y no se necesitó incurrir en gastos adicionales para obtener los resultados deseados. Este es el caso de otros tratamientos que a pesar de tener gastos más elevados el rendimiento de igual manera fue bajo.
- Los costos para obtener el mucílago puro sin semilla son altos (\$10,57, para 0,69g) y el rendimiento no es relevante en comparación con algunos

productos que se comercializan en el mercado. Se podría decir que el mucílago, si bien tiene potencial de uso, no se lo puede considerar como un sustituyente de un aditivo alimentario y es preferible utilizarlo junto con la semilla de chía.

- Los valores de fibra dietaria presentes en la chía son altos (55,06 % b.s, en 50g) en comparación de otros alimentos, sin embargo, no es práctico consumir la cantidad necesaria para cubrir la dosis diaria requerida. Esto es debido a que no existe una amplia variedad de productos en el mercado que contengan este grano en cantidades suficientes, desaprovechando así sus propiedades funcionales o nutricionales.
- El proceso de trituración ayudó a exponer los nutrientes, en este caso el mucílago presente en la semilla, de modo que para aprovechar los mismos sería ideal comercializarlo como harina de chía o semilla molida que sirva como ingrediente para otros productos.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Una vez conocido el efecto de la temperatura y la acidez en el mucílago se recomienda, mantener las condiciones adecuadas (25°C, 0% de ácido cítrico, semilla entera) que no afectan las propiedades físico- químicas, pero buscar nuevas metodologías de extracción que permitan incrementar el rendimiento sin alterar las propiedades del producto.
- A pesar de que el mucílago puro tiene una mayor aplicación a nivel industrial, se recomienda mantenerlo con semilla. De esta manera se puede aprovechar sus propiedades funcionales y también el contenido nutricional presente tanto en el gel como en la semilla. Obteniendo así un producto más estable, con mejor rendimiento y a un precio accesible para ser comercializado.

- No es posible reemplazar a los aditivos comerciales por el mucílago de chía debido a los altos costos de extracción, sin embargo, se recomienda adicionarlo junto con la semilla, para la elaboración de alimentos funcionales, con el fin de sustituir ingredientes que en algunas ocasiones no pueden ser consumidos por personas con necesidades nutricionales especiales.
- Se recomienda continuar con investigaciones relativas al mucílago de chía con semilla para determinar qué tan factible es su aplicación en la industria alimentaria, como un ingrediente adicional, mas no como un aditivo.

## REFERENCIAS

- Abraján, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del Nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. Universidad Politécnica De Valencia.
- Alimentarios y Técnica, S. A. de C. V. (2015). La goma guar y su uso en alimentos. En *Industria Alimentaria* (pp. 1–10). México: Alimentarios y Técnica, S.A. de C.V.
- Alimentos Argentinos. (2015). Semillas: Pequeños alimentos con grandes nutrientes. *Nutrición y Educación Alimentaria*, 1–3. <http://doi.org/4349-2810/2114-nutricion@minagri.gob.ar>
- Alimentos, S. Q. D. E. (1990). *Determinación de humedad. Método de la estufa de aire*. Instituto de salud.
- Arroyo, D. (2011). *Estudio investigativo de la chía y su aplicación a la gastronomía*. Universidad tecnológica equinoccial.
- Ashland. (2013). Soluciones en ingredientes para alimentos. *Ashland*, 1–16.
- Ávila de la Roda, G., Alvarez-Ramirez, J., Carter-Vernon, E. J., Carillo-Navas, H., y Pérez-Alonso, C. (2015). Viscoelasticity of chia ( *Salvia hispanica* L .) seed mucilage dispersion in the vicinity of an oil-water interface. *Food Hydrocolloids*, 49, 200–207. Recuperado el 3 de Septiembre del 2015 de, <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.017>
- Ayerza, R., y Coates, W. (2006). *Chía. Redescubrimiento un olvidado alimento de los Aztecas*. Buenos Aires: Editorial Del Nuevo Extremo.
- Bautista, M., Camarena, E., Alanís, G., Álvarez, L., Gamaño, Z., y Mota, V. (2005). Desarrollo, valor nutritivo y características funcionales de galletas elaboradas con chía y linaza, 1(1), 1.
- Behrouzian, F., Razavi, S. M. A., y Karazhiyan, H. (2013). The effect of pH, salts and sugars on the rheological properties of cress seed (*Lepidium sativum*) gum. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(12), 2506–2513. Recuperado el 5 de Noviembre del 2015 de <http://doi.org/10.1111/ijfs.12242>

- Cahill, J. P. (2003). Ethnobotany of chia, *Salvia Hispanica L.* (Lamiaceae). *Economic Botany*, 57(4), 604–618. Recuperado el 14 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1663/0013-001>
- Capitani, M. (2013). *Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía ( Salvia hispanica L .) Aplicación en tecnología de alimentos*. Universidad Nacional de la Plata.
- Capitani, M. ., Corzo-Rios, L. ., Chel-Guerrero, L. ., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. ., y Tomás, M. C. (2015). Rheological properties of aqueous dispersions of chia ( *Salvia hispanica L.*) mucilage. *Journal of food engineering*, 149, 70–77. Recuperado el 6 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.043>
- Capitani, M., Corzo, L. J., Chel-Guerrero, L. A., Betancur, D., Nolasco, S. M., y Tomás, M. C. (2004). Caracterización Reológica de Dispersiones de Chía (*Salvia hispanica L.*). *CIDCA, CONICET*, 4.
- Capitani, M., Ixtaina, V., y Nolasco, M. (2013). Microstructure , chemical composition and mucilage exudation of chia ( *Salvia hispanica L .*) nutlets from Argentina and Mabel C Tom as. *Science food agriculture*, (July 2012). Recuperado el 6 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1002/jsfa.6327>
- Casa de los Químicos. (2015). *Cotización de gomas comerciales*. Quito: Comunicación telefónica.
- Cho, S., y Dreher, M. (2002). Handbook of Dietary Fiber. *Am J Clin Nutr*, 76(2). Recuperado el 14 de Julio del 2015 de <http://ajcn.nutrition.org/cgi/content/long/76/2/493>
- Coorey, R., Tjoe, A., y Jayasena, V. (2014). Gelling Properties of Chia Seed and Flour. *Journal of Food Science*, 79(5), E859–E866. Recuperado el 14 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1111/1750-3841.12444>
- Damodaran, S., Parkin, K. L., y Fennema, O. R. (2008). *Fennema Química de los Alimentos*. (Acribian S.A., Ed.) (3era ed.). Zaragoza.
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., y Severin, C. (2012). Caracterización Morfoanatómica de Hoja , Tallo, Fruto y Semilla de *Salvia hispanica L .* (Lamiaceae ). *Boletín Latinoamericano y del Caribe*

- de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(3), 249–268.
- Escudero Álvarez, E., y González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutricion Hospitalaria*, 21(SUPPL. 2), 61–72.
- FAO. (1996). *Domestication and commercialization of non-timber forest products in agroforestry systems*. (R. R. B. Leakey, A. . Temu, M. Melnyk, & P. Vantomme, Eds.). Roma.
- FAO. (2014). *Necesidades Nutricionales*.
- Farhoosh, R., y Riazi, A. (2007). A compositional study on two current types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 660–666. Recuperado el 7 de Octubre del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.021>
- Fedeniuk, R. W., y Biliaderis, C. G. (1994). Composition and Physicochemical properties of Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Mucilage. *Agriculture, food chemistry*, 42, 240–247.
- Gallardo, C., Pazmiño, J., y Enríquez, S. (2013, mayo). Extracción y caracterización reológica del mucílago de *Malvaviscus penduliflorus* ( San Joaquín ) Extraction and rheological characterization of *Malvaviscus penduliflorus* ( sleeping hibiscus ) mucilage. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(4), 567–574.
- Garcia-Alonso, M., De Pascual- Teresa, S., Santos-Buelga, C., y Rivas-Gonzalo, J. C. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry*, 84(1), 13–18. Recuperado el 1 de Julio del 2015 de <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=15217156>
- Garcia-Ochoa, F., y Casas, J. (1992). Viscosity of Locust Bean (*Ceratonia siliqua*) Gum solutions. *Sci Food Agriculture*, 59, 97–100.
- Gómez, L., y Nader-Macias, M. (2012, diciembre). Productos elaborados con semillas de chía y sésamo: composición química , aceptabilidad , satisfacción y conocimiento sobre sus propiedades nutricionales. *Actualización en Nutrición*, 1–18.
- González, F. (2010). *Caracterización de compuestos fenólicos presentes en la semilla y aceite de chía ( Salvia hispanica L . )*, Mediante electroforesis

- capilar*. Instituto Politécnico Nacional.
- Gray, J. (2006). *Fibra dietética. Definición, análisis, fisiología y salud*. (I. life sciences Institute, Ed.) *Fst.Sagepub.Com*. Belgica.
- Grigelmo-Miguel, N., y Martín-Belloso, O. (1999). Comparison of Dietary Fibre from By-products of Processing Fruits and Greens and from Cereals. *Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie*, 32(8), 503–508. Recuperado el 30 de Septiembre del 2015 de <http://doi.org/10.1006/fstl.1999.0587>
- Guiotto, E. N. (2014). *Aplicación de subproductos de chía (Salvia hispanica L.) y girasol(Helianthusannuu L .) en alimentos*. Universidad Nacional de la Plata.
- Higiro, J., Herald, T. J., Alavi, S., y Bean, S. (2007). Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution: Effect of salt. *Food Research International*, 40(4), 435–447. Recuperado el 7 de Octubre del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.02.002>
- Houska, M., Valentova, H., Novotna, P., Strohalm, J., Sestak, J., y Pokorny. (1998). Shear Rates During Oral and Nonoral Perception of Viscosity of Fluids Foods. *Journal of Texture Studies*, 29(6), 603–615. Recuperado el 17 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1998.tb00188.x>
- Huina, C., Medel, C., y Retamal, M. (2008). Concentración Gravitacional: concentración centrífuga, 1(1), 9.
- INEN. (1999). *Solventes. Determinación de la densidad Relativa*. (Vol. 2150). Quito.
- Instituto de Salud Pública de Chile. (1990). *Procedimiento para determinar materia grasa : Método Soxhlet*. Chile.
- Ixtaina, V., Nolasco, S., y Tomás, M. (2008). Physical properties of chia (Salvia hispanica L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 286–293. Recuperado el 2 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.03.009>
- Ixtaina, V. Y. (2010). *Caracterización de la semilla y el aceite de chía (Salvia hispanica L.) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en*

*tecnología de alimentos*. Universidad Nacional de la Plata.

- Karazhiyan, H., Razavi, S. M. a, Phillips, G. O., Fang, Y., Al-Assaf, S., Nishinari, K., y Farhoosh, R. (2009). Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2062–2068. Recuperado el 11 de Noviembre del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.03.019>
- Koocheki, A., Reza, A., y Bostan, A. (2013). Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of *Lepidium perfoliatum* seed gum. *Elsevier*, 50(1), 446–456. Recuperado el 11 de Noviembre del 2015 de <http://doi.org/10.1016>
- Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Soojin, J., Irudayaraj, J., y Demirci, A. (2008). Infrared Heating in Food Processing: An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(1), 2–13. Recuperado el 19 de Noviembre del 2015 de <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00024.x>
- Lin, K.-Y., James, D., y Whistler, R. (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydrate Polymers*, 1(23), 13–18. Recuperado el 8 de Julio del 2015 de [http://doi.org/10.1016/0144-8617\(94\)90085-X](http://doi.org/10.1016/0144-8617(94)90085-X)
- Lovik, M., Marchelli, R., Martin, A., y Moseley, B. (2009). Opinion on the safety of ' Chia seeds ( *Salvia hispanica* L .) and ground whole Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products , Nutrition and Allergies Adopted on 13 March 2009. *EFSA*, 996(1), 1–26.
- Lowery, B., Fedeniuk, R. W., McSweeney, K., Biliaderis, C. G., y Richards, L. (1994). Composition and physicochemical properties of linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage. *Journal of Agricultural and Food ...*, 30(9), 2533–2546. Recuperado el 5 de Octubre del 2015 de <http://doi.org/10.1021/jf00038a003>
- Marcotte, M., Taherian Hoshahili, A. R., y Ramaswamy, H. S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34(8), 695–703. Recuperado el 5 de Octubre del 2015 de

[http://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00091-6](http://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00091-6)

- Mascarua, J., Almada, L., Flores, M., Muñoz, J., y Ramirez, M. (2008). Method for obtaining mucilage from salvia hispanica l. Recuperado a partir de Recuperado el 1 de Julio del 2015 de <http://www.google.lt/patents/WO2008044908A2?cl=en>
- Mataix, J. (2009). *Nutrición y Alimentación humana: Nutrientes y Alimentos*. (José Mataix Verdú, Ed.) (2ª ed.). Madrid: Ergon.
- Medina-Torres, L., Brito-De La Fuente, E., Torrestiana- Sanchez, B., y Katthain, R. (2000). Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). *Food Hydrocolloids*, 14(5), 417–424. Recuperado el 5 de Octubre del 2015 de [http://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00015-1](http://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00015-1)
- Mhinzi, G. ., y Mrosso, H. (1994). Studies on Tanzanian Acacia gums. Part 3. Some properties of gum exudate from the series Vulgares and Gummiferae. *Food chemistry*, 3(54), 261–264. Recuperado el 1 de Julio del 2015 de [http://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00038-K](http://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00038-K)
- Mohammad, A., y Razavi, S. M. A. (2012). Dilute solution properties of Balangu ( *Lallemantia royleana* ) seed gum : Effect of temperature , salt , and sugar. *International journal of biological macromolecules*, 51, 235–243.
- Mohd, N., Yeap, S. K., Ho, W. Y., Beh, B. K., Tan, S. W., y Tan, S. G. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012, 1–10. Recuperado el 2 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1155/2012/171956>
- Msagati, T. A. M. (2012). Stabilisers, gums, thickeners and gelling agents as food additives. En *Chemistry of food additives and preservatives* (John Wiley, p. 78,79). New Jersey. Recuperado el 1 de Julio del 2015 de <http://site.ebrary.com.bibliotecavirtual.udla.edu.ec/lib/udlateca/reader.action?docID=10653552&ppg=83>
- Muñoz, L. (2012). *Mucilage from chia seeds(Salvia hispanica ) : Microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Muñoz, L. a., Cobos, a., Diaz, O., y Aguilera, J. M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food*

- Engineering*, 108(1), 216–224. Recuperado el 1 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.037>
- Orrego, C. (2008). *Congelación y liofilización de alimentos*. Manizales: Orrego A.C.E.
- Pan, Z., y Atungulu, G. (2011). *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*. (P. Zhongli y G. A. Griffiths, Eds.) (13<sup>a</sup> ed.). Florida: CRC Press.
- Pérez, M., y Ruano, A. (2008). Vitaminas y salud. *Ámbito Farmacéutico Nutrición*, 23(8), 96–106.
- Phillips, G., y Williams, P. (2009). *Handbook of hydrocolloids*. (G. O. P. and P. A. Williams, Ed.) (segunda ed). New York: CRC Press LLC, 6000 Broken Sound Parkway, NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487, USA.
- Puig, E. I. (2012). *Mejora del valor nutricional y tecnológico de productos de panadería por incorporación de ingredientes a base de chía (Salvia hispanica L.)*. Universidad politécnica de Valencia.
- Razavi, S. M. A., Taheri, H., y Quinchia, L. A. (2011). Steady shear flow properties of wild sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 25(3), 451–458. Recuperado el 7 de Octubre del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.07.017>
- Reyes, M., Gómez-Sanchez, I., Espinoza, C., Bravo, F., y Ganoza, L. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. *Centro Nacional de Alimentación y nutrición instituto nacional de salud*, 16–19. Recuperado el 1 de Julio del 2015 de <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=INPERUPE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=005293>
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, a., y Valdivia-López, M. a. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica L.*) seeds. *Food Chemistry*, 107(2), 656–663. Recuperado el 1 de Julio del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.062>
- Reynoso-Cortés, L. (2002). *Extracción, separación y caracterización reológica*

- del mucilago de la semilla de chía (Salvia spp.)*. Universidad Simón Bolívar México.
- Rodríguez, E., Sandoval, A., y Ayala, A. (2003). Hidrocolides Naturales de Origen Vegetal. *Tecnura*, 13(13), 4–13.
- Rodríguez, J. (1992). *Historia de la agricultura y de la fitopatología, con especial referencia a México*. México: Montecillo, Tex (México). Colegio de postgraduados.
- Rubio, M. a. (2002). Implicaciones de la fibra en distintas patologías. *Nutricion Hospitalaria*, 17 Suppl 2, 17–29.
- Sahagún, B. de, Bustamante, C. M. de, y Guerra, J. S. T. de M. N. y. (1829). *Historia general de las cosas de Nueva Españã, Volume 1*. México: Impr. del ciudadano A. Valdés.
- Salud, I. D. E., Laboratorios, S., y Ambiente, D. E. L. (1990). *Procedimiento para determinar cenizas totales. Método gravimétrico*. Chile.
- San Juan, G., Rendón, R., Solorza, J., y Flores, E. (2013). Extracción acuosa del biopolímero de la chia (*Salvia hispánica* L). *Academia Mexicana de Investigación Y Docencia en Ingeniería Química (AMIDIQ)*, 125–129.
- Sciarini, L. S., Maldonado, F., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., y León, a. E. (2009). Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 306–313. Recuperado el 8 de Octubre del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.02.011>
- Seia, E., y Suárez, A. M. (2003). La chía. En *Los nuevos viejos cultivos: Amaranto, Quinoa y Chía* (pp. 3–6). Buenos Aires: Bolsa de Cereales.
- Siccha, A., y Lock, O. (1992). Hidrocoloides. *Revista de Química PUCP*, VI, 10.
- Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Kasapis, S., y Adhikari, B. (2015). Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81, 991–999. Recuperado el 16 de Noviembre del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.09.040>
- USDA. (s. f.-a). National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Recuperado 8 de Diciembre de 2015 de <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods?qlookup=NUT&fgcd=&manu=&SYNC>

- HRONIZER\_TOKEN=625233fe-01f9-432f-a966-411910a3f52e&SYNCHRONIZER\_URI=%2Fndb%2Ffoods
- USDA. (s. f.-b). *Statistics Report 12006 , Seeds , chia seeds , dried*. Recuperado 8 de Diciembre de 2015 de <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods?qlookup=NUT&fgcd=&manu=&SYNC>
- HRONIZER\_TOKEN=625233fe-01f9-432f-a966-411910a3f52e&SYNCHRONIZER\_URI=%2Fndb%2Ffoods
- USDA, y Dhhs. (s. f.). *Dietary Guidelines for Americans. 7Th Edition*, 1–112. Recuperado el 8 de Diciembre del 2015 de [http://doi.org/10.1016/S0300-7073\(05\)71075-6](http://doi.org/10.1016/S0300-7073(05)71075-6)
- Valderrama, J. (2001). *Informacion Tecnologica* (71<sup>a</sup> ed.). Chile: Centro de Información tecnológica. Recuperado el 15 de Octubre del 2015 de <https://books.google.com/books?id=xRgv4SWDKhMC&pgis=1>
- Vázquez Ovando, A., Rosado Rubio, G., Chel Guerrero, L., y Betancur Ancona, D. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 168–173. Recuperado el 15 de Octubre del 2015 de <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.012>
- Western, T., Skinner, D., y Haughn, G. (2000). Differentiation of Mucilage Secretory Cells of the Arabidopsis Seed Coat. *Plant Physiology*, 122(2), 345–356. Recuperado el 11 de Noviembre del 2015 de <http://doi.org/10.1104/pp.122.2.345>
- Wong, E. (2010). ¿Después De Un Análisis De Variancia...Qué? Ejemplos En Ciencia De Alimentos 1. *Agronomía mesoamericana*, 21(1), 1–8.
- Zavalía, R., Alcocer, M. G., Fuentes, F. J., Rodríguez, A. W., Morandini, M., y Devani, M. R. (2010). Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán, Republica Argentina. Argentina: Revista Avance aroindustrial.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Proceso de extracción de mucílago de chía

Foto1. Trituración de la semilla de chía



Foto2. Desengrasado de la semilla triturada

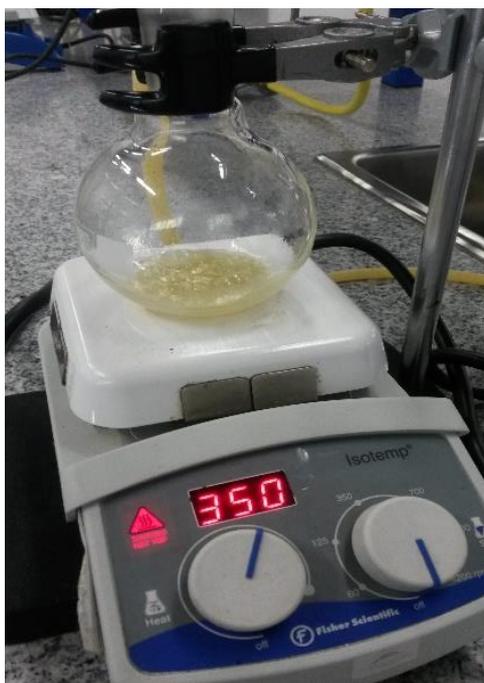


Foto3. Hidratación de la semilla en agua destilada



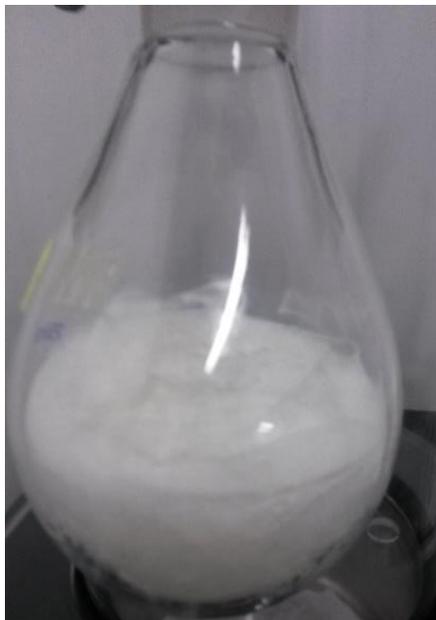
Foto4. Semilla entera hidratada (izquierda) y semilla triturada hidratada (derecha)



Foto5. Solución de mucílago centrifugado.



Foto 6. Mucílago liofilizado.





## Anexo2. Resultados de fibra dietaria de mucílago con semilla, liofilizado.



**Multianalityca Cía. Ltda**

Laboratorio de Análisis y Aseguramiento de Calidad

### INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.22558

26558a

Cliente:	DELGADO HENRY	Lote:	---
Dirección:	AV. ALPALLANA Y DIEGO DE ALMAGRO LA PAZ	Fecha Elaboración:	---
Muestreado por:	El Cliente	Fecha Vencimiento:	---
Muestra de:	ALIMENTO	Fecha Recepción:	30/11/2015
Descripción:	GEL DE CHIA	Hora Recepción:	9:58
		Fecha Análisis:	30/11/2015
		Fecha Entrega:	07/12/2015
		Código:	---

Características Muestra	
Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	Sólido
Contenido Declarado:	50g
Contenido Encontrado:	-----
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

### RESULTADO FISICO-QUIMICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA
FIBRA DIETARIA	%	55.06	MFQ-143	AOAC 985.29
FIBRA DIETARIA INSOLUBLE	%	51.86	MFQ-478	AOAC 991.42
FIBRA DIETARIA SOLUBLE	%	3.2	MFQ-473	AOAC 993.19



  
 Ing. Teresa Ramirez  
 DIRECTORA DE CALIDAD