



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA

**Elaboración de un concentrado proteico a partir de chíá (*Salvia
hispanica* L.) para su uso como ingrediente con actividad
biológica en el desarrollo de nuevos alimentos
funcionales fortificados**

AUTORA

Serrano Cisneros, Marcela Stefanía

**Componente Práctico del Examen Complexivo previo a la obtención del
título de INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

TUTORA

Lcda. Patricia Mora García, Ph. D.

Guayaquil, Ecuador

Agosto, 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

1 FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIRÍA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Componente Práctico de Examen Complexivo fue realizado en su totalidad por **Serrano Cisneros Marcela Stefanía**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniera Agroindustrial**.

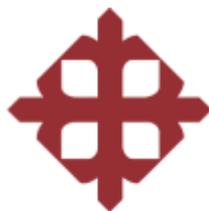
TUTORA

Lcda. Patricia Mora García, Ph. D.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.

Guayaquil, a los 4 días del mes de agosto del año 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Marcela Stefanía Serrano Cisneros

DECLARO QUE:

El presente Componente Práctico de Examen Complexivo, **Elaboración de un concentrado proteico a partir de chíá (*Salvia hispanica* L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados**, previo a la obtención del Título de **Ingeniera Agroindustrial con concentración en agronegocios**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Componente Práctico de Examen Complexivo.

Guayaquil, a los 4 días del mes de agosto del año 2020

AUTORA

Serrano Cisneros, Marcela Stefanía



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, Marcela Stefanía Serrano Cisneros

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución de la propuesta del Componente Práctico de Examen Complexivo, **Elaboración de un concentrado proteico a partir de chía (*Salvia hispanica* L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 4 días del mes de agosto del año 2020

AUTORA

Serrano Cisneros, Marcela Stefanía



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Componente Práctico del Examen Complexivo “**Elaboración de un concentrado proteico a partir de chía (*Salvia hispanica* L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales**”, presentada por la estudiante **Serrano Cisneros Marcela Stefanía**, de la carrera de **Ingeniería Agroindustrial**, obtuvo el resultado del programa URKUND el valor de 0 %, considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	Serrano Cisneros, M., Examen Complexivo UTE A 2020.docx (D78782510)
Presentado	2020-09-08 08:42 (-05:00)
Presentado por	mar_stefa@hotmail.com
Recibido	noelia.caicedo.ucsg@analysis.orkund.com
	0% de estas 45 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2020

Certifican,

Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.
Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.
Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTOS

Antes que todo quiero agradecer a Dios, por ser mi guía en mi camino, brindarme sabiduría y fuerza para afrontar cada obstáculo durante mi vida, permitiéndome culminar esta etapa en mi vida.

Quiero dar un eterno agradecimiento a mi ángel, a mi mamá, que fue, es y seguirá siendo mi pilar fundamental, aunque ya no esté junto a mí viviendo este proceso, debo decir que valoro cada acto realizado para que yo sea y llegue a donde estoy en este preciso momento. A mi papá, que me apoyó de manera especial en todo momento.

A mis hermanos Paola y Daniel, que son mis modelos a seguir y mi inspiración, gracias a ellos y a su apoyo incondicional, he llegado tan lejos, sin ustedes no habría podido culminar esta etapa en mi vida. Gracias por consentirme, aconsejarme, motivarme y tenerme tanta paciencia. Los amo, no sé qué haría sin ustedes, son todo para mí.

Un pequeño agradecimiento a mi Theo, ese pequeño ser que vino hace poco y ahora es mi mundo, todo mi futuro será por y para ti.

A una persona especial, Fransua que, a pesar de todo, ha sido un gran soporte durante mi carrera universitaria y mi vida en todo momento, siempre ha estado ahí para ayudarme y apoyarme.

A mi tutora Patricia García por brindarme su apoyo y guía durante todo este proceso, especialmente por su paciencia. A mis profesores, que me brindaron de sus conocimientos y se ganaron mi cariño, Ing. Bella Crespo, Ing. Jorge Velásquez, Ing. Víctor Chero, Ing. Alfonso Kuffó y por supuesto a la Ing. Noelia Caicedo.

De manera especial quiero agradecer a mi Tía Rossy, que fue mi segunda mamá y que, gracias a ella, junto con mi tío y mis primos me dieron

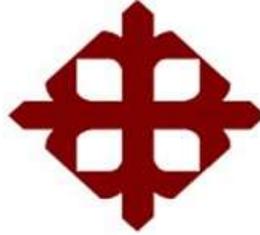
un espacio en su casa durante mi vida universitaria, siempre haciéndome parte de su hogar.

Y por último, pero no menos importante a mis “Mochileros” que gracias a ellos, pase experiencias y momentos inolvidables durante todos estos años, los atesoraré en mi corazón y siempre serán bienvenidos en mi casa.

DEDICATORIA

Esta etapa va dedicada a Dios, mi mamá, mis hermanos y Theo, por ser inspiración y motor en mi vida.

**Con cariño,
Marcela Serrano**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

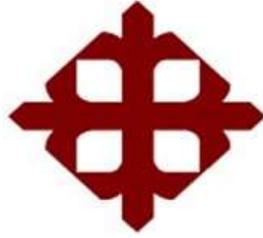
**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESAROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Lcda. Patricia García Mora, Ph. D.
TUTORA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.
DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M. Sc.
COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CALIFICACIÓN

TUTORA

**Lcda. Patricia García Mora, Ph. D.
TUTORA**

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos.....	4
1.1.1 Objetivo General.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos	4
1.2 Hipótesis General	4
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Alimentación y salud.....	5
2.2 Alimentos funcionales	7
2.2.1 Alimentos probióticos.....	10
2.2.2 Alimentos prebióticos.....	11
2.2.3 Alimentos genéticamente modificados.....	12
2.2.4 Alimentos fortificados.....	13
2.3 Generalidades de las proteínas de pseudocereales y leguminosa	15
2.4 Concentrados proteicos.....	19
2.4.1 Producción de concentrados proteicos	20
2.5 La Chía.....	22
2.5.1 Generalidades de la chía	22
2.5.2 Descripción Botánica	23
2.5.3 Composición nutricional.....	25
2.6 Beneficios de la chía.....	29
2.6.1 Antioxidantes	30
2.6.2 Antiinflamatorias	31
2.6.3 Antihipertensivas	32
2.7 Usos de la chía.....	32
2.7.1 Aceite de chía.....	32
2.7.2 Harina de chía.....	33

2.8 Análisis para los concentrados proteicos producidos	33
2.8.1 Electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE)	33
2.8.2 Digestión gastrointestinal <i>in vitro</i>	34
2.8.3 Actividad antioxidante	35
2.8.4 Actividad antihipertensiva	37
2.8.5 Actividad antiinflamatoria	38
3 MARCO METODOLÓGICO.....	39
3.1 Ubicación del ensayo.....	39
3.1.1 Características climáticas y pedológicas	39
3.2 Metodología de la investigación.....	39
3.2.1 Tipo y enfoque de investigación.	39
3.2.3 Método de investigación	40
3.3 Materia prima, materiales y equipos	41
3.3.1 Materia prima	41
3.3.2 Materiales.....	41
3.3.3 Equipos	41
3.3.4 Reactivos.....	42
3.4 Análisis estadísticos	42
3.5 Método Experimental.....	43
3.5.1 Extracción del mucílago de las semillas de chía.	43
3.5.2 Obtención de la harina de chía	44
3.5.3 Análisis proximal de la harina de chía.....	44
3.5.4 Obtención de concentrados proteicos de chía	44
3.5.5 Análisis proximal del concentrado proteico de chía	45
3.5.6 Determinación del rendimiento de los concentrados de chía	45
3.5.7 Electroforesis en gel de poliacrilamida (sds-page).....	46
3.5.8 Digestión gastrointestinal <i>in vitro</i>	47

3.5.9 Actividad antioxidante.....	47
3.5.10 Actividad Antihipertensiva.....	49
3.5.11 Actividad antiinflamatoria.....	49
3.5.12 Determinación de Compuestos fenólicos.....	50
3.5.13 Determinación de Compuestos fenólicos totales	51
3.6 Análisis financiero de la producción.....	51
3.6.1 Costos de producción	52
3.6.2 Relación Costo/Beneficio.....	53
4 DISCUSIÓN.....	54
5 RESULTADOS ESPERADOS.....	64
5.1 Académico.....	64
5.2 Técnico.....	64
5.3 Económico.....	64
5.4 Participación Ciudadana.....	64
5.5 Científico	64
5.6 Tecnológico	64
5.7 Social	64
5.8 Ambiental	65
5.9 Cultural	65
5.10 Contemporáneo.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Jerarquía taxonómica de la chía	23
Tabla 2. Contenido de aminoácidos presentes en la chía	26
Tabla 3. Contenido de vitaminas presentes en la chía	28
Tabla 4. Contenido de minerales presentes en la chía	28
Tabla 5. Métodos para análisis proximal de la harina de la chía	44
Tabla 6. Métodos para análisis proximal del concentrado proteico de chía	45
Tabla 7. Compuestos polifenólicos presentes en harina de chía	50
Tabla 8. Costos detallados de la investigación	51
Tabla 9. Costos fijos y costos de variables	53
Tabla 10. Detalle de costo y beneficio	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Inflorescencias de <i>Salvia hispanica</i> L.	24
Gráfico 2. Semillas de chía	25
Gráfico 3. Cámara de electroforesis	34
Gráfico 4. Estructuras de los compuestos fluoresceína	36
Gráfico 5. Estructura de radical DPPH.....	37

RESUMEN

En los últimos años, los patrones nutricionales de la sociedad actual han sufrido un gran declive debido a muchos factores. Por esto, se han buscado alternativas que cubran las deficiencias nutricionales sin modificar los hábitos alimenticios poblacionales. Los pseudocereales y leguminosas han sido reconocidas como materias primas de gran relevancia, debido a su elevado valor nutricional, gran disponibilidad, bajo coste de producción y elevada aceptación a nivel poblacional. En este contexto se quiere producir a partir de chía (*Salvia hispanica* L.), pseudocereal de producción local, un concentrado proteico que sea usado como ingrediente con actividad biológica (antioxidante, antiinflamatoria y antihipertensiva) para el desarrollo de nuevos alimentos funcionales. Los pasos para la obtención de dicho concentrado serán: (i) Molido de las semillas de chía hasta la obtención de harina; (ii) Dilución de la harina en agua en una relación 1:10; (iii) Eliminación del mucílago mediante hidratación y posterior filtrado; (iv) Extracción a temperatura ambiente de las proteínas a distintos valores de pH (1 - 12), hasta establecer el pH óptimo (mayor contenido de proteína soluble). Posteriormente se realizará al concentrado producido, un gel de electroforesis para ver su perfil proteico y se determinará su actividad biológica. Finalmente se someterá al concentrado seleccionado a un proceso de digestión gastrointestinal simulada y se volverá a determinar su perfil fenólico y su actividad biológica para ver si está, se ve modificada por acción de las enzimas digestivas tras su ingesta. La digestión se realizará mediante la hidrólisis consecutiva de pepsina, tripsina y pancreatina.

Palabras clave: alimento funcional, chía, concentrado proteico, enzimas, ingrediente.

ABSTRACT

In recent years, the nutritional patterns of today's society have suffered a great decline due to many factors. For this reason, alternatives have been sought that cover nutritional deficiencies without modifying population eating habits. Pseudo-cereals and legumes have been recognized as highly relevant raw materials, due to their high nutritional value, high availability, low production cost and high acceptance at the population level. In this context, we want to produce from chia (*Salvia hispanica* L.), a locally produced pseudocereal, a protein concentrate that is used as an ingredient with biological activity (antioxidant, anti-inflammatory and antihypertensive) for the development of new functional foods. The steps for obtaining said concentrate will be: (i) Grinding chia seeds until obtaining flour; (ii) Dilution of the flour in water in a 1:10 ratio; (iii) Elimination of the mucilage by hydration and subsequent filtering; (iv) Extraction at room temperature of the proteins at different pH values (1-12), until the optimum pH is established (higher content of soluble protein). Subsequently, an electrophoresis gel will be carried out on the concentrate produced to see its protein profile and its biological activity will be determined. Finally, the selected concentrate will be subjected to a simulated gastrointestinal digestion process and its phenolic profile and biological activity will be determined again to see if it is modified by the action of digestive enzymes after ingestion. The digestion will be carried out by the consecutive hydrolysis of pepsin, trypsin and pancreatin.

Key Words: chia, functional food, enzymes, ingredient, protein concentrate.

1 INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria a lo largo del tiempo ha ido evolucionando, con el fin de brindar alimentos de calidad, los cuales, además de cumplir con su función nutricional específica, presenten efectos beneficiosos en la salud del consumidor. Estos esfuerzos de constante evolución por parte del sector agroindustrial y biotecnológico están estrechamente relacionados con las modificaciones en los patrones y conductas alimenticias observadas en la población mundial en los últimos 10 años.

Los nuevos patrones y conductas alimenticias se pueden evidenciar de manera cotidiana por gran parte de la población. En estos prevalece un estilo de vida más sedentario y un incremento en la dieta diaria de alimentos precocinados, de rápida preparación, y de productos alimenticios conocidos como “comida rápida/basura”. Estos a pesar de ser diseñados para solventar la falta de tiempo y organización la población, presentan en su composición sustancias no naturales, como aditivos y conservantes, los cuales, al ser consumidos frecuentemente pueden presentar un efecto nocivo sobre la salud.

Otras modificaciones en los patrones poblacionales están relacionadas con temas de índole patológico, como por ejemplo la celiaquía, o por argumentos religiosos, donde se prohíbe el consumo de determinados alimentos. Así mismo, estos cambios pueden ser atribuidos a aspectos devocionales, como colectivos veganos o deportivos, o incluso por factores económicos y culturales de cada región o país.

En este contexto, son muchas las investigaciones que se centran en desarrollar alimentos que presenten un demostrado efecto saludable sobre el organismo, más allá de lo nutricional.

Este grupo de alimentos son conocidos como alimentos funcionales, ya que presentan la particularidad de ejercer, tras su consumo de manera

regular, un efecto beneficioso sobre el organismo, previniendo e incluso evitando el desarrollo de determinadas patologías.

Entre los distintos tipos de alimentos funcionales que se encuentran en el mercado están aquellos que son elaborados mediante la adición de un componente o ingrediente, como por ejemplo la adición de un concentrado proteico, con la finalidad de que, en la composición final del alimento desarrollado se encuentren uno o más compuestos con actividad biológica, lo cual ayuda a minimizar la expresión del factor de riesgo y contraer alguna enfermedad.

A pesar de que los concentrados proteicos que se adicionan a distintos alimentos pueden ser producidos a partir de fuentes proteicas de origen animal y vegetal, estos últimos suelen ser las más empleadas debido a su fácil acceso y gran sostenibilidad. Concretamente, muchos de los concentrados proteicos usados para la elaboración de alimentos funcionales son producidos a partir de pseudocereales o cereales, ya que además de ser una fuente económica y sostenible de proteínas, el consumo de estas materias primas se ha relacionado con la prevención del desarrollo de ciertas enfermedades degenerativas o crónicas como la hipertensión, la obesidad o la diabetes.

Dentro de las materias primas de origen vegetal, la chía (*Salvia hispanica* L.), ha presentado un creciente interés en los últimos años, debido a sus propiedades nutricionales y terapéuticas asociadas. Se trata de una planta ancestral originaria de centro américa, que presenta en su composición un elevado contenido proteico, comparado con otros pseudocereales. Esta planta es fácilmente digerible y es rica en aminoácidos esenciales como isoleucina, leucina y valina. Además, es considerada una excelente fuente de compuestos con actividad biológica, debido a su alto contenido ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y 6, compuestos fenólicos y fitoquímicos, la cuales le confieren un marcado carácter funcional debido a su potente actividad biológica (Falco, Fiore, Rossi, Amato y Lanzotti, 2018).

Uno de los alimentos funcionales producidos a través de pseudocereales es la chía, este alimento es uno de los cereales con mayor porcentaje proteico en su composición, siendo considerada además una fuente de péptidos y compuestos biológicamente activos, por lo que su producción y consumo se está viendo potenciado en los últimos años.

Debido al elevado valor nutricional y la demostrada actividad biológica que presenta esta semilla, el presente trabajo tiene como objetivo elaborar un concentrado proteico a partir de chía (*Salvia hispanica* L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General.

- Elaborar un concentrado proteico a partir de chía (*Salvia hispanica* L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados.

1.1.2 Objetivos Específicos.

- Caracterizar la materia prima previo a realizar el concentrado proteico.
- Caracterizar el ingrediente con actividad biológica.
- Estudiar la factibilidad económica de la producción del ingrediente a partir de concentrados proteicos de la chía.

1.2 Hipótesis General

Pueden ser usados como ingrediente los concentrados proteicos de chía (*Salvia hispanica* L.) para el desarrollo de nuevos productos funcionales.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Alimentación y salud

Con el paso de los años, la población cada vez es más consciente del gran equilibrio que debe existir entre los conceptos de alimentación y salud, por lo que las conductas alimenticias de la población a nivel mundial se han visto modificadas considerablemente.

De este modo, se ha pasado del simple hecho de consumir alimentos como fuentes de productos, que ayuden a satisfacer las necesidades nutricionales y frenar el hambre, a buscar alimentos que participen en el bienestar físico y mental de los consumidores, previniendo el desarrollo o aparición de enfermedades y consecuentemente mejorando la calidad de vida de los consumidores (Reglero, 2011).

A pesar de la gran conciencia de un amplio sector de la población y de las numerosas investigaciones que corroboran la estrecha relación entre una dieta equilibrada y variada, y la prevención del desarrollo de ciertas enfermedades; los patrones alimentarios de la población latinoamericana se alejan cada vez más de dichos beneficios, debido a que gran parte de la población realiza dietas desequilibradas y poco variadas (Serra y Aranceta, 2002).

Estos desequilibrios alimenticios se han visto agravados en los últimos años debido a un estilo de vida cada vez más sedentario y a modificaciones culinarias ocasionadas por la falta de tiempo para cocinar o por el fácil y económico acceso de productos alimenticios pre elaborados, los cuales a pesar de su fácil y rápido procesado, poseen un mayor contenido en sustancias, que pueden llegar a ser nocivas cuando son consumidas a largo plazo, tales como aditivos, conservantes, entre otros (Serra y Aranceta, 2002).

Muchas modificaciones en la dieta están relacionadas a temas de índole patológico, como por ejemplo la celiaquía o a creencias religiosas, donde se restringe el consumo de distintos animales. También puede ser

debido a posturas devocionales como alimentos para deportistas o colectivos veganos, o incluso puede estar relacionado con factores climáticos, económicos y por los gustos individuales.

Además, cabe resaltar que en las últimas décadas la esperanza de vida de la población anciana es cada vez mayor, por lo que las organizaciones gubernamentales buscan estrategias nutricionales que ayuden a mejorar la calidad de vida de dicho sector poblacional, a fin de reducir los gastos sanitarios que pueden originar el mal estado de salud físico y mental de dicha población (ONU, 2016).

En este contexto, son muchas las investigaciones que se centran en desarrollar alimentos que presenten un efecto saludable, más allá de solo ser nutricionales. Estos tipos de alimentos son conocidos como alimentos funcionales, ya que presentan la particularidad de ejercer, tras su consumo de manera regular, un efecto beneficioso sobre nuestro organismo, previniendo e incluso evitando el desarrollo de determinadas patologías (Kwon, Bae, Seo y Han, 2019).

Numerosos estudios avalan el efecto beneficioso sobre la salud de determinados alimentos tradicionales tales como, granos, frutas y verduras, entre otros, por lo que son muchas las empresas de biotecnología alimentaria y los proyectos de investigación que han focalizado sus esfuerzos en identificar los compuestos responsables del efecto saludable que causa en el organismo la ingesta periódica de estos alimentos tradicionales.

Los nutrientes identificados como beneficiosos o dañinos pueden ser extraídos y en caso de presentar un efecto saludable sobre el organismo, ser usados como ingredientes con actividad biológica, para el desarrollo de nuevos alimentos funcionales (Reglero, 2011).

En este contexto, han aparecido en el mercado un gran abanico de productos alimenticios, conocidos como alimentos funcionales, los cuales, cuando son consumidos de manera regular, ejercen un efecto beneficioso

sobre una o más funciones vitales del organismo, más allá de lo que nutricionalmente aporta el mismo de manera natural, contribuyendo a la prevención de ciertas dolencias o enfermedades (Reglero, 2011). Estos alimentos son ampliamente comercializados y en la mayoría de los casos son diseñados mediante la adición en su composición de un ingrediente que ejercen un efecto beneficioso sobre la salud que ha sido científicamente demostrado.

Entre los alimentos funciones disponibles en el mercado, diseñados mediante la adición de un ingrediente, podemos encontrar los alimentos probióticos, prebióticos; alimentos modificados genéticamente y alimentos fortalecidos (Melo, Machado y Oliveira, 2019).

Estos grupos de alimentos se pueden diferenciar entre sí, en base a la naturaleza del ingrediente con los que son diseñados. Así, los alimentos probióticos y prebióticos deben su efecto protector ante el desarrollo de ciertas patologías a determinadas bacterias o microorganismos que presentan alta relevancia en el sistema autoinmune y gastrointestinal. Los alimentos enriquecidos o fortalecidos por otra parte se diseñan mediante la adición de algún ingrediente o formulación preestablecida, como concentrados proteicos, que tengan un efecto saludable demostrado en el consumidor (Acuña, 2019).

2.2 Alimentos funcionales

El concepto de alimento funcional tiene su origen en el país asiático de Japón en la época de los 80. Estos alimentos fueron creados como una estrategia para reducir los gastos sanitarios generados por la población anciana, la cual presentaba una baja calidad de vida a pesar de que la tasa de mortalidad en esta población año a año iba disminuyendo (Serra y Aranceta, 2002).

Se trataba de preparados alimenticios desarrollados gracias a la incorporación de oligosacáridos y bacterias lácticas como ingredientes con actividad biológica, ya que estos ejercían, sobre la población que los consumía de manera regular, un efecto beneficioso a nivel gastrointestinal.

Estos fueron definidos en 1991 por la Foods for Specified Health Use, (FOSHU), como alimentos “Alimentos para Uso Específico en la Salud” (Shimizu, 2002).

Con el paso de los años los alimentos funcionales fueron tomando gran relevancia a nivel mundial, incorporándose como alimentos legalmente identificados y catalogados en Europa y Estados Unidos a mediados de los años 90. Estos se legalizaron bajo normativas establecidas y reguladas por las organizaciones a cargo de cada país (Cortés, Chiralt y Puente, 2005).

A pesar de que hasta la fecha no hay una definición mundialmente establecida para definir este grupo de alimentos, el Instituto Nacional de Ciencias de la Vida en Europa (ILSI-EUROPE) sostiene que: “Un alimento puede considerarse funcional si ha demostrado satisfactoriamente que afecta de manera beneficiosa a una o más funciones del organismo, más allá de sus efectos nutricionales, de manera que es relevante tanto para mejorar el estado de salud y bienestar como para reducir alguno de los factores de riesgo de enfermedades” (OMC, 2011).

El Consejo Internacional de Información sobre Alimentos (IFIC) conceptualiza a los alimentos funcionales a aquellos que en su composición presente actividad biológica sobre el organismo, tales como: vitaminas, aminoácidos esenciales o antioxidantes, entre otros, y que sean introducidos en la dieta de manera cotidiana (Cruzado y Cedrón, 2012). Estos alimentos pueden ser capaces de producir efectos demostrados de carácter metabólicos o fisiológicos, útiles en el mantenimiento de una buena salud física y mental, cuando son introducidos de manera regular en la dieta (Hernández y Hurtado, 2007).

De acuerdo con la norma INEN 2587: 2011, correspondiente a Alimentos Funcionales, un alimento funcional se define como: Un alimento natural o procesado que siendo parte de una dieta variada y consumido en cantidades adecuadas y de forma regular, además de nutrir tiene componentes bioactivos que ayudan a las funciones fisiológicas normales y/o

que contribuyen a reducir o prevenir el riesgo de enfermedades (NTE INEN 2587, 2011).

Los alimentos funcionales, de manera general, pueden ser clasificados como naturales o modificados. Los primeros, pueden proceder de fuentes de origen animal o vegetal, siendo estas últimas las más relevantes, dado su gran disponibilidad, funcionalidad y bajo coste de producción (Campora, 2016; Van der Goot, 2016).

Entre los alimentos funcionales naturales más destacados se encuentran las leguminosas/pseudocereales, como la chía, la soja, las lentejas, entre otras. Estas, además de ser rica en proteínas de elevado valor biológico, ácidos grasos insaturados, fibra, minerales y vitaminas del grupo B (Ullah et al., 2016), también presentan en su composición sustancias con actividad antioxidante y antiinflamatoria, como polifenoles, fitoesterelos ácido fólico, vitamina E o los péptidos bioactivos, los cuales actúan sobre marcadores metabólicos contribuyendo satisfactoriamente en la prevención y desarrollo de ciertas enfermedades cardiovasculares (Gómez, 2010).

El efecto beneficioso asociado al consumo de pseudocereales ha sido reiteradamente demostrado en los últimos años a través de numerosos estudios. Estos ponen de manifiesto que una dieta rica de este o de sus componentes nutricionales reduce los niveles de colesterol y regula los niveles de presión sanguínea gracias a los efectos ejercidos por los nutrientes previamente nombrados (Jiménez, 2013).

Otros alimentos funcionales naturales que contribuyen a presentar un buen estado de salud física y mental son el tomate y el brócoli cuyos efectos beneficiosos son atribuidos a su contenido en licopeno y a glucosinolatos, respectivamente, los cuales gracias a su efecto antioxidante pueden contribuir a regular ciertos marcadores tumorales. Así mismo, podemos encontrar alimentos de origen animal, como los pescados azules, los cuales gracias su contenido en ácidos grasos omega-3, presentan un efecto terapéutico ante el

desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Baquero, Paternina y Cadavid, 2016).

Los compuestos con actividad biológica que han sido identificados en diferentes alimentos y a los que se les ha atribuido, tras numerosas investigaciones, efectos beneficiosos sobre una o más funciones vitales del organismo, son extraídos, purificados e introducidos como ingredientes para el diseño y producción de alimentos funcionales (Arcila, Loarca, Lecona y González de Mejía, 2004).

En ocasiones, estos alimentos pueden ser también elaborados mediante la adición de microorganismos como ingrediente funcional, como es el caso de los alimentos probióticos y prebióticos. Otros contrariamente, pueden ser diseñados mediante la eliminación de algún componente, como es el caso de los productos libres en lactosa o gluten, que pueden presentar actividades biológicas y funcionales concretas debido a modificaciones realizadas en su secuencia genética (Delgado, 2016).

Los alimentos funcionales más relevantes, que han sido diseñados mediante la adición de un ingrediente son brevemente presentados a continuación:

2.2.1 Alimentos probióticos.

Los alimentos probióticos se suelen encontrar en el mercado como productos lácteos fermentados, tipo yogur, los cuales han sido elaborados mediante la adición de microorganismos vivos no patógenos, que al ser ingeridos en cantidades adecuadas y de manera regular, confieren beneficios sobre el estado fisiológico del huésped (Mariño, Núñez y Barreto, 2016).

Los microorganismos que forman parte de los probióticos se caracterizan por tener funciones de permeabilidad en el tracto intestinal y por actuar como barrera inmunológica, por lo que son conocidos como alimentos bioterapéuticos, bioprotectores o bioproliféricos (Delgado, 2016).

Las bacterias del ácido láctico, BAL, son los microorganismos más usados para el desarrollo de los alimentos probióticos. Esto es debido a que, estas bacterias presentan un sistema proteolítico complejo constituido por múltiples enzimas con diferentes especificidades (García, 2016). En el caso de la elaboración del yogur esta bacteria frecuentemente sobrevive durante el tránsito intestinal llegando a proliferarse en el intestino. Es decir, estas pueden adherirse al epitelio y modificar la respuesta inmune local del hospedador, ejerciendo un efecto positivo en el consumidor (Delgado, 2016).

Cabe destacar que los beneficios relacionados con el consumo de alimentos probióticos se encuentra la prevención de infecciones gastrointestinales, la mejora en el sistema inmune del consumidor aumentando así la energía física y mental para desarrollar las actividades básicas con normalidad (Taranto, Medici y Font, 2005). Todos estos microorganismos deben ser consumidos de forma equilibrada y regular para que persistan estas propiedades favorables (Delgado, 2016).

Un claro ejemplo de productos que se encuentran en el mercado español son los yogures Actimel y Activia, los cuales poseen bacterias *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* dentro de su composición, que ejercen sus efectos benéficos en la población microbiana del tracto gastrointestinal y contribuyen a la salud del consumidor (Parra, 2012).

2.2.2 Alimentos prebióticos.

La producción de alimentos prebióticos es llevada a cabo mediante la incorporación de ingredientes, tales como microorganismos, los cuales no son digeribles por el cuerpo humano, produciendo un estado de fermentación sobre la población bacteriana del colon, favoreciendo de este modo la multiplicación de bacterias benéficas y disminuyendo la población de las patógenas (Castañeda, 2018).

De este modo, para que un alimento pueda ser considerado como prebiótico y ejerza efectos beneficiosos sobre la salud cuando este introducido en la dieta de manera regular, debe cumplir ciertos requisitos, tales como: no

ser hidrolizado o absorbido en el tracto gastrointestinal (GIT) superior, además debe ser resistente a la acidez gástrica, a la hidrólisis por enzimas digestivas y no debe ser absorbido por el intestino delgado; también debe ser fermentado selectivamente por bacterias que sean beneficiosas de la microbiota intestinal y por último ser capaz de inducir efectos fisiológicos beneficiosos para la salud del huésped (Corzo et al., 2015).

Dentro de los prebióticos se destacan los fructooligosacáridos (FOS) o fructanos, la maltodextrina, el almidón resistente, la lactulosa y los galactooligosacáridos (GOS). Generalmente estos alimentos se encuentran en la leche, aunque en numerosos estudios relacionados con la inclusión de prebióticos en matrices vegetales, se ha podido concluir que también están presentes de forma natural en frutas, verduras, cereales integrales y en legumbres (Bernal, Díaz y Gutiérrez, 2017).

El consumo de manera regular de estos alimentos prebióticos permite mejorar el sistema inmunológico, es decir, la estimulación selectiva por un limitado grupo de microorganismos (bifidobacterias y lactobacilos), da paso al aumento de la absorción de minerales, estos efectos pueden ser ejercidos no solo en el colon, sino también en todo el organismo contribuyendo con el bienestar general del organismo (Betalleluz, 2016).

2.2.3 Alimentos genéticamente modificados.

El material genético (ADN) de estos organismos se modifica mediante técnicas que permiten aislar una determinada secuencia de ADN con características deseadas de cuyo organismo para luego implantarla en el ADN de otro organismo que se busque modificar, de tal forma que este obtenga esas nuevas características (García, 2007).

Investigadores han realizado estudios sobre diversos cultivos genéticamente modificados (GM) en los que caben destacar ejemplos, como el arroz dorado adicionado con vitamina A para sectores con problemas de desnutrición, papa con mayores niveles de aminoácidos esenciales o el tomate con un elevado contenido de licopeno con propiedad antioxidante para prevenir el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Levitus, 2011).

Estas investigaciones han demostrado que efectivamente existen alimentos genéticamente modificados que cumplen su papel como alimentos funcionales, pero aun así su objetivo principal se basa fundamentalmente en ser incorporados en otros alimentos para favorecer características en cuanto a necesidades agronómicas como por ejemplo en vegetales más resistentes al transporte y almacenamiento, semillas resistentes a plagas, agroquímicos, metales tóxicos del suelo, al frío y otros estreses abióticos, en donde no puede darse de forma natural (García, 2007).

2.2.4 Alimentos fortificados.

En los últimos años, son numerosas las empresas alimentarias y farmacéuticas que encaminan su producción en el desarrollo de alimentos fortificados o de preparados proteicos, debido a la gran aceptabilidad de los mismos por parte del consumidor (Pantanelli, 2007).

Este grupo de alimentos ha presentado gran relevancia a nivel económico y social, particularmente en aquellos países menos industrializados y de menores recursos. El empleo de los mismos, en sectores poblacionales específicos, puede ser usado como un plan estratégico rápido, económico y efectivo para paliar las carencias nutricionales o frenar el mal estado de salud que presenta la población para la que va diseñado el alimento (Allen, De Benoist, Dary y Hurrell, 2017).

El Codex Alimentarius, establece que la fortificación de productos alimentarios es “la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento, con el propósito de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de población” (OMS, 2017). Es decir, este grupo de alimentos se caracteriza por la adición de un ingrediente a un alimento en específico, pudiendo ser este un micronutriente, un macronutriente o algunas formulaciones ya creadas y caracterizadas, como podría ser el caso de los concentrados proteicos (Serpa, Vélez, Barajas, Castro y Gallego, 2016).

A pesar de que los alimentos fortalecidos o enriquecidos pueden ser consumidos por la mayoría de la población a nivel mundial, estos han sido diseñados para intervenir satisfactoriamente sobre la salud de un grupo específico poblacional. Este sería el caso de formulaciones diseñadas para niños que presentan síntomas de malnutrición, o productos dirigidos a poblaciones que presentan déficit de nutrientes específicos o quieren fortalecer su dieta con determinadas sustancias que presenten un evidenciado efecto beneficioso sobre la salud (Allen et al., 2017).

Tal es el caso de barras de cereal fortificadas con calcio y con proteína de soja, las cuales están dirigidas a mujeres de mediana edad, ya que han sido diseñadas para actuar sobre los marcadores relacionados con la osteoporosis y el cáncer de mama (Pantanelli, 2007). Este tipo de snacks suelen estar elaborados a base de proteínas de cereales y de pseudocereales, por lo que el valor biológico proteico de las mismas resulta elevado, debido a la complementariedad entre la composición de aminoácidos esenciales existente entre ambas materias primas (Allen et al., 2017).

En ocasiones, un ingrediente concreto puede ejercer un efecto favorable sobre diversas funciones de nuestro organismo, razón por la cual estos alimentos presentan un amplio campo de aplicación y pueden ser consumidos por la mayoría de la población a pesar de no ser el objetivo de destino del producto (Dávila, Calero, Roldán y Benítez, 2010).

Es importante tener en cuenta que la elección del alimento portador es considerada uno de los factores más importante para garantizar el éxito en la adicionar el ingrediente seleccionado para fortalecer o enriquecer el alimento. Por este motivo, es necesario conocer las necesidades nutricionales de la población hacia dónde va a ir dirigido el producto y la composición, dosis y efecto del ingrediente elegido, a fin de conseguir cubrir las necesidades nutricionales y alcanzar el estado de equilibrio y salud esperada sobre población de destino (Dávila et al., 2010).

Cabe resaltar que no todos los nutrientes pueden ser adicionados a cualquier matriz alimentaria ya que de ello dependerán distintos factores como la viabilidad del proceso productivo y la aceptación del producto por parte del consumidor. Es decir, no todos los alimentos tendrán la posibilidad de ser fortificado, aunque técnicamente sea posible (Cortés et al., 2005).

Además, en ocasiones el ingrediente usado para fortificar un alimento puede interactuar con la matriz alimentaria donde es introducido, modificando las propiedades funcionales y tecnológicas del mismo. Esto suele ocurrir cuando introducimos un ingrediente proteico y este interactúa con la grasa presente en el alimento matriz (Joshi, Adhikari, Aldred, Panozzo y Kasapis, 2011).

A pesar de que existen numerosos ingredientes que pueden ser empleados en el diseño y producción de alimentos fortalecidos, como es el caso de ácidos grasos, proteínas, fibra, o sustancias no nutritivas, como compuestos fitoquímicos, vitaminas o minerales, entre otros (Joshi et al., 2011), la presente investigación se va a focalizar en las proteínas de pseudocereales. Particularmente en la chía y en su uso para el desarrollo de un concentrado proteico a partir de las mismas, a fin de que estos sean usados como ingredientes para el desarrollo de nuevos productos fortalecidos.

2.3 Generalidades de las proteínas de pseudocereales y leguminosa

Las proteínas son macronutrientes que presentan una elevada capacidad biológica en nuestro organismo ya que, gracias a su función estructural, son usadas en procesos de crecimiento y reparación del organismo y pueden ser empleadas como fuente de energía en caso de que las reservas de lípidos y glúcidos sean insuficientes (Martínez y Martínez de Victoria, 2006). Se trata de macromoléculas de origen orgánico, constituidas principalmente de carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, que se encuentran conformadas por secuencias de aminoácidos unidas entre sí por enlaces peptídicos (Guillén, 2009).

La calidad biológica de las proteínas viene determinada por el tipo de aminoácidos presentes en la secuencia que la conforman. De este modo, los monómeros de las proteínas se pueden clasificar en aminoácidos esenciales, cuando solo pueden ser obtenidos a través de la dieta y aminoácidos no esenciales, cuando estos pueden ser sintetizados a partir de los alimentos que ingerimos (Sanz, 2010).

En este sentido, cabe remarcar que, a pesar de que las proteínas de origen animal presentan mayor valor biológico, debido a ser más ricas en aminoácidos esenciales, las proteínas de origen vegetal se pueden complementar entre si aumentando su calidad biológica (FAO, 2016; Quesada y Gómez, 2019).

Así, por ejemplo, cuando se consume conjuntamente pseudocereales y cereales, la deficiencia en lisina presentada por los cereales se ve complementada por la metionina de estos, dando como resultado proteínas de alto valor biológico (Staniak, Księżak y Bojarszczuk, 2014; Maphosa y Jideani, 2017).

En función de la solubilidad, las proteínas de pseudocereales pueden ser clasificadas en albúminas, globulinas, glutelinas y prolaminas. De este modo, mientras que las albuminas y las glutaminas son solubles en soluciones acuosas y salinas, respectivamente, las prolaminas son solubles en alcohol y las glutelinas son solubles en soluciones alcalinas y ácidas (Duranti, 2006).

Las características funcionales que presentan las proteínas de pseudocereales están estrechamente relacionadas con el tamaño de las moléculas, su disposición espacial y con la carga eléctrica de las mismas (Ivanovski, Cör y Knez, 2019). De este modo, cuando las proteínas son usadas como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos, las propiedades de la matriz alimentaria, donde estas son introducidas, pueden ver modificadas sus propiedades funcionales, tales como hidratación, emulsificación, gelificación, entre otras.

Muchas de las proteínas de pseudocereales pueden también ser clasificadas en base a su coeficiente de sedimentación, siendo las más relevantes las 7S (tipo vicilina) y las 11S (tipo legumina), las cuales, a pesar de ser ricas en lisina, son deficitarias en aminoácidos azufrados como cisteína y metionina (Arnoldi, Zanoni, Lammi y Boschini, 2015).

El contenido proteico de las leguminosas es muy variado, y este puede verse modificado durante su preparación culinaria respecto al grano crudo. De este modo, mientras que en la judía y la lenteja el contenido proteico es del 20% p.s, en el altramuza puede llegar a 40 % p.s (Boye, Zare y Pletch, 2010).

El consumo de proteínas de pseudocereales y leguminosas se han relacionado con una gran variedad de beneficios para la salud, particularmente en la prevención de factores de riesgo cardiometabólico. Esto es debido a que el consumo de las mismas o de sus componentes contribuye a reducir los niveles de colesterol total, las LDL y la presión sistólica y diastólica, incrementando los valores de HDL, tal y como sugieren distintos estudios (Teunissen et al., 2012).

Estas poseen en su composición sustancias con actividad antioxidante y antiinflamatoria, tales como polifenoles, ácido fólico y vitaminas, los cuales les confieren un efecto funcional positivo sobre los marcadores involucrados en el desarrollo de ciertas patologías crónicas y degenerativas como la hipertensión o la diabetes, entre otras (Arnoldi et al., 2015). Así, se ha evidenciado que los pseudocereales presentan efecto antiaterogénico, anticancerígeno, hipocolesterolémico y propiedades hipoglucemiantes (Ndidi et al., 2014).

Muchos autores coinciden en que, el efecto beneficioso sobre la salud atribuido al consumo de pseudocereales, también está asociado al contenido en péptidos bioactivos que poseen las mismas (Ivanovski et al., 2019) (García, 2016). Los péptidos son secuencias cortas de aminoácidos que, al ser liberados de su proteína nativa, durante la digestión gastrointestinal o mediante tratamientos realizados para el desarrollo de productos (hidrolisis y

fermentación), presentan determinados efectos biológicos positivos sobre el organismo (Arnoldi et al., 2015).

Se ha comprobado que diferentes fracciones proteicas que pertenecen a distintas proteínas de pseudocereales bloquean múltiples enzimas involucradas en el desarrollo y aparición de numerosas patologías (Maphosa y Jideani, 2017). Además, los péptidos procedentes de pseudocereales, pueden contribuir en minimizar el daño oxidativo generado por las especies reactivas del oxígeno, ya que, mediante distintos mecanismos, pueden reducir a los radicales libres generados durante los procesos de oxidación (García, 2016; Carbonaro, Maselli y Nucara, 2015).

Concretamente, en la chía (*Salvia hispanica* L.) se ha identificado péptidos con actividad antioxidante (Coelho, Araujo, Latorres y de las Mercedes, 2019) y antihipertensiva (Orona, Valverde, Nieto y Paredes, 2015), que han sido liberados tras procesos hidrolíticos llevados a cabo durante la digestión gastrointestinal simulada (Coelho et al., 2019). La actividad biológica de estos péptidos está estrechamente relacionada con el tipo de aminoácido y localización de estos en la secuencia peptídica (Grancieri, Martino y González de Mejía, 2019).

De este modo, se ha evidenciado que la presencia de péptidos que presentan en su extremo N-terminal residuos hidrofóbicos (alanina, isoleucina, leucina y valina) muestran una alta actividad antioxidante (Power et al., 2015). Además, se ha demostrado que la presencia en la secuencia peptídica de aminoácidos aromáticos y básicos, puede potenciar la actividad antioxidante de los péptidos, ya que los grupos fenol, imidazol e indol de los residuos de aminoácidos fortalecen la parte molecular gracias a su capacidad de donar protones a los radicales deficientes (Samaranayaka y Li-Chan, 2011).

Por todo lo expuesto, la producción de concentrados proteicos a partir de chía (*Salvia hispanica* L.) puede ser una estrategia eficiente para obtener ingredientes que sean utilizados en el desarrollo de alimentos funcionales

enriquecidos y que contribuyan satisfactoriamente en la salud de los consumidores.

2.4 Concentrados proteicos

En las últimas décadas, la producción de concentrados proteicos ha sido una de las alternativas tecno alimentarias más usadas para satisfacer las necesidades nutricionales de los sectores poblacionales más vulnerables, como la tercera edad o la etapa de crecimiento infantil (ONU, 2019).

Estos también han sido usados para el desarrollo de productos dirigidos a poblaciones específicas que por distintos motivos personales desean llevar una dieta más rica o fortalecida en determinados nutrientes como es el caso de los deportistas o de colectivos veganos, entre otros (Sahagún, 2019).

Hasta hace relativamente pocos años, este tipo de ingredientes o de preparados eran desarrollados a partir de fuentes de origen animal como el huevo o la leche y presentaban en su composición proteínas de elevado valor biológico que ayudaban a cubrir las carencias nutricionales de los sectores poblacionales más comprometida. Estas fuentes proteicas además de ser limitadas presentan el inconveniente tener un alto coste de producción y un gran impacto ambiental (Morales, Restrepo y Correa, 2014).

Debido a esto, se han desarrollado numerosas investigaciones dirigidas a encontrar nuevas fuentes proteicas, más económicas y que presenten una elevada calidad biológica, como es el caso de las pseudocereales (Maphosa y Jideani, 2017).

Éstas han demostrado presentar un potente efecto protector ante el desarrollo de numerosas patologías debido a que en su composición nutricional contiene sustancias con actividad biológica que contribuyen en a satisfacer el buen estado de salud física y mental al ser consumida de manera regular (Bouchenak y Lamri, 2013). Además, han demostrado que pueden mantener sus propiedades sensoriales para ser aceptadas por la población,

suponiendo una ventaja funcional, nutricional y económica, ante la falta de proteína animal (Maphosa y Jideani, 2017).

Por este motivo la producción de concentrados proteicos a partir de proteínas de pseudocereales como la chíá, parece una alternativa eficiente para producir ingredientes con actividad biológica y funcionalmente estables. Además, esta semilla no contiene gluten, por lo que los concentrados producidos a partir de las mismas pueden ser consumidos por aquellas personas que presentan celiaquía (Melo et al., 2019).

2.4.1 Producción de concentrados proteicos.

Los concentrados proteicos se caracterizan por presentar en su composición un contenido proteico aproximado del 80% de su peso seco (García, 2016) y son obtenidos por procesos de extracción mediante los cuales se reduce o eliminan los azúcares totales, la fibra y otros compuestos menores (Cárdenas, 2016). Estos pueden ser elaborados a partir de semillas desgrasadas o enteras, en función del tipo de grano y del uso o fin con el que se produzca el concentrado (Timilsena, Adhikari, Barrow y Adhikari, 2016).

Independientemente de si han sido desgrasadas o no, los concentrados proteicos de pseudocereales se producen a partir de las semillas molidas y tamizadas, hasta ser transformadas en una harina homogénea de reducido tamaño (García et al., 2016). Seguidamente dicha harina será suspendida en agua o el solvente orgánico seleccionado para su posterior extracción mediante la aplicación o no de calor (Vioque, Sánchez, Pedroche, Yust y Millán, 2001).

A pesar de que los métodos de extracción y los solventes usados para el desarrollo del concentrado proteico son numerosos, los más métodos relevantes son: La precipitación isoeléctrica de compuestos no proteicos (Sair, 1959), la aplicación de tratamiento térmico (McAnelly, 1964) y el uso de solventes hidroalcohólicos (Campbell et al., 1985). La principal diferencia entre los últimos dos métodos radica fundamentalmente en la insolubilización de proteínas que se produce (Vioque et al., 2001).

Por su parte, el método de precipitación isoeléctrica consiste en realizar diferentes extracciones en agua, realizando seguidamente centrifugaciones para retirar el sobrenadante, ya que es ahí, es donde resta la fracción no proteica (Vioque et al., 2001). A pesar de que mediante este tipo de extracción no se consigue eliminar por completo todos los compuestos no proteicos, sin embargo, si se ha demostrado que se produce la eliminación de carbohidratos no asimilables y algunos indispensables, haciendo que los concentrados se vuelvan más fáciles al momento de ser digeribles (Serna, Pabón y Quintana, 2019). Asimismo, este método se trata de un proceso no desnaturizante que no produce alteraciones en las propiedades funcionales de las proteínas (Vioque et al., 2001).

Cuando el proceso de extracción es llevado a cabo mediante la aplicación de calor, aunque se consigue eliminar compuestos volátiles que son responsables de sabores y olores desagradables, se pueden ocasionar problemas en las propiedades funcionales y fisicoquímicas de las proteínas, ya que temperaturas superiores a 80 °C en ocasiones originan la desnaturización de algunas fracciones proteicas (Ulloa, J., Rosas, Ramírez y Ulloa, B., 2014).

Si el concentrado proteico es producido mediante el uso de solventes hidroalcohólicos, la extracción se verá limitada ya que las proteínas no son muy solubles a mezclas de alcoholes y agua (Vioque et al., 2001).

A fin de reducir las modificaciones tecnológicas y funcionales relacionadas a la aplicación de calor o al uso de solvente, el método de extracción por el que se llevará a cabo el concentrado proteico en esta investigación, será mediante precipitación isoeléctrica.

Tras la obtención del concentrado proteico, se procede al secado del mismo para su posterior análisis y uso. La etapa de secado parece ser clave en la obtención de preparados proteicos ya que las propiedades físico-

químicas, nutricionales y funcionales del mismo pueden verse afectadas (Timilsena et al., 2016).

Entre las últimas innovaciones en las tecnologías de secado surgidas como alternativa ante el secado convencional aparecen el secado por spray y el secado por liofilización. Estos métodos, a diferencia del secado convencional, no producen modificaciones en la composición proximal de los concentrados. Entre las diferencias más destacadas entre ambos métodos podemos encontrar que, mientras el método de secado por congelación o liofilización presenta mayor capacidad de absorción de aceites y mayor densidad aparente, el método de secado por spray presenta mayor solubilidad y mayor capacidad de absorción de agua (Timilsena et al., 2016).

Tras el secado, los polvos de los concentrados proteicos son congelados y almacenados a vacío y en recipientes opacos para su posterior análisis y su uso como ingrediente para el desarrollo de nuevos alimentos.

2.5 La Chía

2.5.1 Generalidades de la chía.

La chía, científicamente conocida como *Salvia hispanica* L, es una planta herbácea anual, originaria de América central, concretamente del sur de México, Guatemala y Colombia. El consumo de esta semilla se remonta a más de 5 500 años atrás, donde registros históricos revelan que era ampliamente usada por las culturas aztecas y mayas debido a su multitud de propiedades beneficiosas nutricionales y terapéuticas (Souza, Sousa, da Silva y Rosa, 2015; Marcinek y Krejpcio, 2017).

Durante la época de la colonización el consumo y uso de esta pseudocereales perdió importancia, al no ser considerado un alimento básico, por lo que prácticamente no se tiene registros de la misma hasta hace relativamente pocas décadas. De hecho, debido a la gran relevancia nutricional y terapéutica, su producción se ha extendido mundialmente, siendo cultivada actualmente en las regiones de América del norte central, en el sur

de África, y en Sudeste de Asia (Ciau, Rosado, Segura, Betancur y Chel, 2014).

Concretamente, en Ecuador, su producción se remonta al 2005, siendo cultivada en un principio para la importación (Ramos, 2018). Actualmente se la puede encontrar en sectores principalmente como Santa Elena, Los Ríos, regiones de la costa o en Imbabura y en Guayllabamba perteneciente a la sierra ecuatoriana (López y Aguinaga, 2018).

La demanda de chía actualmente es liderada por EE. UU, es un producto en ascenso, su mercado básicamente es la producción de semillas para el comercio nacional e internacional, aunque en la actualidad también cuenta con una variedad de subproductos en donde es utilizado como alimento e ingrediente funcional (Xingú et al., 2017).

2.5.2 Descripción Botánica.

Esta semilla pertenece a la familia de las Lamiaceae, particularmente al género *Salvia*, el cual cuenta con más de 900 especies distintas (Knez, H., Ivanovski, Cör y Knez, Ž., 2019). En la Tabla 1 se muestra en detalle, la jerarquía taxonómica de la semilla de chía.

Tabla 1. Jerarquía taxonómica de la chía

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

Fuente: Cárdenas (2016)

Elaborado por: La Autora

Las condiciones climáticas óptimas para el crecimiento de estos cultivos son los climas tropicales y/o subtropicales. Debido a ser poco tolerante al frío y sensible al fotoperiodo su cultivo dependerá de la latitud en la que se lo realice.

La planta de chía posee una altura entre 1 a 1.5 metros (m), está compuesta por un tallo ramificado con forma cuadrangular y con un hueco, sus hojas varían entre un 80 a 100 milímetros (mm) de longitud y entre un 40 a 60 mm de ancho, sus flores son de colores azules o blancas, tiene frutos indehiscentes, es decir que no se abren espontáneamente al llegar a la madurez para liberar sus semillas (Capitani, 2013), éstas tienen forma ovalada y su tamaño oscila entre 2 mm de largo y entre 1 a 1.5 mm de ancho (Knez et al., 2019).

Según la variedad, su color puede ser blanco o negro, aunque son similares, presentan una pequeña diferencia en su composición debido al tamaño, la chía negra presenta un contenido de proteína de 16.9 % y un contenido de fibra de 32.6 %, mientras que, en las semillas de chía blanca, su contenido de proteína es de 16.5 % y su contenido de fibra es de 32.4 % (Knez et al., 2019).

Los Gráficos 1 y 2 muestran las inflorescencias de las hojas y las semillas de la *Salvia hispanica* L.

Gráfico 1. Inflorescencias de *Salvia hispanica* L.



Fuente: Capitani (2013)

Gráfico 2. Semillas de chía



Fuente: Guiotto, Ixtaina, Tomás y Nolasco (2011).

2.5.3 Composición nutricional.

La composición química y nutricional de esta semilla la convierte en un ingrediente de gran interés para la nutrición y la salud humana (Grancieri et al., 2019). Debido al gran valor nutricional que presenta este pseudocereal y a las propiedades terapéuticas que le han sido atribuidas ante el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.

Este pseudocereal ha presentado tal relevancia económica, sanitaria y social, que en muchos países de todo el mundo se ha reconocido como alimento natural, que puede ser introducido libremente como ingrediente en el desarrollo de distintos productos. De este modo en el 2009 la Unión Europea lo reconoce como “alimento nuevo”, en Estados Unidos se lo reconoce como una “semilla segura”, en Canadá se considera como “alimentos naturales para la salud” (Melo et al., 2019).

De manera general se puede decir que la chía posee altos porcentajes de macro y micronutrientes (Grancieri et al., 2019) y aunque la composición nutricional y funcionales de esta semilla pueden variar con las condiciones climáticas y fisiológicas de cultivo, sus propiedades nutricionales son superiores a otras fuentes proteicas vegetales (Silva, 2015).

Proteínas

La semilla de chía contiene alrededor de 20 % y 34 % de proteína en su composición, por lo que se la considera como un alimento de gran importancia en muchos países, siendo las prolaminas sus proteínas mayoritarias (Melo et al., 2019).

La presencia de las globulinas (7S y 11S) en los ingredientes puede atribuir características nutricionales y fisiológicas de alimentos que dependen de su secuencia estructural y propiedades fisicoquímicas; además, cabe mencionar que los aislados de proteína de chía mostraron una buena capacidad de retención de agua (Capitani, 2013).

Aminoácidos

A pesar de que las proteínas de origen vegetal suelen ser deficitarias en aminoácidos esenciales, la chía presenta en su composición todos por lo que puede ser considerado un pseudocereal con un valor biológico de igual o superior a las proteínas de origen animal. en la chía no es un factor limitante para los adultos dentro de su dieta, es decir que ésta puede ser incorporada en la dieta humana y ser mezclada junto con otros granos, con el fin de producir una fuente equilibrada en proteínas (Díaz, 2015).

Las semillas de chía contienen todos los aminoácidos esenciales para la nutrición humana: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, histidina y valina (Capitani, 2013). El aporte que presenta la lisina en esta semilla es considerablemente alto, al igual que la cisteína y metionina que también presentan resultados favorables en cuanto a otros cereales (Vintimilla y Reinoso, 2015). En la Tabla 2 se muestra el contenido de aminoácidos presentes en la chía.

Tabla 2. Contenido de aminoácidos presentes en la chía

Aminoácido	g/16 g N	Aminoácido	g/16 g N
Ácido aspártico	7.64	Isoleucina	3.21
Treonina	3.43	Leucina	5.89

Serina	4.86	Triptofano	-
Ácido glutámico	12.4	Tirosina	2.75
Glicina	4.22	Fenilalanina	4.73
Alanina	4.31	Lisina	4.44
Valina	5.1	Histidina	2.57
Cistina	1.47	Arginina	8.9
Metionina	0.36	Prolina	4.4
Total			80.64

Fuente: Capitani (2013)

Elaborado por: La Autora

Lípidos

Las semillas de chía son consideradas como una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), como omega 3 y omega 6 (ácido α -linolénico y linoleico), estas presentan un porcentaje entre 62 % a 64 % (Pandurangan, Al-Maiman, Al-Harbi y Alshatwi, 2020).

El contenido en ácidos grasos de este pseudocereal está estrechamente relacionado con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, este efecto terapéutico ha sido relacionado con las dietas ricas en AGPI se ha demostrado que se reducen los niveles de colesterol y las LDL y aumenta las HDL (Pandurangan et al., 2020).

Vitaminas y Minerales

La composición en macro y micronutrientes de esta semilla, es similar a otras fuentes proteicas de origen vegetal como las leguminosas. Esta presenta un alto contenido en vitamina A y minerales de complejo B como la niacina, tiamina y ácido fólico. El contenido de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre no se ve modificado cuando esta es usada como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos fortalecidos o funcionales (Díaz, 2015).

Los niveles de calcio, fósforo, magnesio y hierro presentes en la chía son superiores a otros alimentos como avena, maíz, cebada, entre otros (Grancieri et al., 2019).

En las Tablas 3 y 4 se muestra el contenido de vitaminas y minerales presentes en la semilla de chía:

Tabla 3. Contenido de vitaminas presentes en la chía

Vitaminas	Semilla de chía entera
Vitaminas (mg/100 g)	
Niacina	0.63
Tiamina	0.18
Riboflamina	0.04
Vitamina A	44 UI

Fuente: Capitani (2013)

Elaborado por: La Autora

Tabla 4. Contenido de minerales presentes en la chía

Nutriente	Semilla de chía entera
Macroelementos (mg/100 g)	
Calcio	714
Potasio	700
Magnesio	360
Fósforo	1067
Microelementos (mg/100 mg)	
Aluminio	2
Boro	-
Cobre	0.2
Hierro	16.4

Manganeso	2.3
Molibdeno	0.2
Sodio	-
Zinc	3.7

Fuente: Capitani (2013)

Elaborado por: La Autora

Fibra

Otra virtud de la chía es debida a su alta composición en fibra, particularmente en fibra insoluble. La función principalmente de este tipo de fibra es regular el tránsito intestinal, retrasar el índice de glucosa en la sangre y reducir la absorción del colesterol.

El contenido de fibra que posee la chía oscila entre 18 % y 30 %, se considera un valor alto en comparación con alimentos convencionales como la avena, maíz, trigo, cebada y arroz (Silva, 2015).

Las fracciones de fibra presentes en la chía muestran una gran capacidad para retener y absorber agua, además de presentar capacidad emulsificante y estabilizante (Capitani, 2013).

2.6 Beneficios de la chía

Los beneficiosos efectos del consumo a la salud que estas semillas ofrecen se caracterizan por las altas concentraciones que posee, como ya se ha mencionado. La incorporación de chía en los alimentos mejora sus características fisicoquímicas, sensoriales y propiedades nutricionales. Hoy en día, esta semilla se consume entera, como harina, como ingrediente para preparaciones de pan, pasteles, barras de granola, bebidas, o incluso viene adicionada en productos como yogures, ensaladas y frutas (Grancieri et al., 2019).

Mediante varias investigaciones se ha comprobado que el perfil fitoquímico de la semilla de la chía y su potente acción nutracéutica está relacionada con la actividad antioxidante que presentan las mismas. Así

mismo podría ser incorporada como un alimento en la dieta diaria, ya que es una fuente de isoflavonas, aportando al consumidor efectos beneficiosas ante el daño oxidativo, lo cual la convierte en un alimento funcional (López y Aguinaga, 2018).

Los beneficios nutricionales de la chía destacan esta semilla como un ingrediente alimentario destinado al consumo humano y animal. Actualmente en el sector agroindustrial es utilizada para la producción de bebidas y alimentos energéticos, debido al contenido nutricional que posee (Bari, Marconi, López y Álvarez, 2018).

2.6.1 Antioxidantes.

La chía es rica en sustancias antioxidantes, estas pueden frenar el desequilibrio que se produce entre una producción excesiva de especies reactivas del nitrógeno y del oxígeno, generados por la oxidación (Capitani, 2013; Reyes, Tecante y Valdivia, 2008).

Las semillas de chía contienen una fuerte cantidad de compuestos con actividad antioxidante como lo es principalmente los flavonoides, dando el beneficio de ser consumido de manera natural, sin tener que recurrir a compuesto artificiales como las vitaminas, las cuales anulan el efecto protector hacia enfermedades cardiovasculares (Di Sapio, Bueno, Busilacchi y Severin, 2008).

De esta manera, para prevenir el estrés oxidativo o enfermedades degenerativas vinculadas con esta condición, la chía podría ser utilizada como un antioxidante natural.

Uno de los antioxidantes más importantes que están presentes en esta semilla son el ácido cloro génico y el ácido cafeico, estos contribuyen a este efecto antioxidante que caracteriza a la chía. Estos compuestos ejercen una actividad contra los radicales libres y los procesos oxidativos, permitiendo así, inhibir uno de los causantes como lo es la peroxidación de los lípidos (Jaramillo, 2013).

La chía presenta tener grandes ventajas dentro de la industria alimenticia, puesto que las otras fuentes existentes en el mercado de EPA y DHA como los productos marinos y el lino, a diferencia de la chía estos presentan una descomposición rápida debido a la ausencia de los antioxidantes necesarios (Ayerza y Coates, 2006).

2.6.2 Antiinflamatorias.

El proceso inflamatorio está directamente relacionado con el estrés oxidativo, ya que la inflamación y las ERO se estimulan entre sí, generando un círculo vicioso. Los péptidos con prolina, histidina, tirosina y los aminoácidos hidrófobos, tienen más grupos ionizables que bloquean los radicales libres y, por lo tanto, aumentan la actividad antioxidante. Por otro lado, los macrófagos son células que están también relacionadas con el proceso de inflamación (Grancieri et al., 2019; Montecucco et al., 2013).

La chía presenta compuestos fenólicos, que están ligados a tener funciones como agentes antiinflamatorios, dando la opción de que sea utilizado de manera natural al ser humano. El concentrado proteico de chía también presenta un valor de inhibición alto, mostrando una gran actividad antiinflamatoria (Cárdenas, 2016). Según investigaciones, la ingesta de chía promueve un aumento en la concentración SOD y la expresión de ARNm. Este alimento obtuvo un efecto protector en las dietas altas en grasa (da Silva et al., 2019)

Los compuestos que la semilla de chía según estudios muestra que, al ser digeridas, poseen efectos beneficiosos reduciendo los niveles de marcadores relacionados con la inducción de los procesos de inflamación y aterosclerosis en macrófagos, estas redujeron la secreción de citocinas, principalmente TNF- α , siendo este el principal mediador inflamatorio secretado por macrófagos cuando es estimulado por LPS in vitro. Además, los compuestos sugieren un efecto prometedor de DTP y DPF en las semillas de chía para la prevención de ECV mediante la modulación de los procesos inflamatorios y aterosclerosis (Grancieri et al., 2019).

Además, ensayos clínicos demuestran que las semillas de chía tienen este efecto antiinflamatorio debido a que puede afectar la microbiota intestinal, especialmente que la disbiosis intestinal podría afectar la aparición y el progreso de la AR (Mohamed, D., Mohamed, R. y Fouda, 2020).

2.6.3 Antihipertensivas.

Algunos estudios han demostrado que la chía también posee capacidades para reducir enfermedades cardiovasculares como la hipertensión, estos efectos se muestran debido a la cantidad de ácidos grasos (Omega 3) presentes en la semilla, que actúan como antioxidantes y antiinflamatorios, además del efecto hipotensor por análisis enzimático que también posee (Grancieri et al., 2019).

Estudios presentados muestran que los péptidos que posee la chía contiene fracciones de globulinas y albuminas, estas determinaron un EC50 de 148.23 µg/ml, lo cual es mucho menor que los péptidos de globulinas de otras semillas como los de amaranto, demostrando ser más efectivos para inhibir la actividad de ECA. También se ha mostrado que los residuos hidrofóbicos de la proteína de la chía presentan una acción similar a los inhibidores sintéticos de la ECA, ya que bloquean la producción de angiotensina II (Grancieri et al., 2019).

2.7 Usos de la chía

2.71 Aceite de chía.

En la actualidad, el aceite de la semilla de chía no es un producto altamente comercializado, a pesar de que tiene características beneficiosas para los procesos alimentarios, estos pueden contribuir saludablemente a las dietas humanas. La producción de este aceite vegetal se basa en la extracción de prensado y disolvente, dado que este es un producto natural, su composición dependerá de varios factores tales como el entorno de cultivo y el sistema de extracción (Jaramillo, 2013).

2.7.2 Harina de chía.

El proceso de la harina se deriva luego de la extracción del aceite, ya sea por varios métodos como prensado, solvente o fluidos supercríticos, del método a utilizar dependerá la calidad de la harina (Jaramillo, 2013).

La harina de la semilla de chía se ha caracterizado por tener una buena fuente de nutrientes como ya se ha mencionado reiteradamente, esta además cabe destacar que es una harina libre de gluten, lo cual la hace apta para el consumo de personas que padecen de celiaquía (Ayerza y Coates, 2006). Derivados de la harina de chía podrían ser alimentos como pastas, productos de panificación (panes, galletas, grisines), barras de cereales, entre otros (Jaramillo, 2013).

2.8 Análisis para los concentrados proteicos producidos

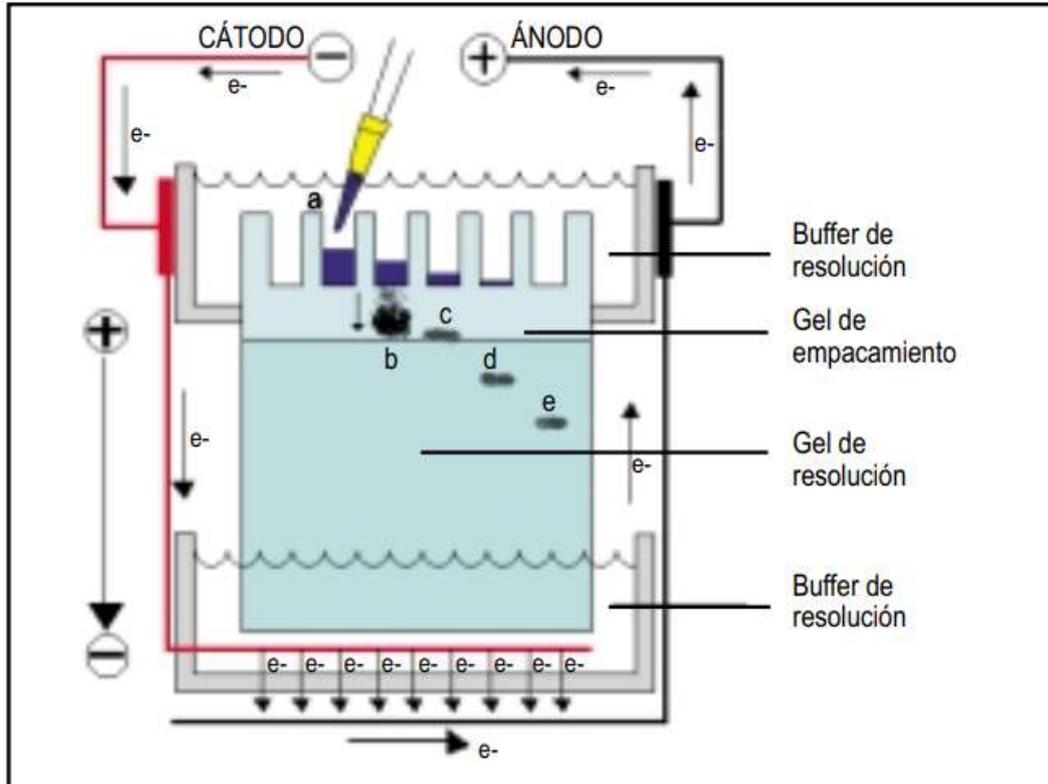
2.8.1 Electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE).

La electroforesis consiste en someter las proteínas a la influencia de un campo eléctrico, haciendo que las proteínas migren hacia el polo contrario, es decir cátodo o ánodo, debido a la cantidad de grupos positivos o negativos presentes en la molécula a un pH determinado. La velocidad de migración depende de la forma de la proteína y de la carga neta, asimismo de la intensidad de corriente y el material que es utilizado como soporte (Badui, 2013). Laemmli (1970) describió la técnica utilizando dodecil sulfato de sodio (SDS) para lograr un aumento en la resolución.

Para la caracterización de las proteínas, comúnmente se utiliza la electroforesis en geles de poliacrilamida en presencia de dodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE), este método permite determinar el peso molecular (PM) de las proteínas; lo que hará el detergente aniónico (SDS) es otorgar a todas las proteínas carga negativa (-) facilitando su migración hacia el ánodo que posee carga positiva (+), y así poder separar las proteínas por su tamaño (Sandoval y López, 2012).

En el Gráfico 3 a continuación, se muestra el proceso de una cámara de electroforesis.

Gráfico 3. Cámara de electroforesis



Fuente: Yábar (2013)

2.8.2 Digestión gastrointestinal *in vitro*.

La digestión es el proceso a través del cual se transforma los alimentos que se ingieren durante la alimentación en sustancias más pequeñas necesarias para llevar a cabo la nutrición (Nolasco et al., 2000).

A nivel fisiológico, durante la digestión gastrointestinal, la actividad biológica de los concentrados puede verse alterada si estos son hidrolizados por las enzimas del tracto digestivo. De este modo, diferentes autores han demostrado un aumento en la actividad antioxidante y antihipertensiva de concentrados proteicos de pseudocereales tras ser sometidos a un proceso de digestión gastrointestinal simulada (DGS) (Orona et al., 2015).

La actividad de los concentrados podría verse incrementada ya que durante los procesos de hidrolisis se suelen liberar péptidos con determinadas actividades biológicas. Estos péptidos suelen presentar un peso molecular

inferior a 3KDa y sus actividades biológicas suelen relacionadas con los residuos de aminoácidos del extremo C terminal (García, 2016).

2.8.3 Actividad antioxidante.

La suplementación con antioxidantes se debe a la aparición y desarrollo de distintas enfermedades patológicas y degenerativas. Estos efectos pueden ser debido a radicales libres, especies reactivas del nitrógeno o por radicales libres de forma biológica como la respiración celular.

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa como la que causa la peroxidación lipídica, principalmente porque esta actúa contra los radicales libres. Se debe diferenciar entre la actividad anti radicalaria y la antioxidante, la primera se trata de la reactividad del antioxidante frente a estos radicales libres, es decir cuál es la velocidad de esta reacción, mientras que el segundo básicamente es caracterizar su capacidad para retardar la degradación oxidativa, es decir mostrar la información acerca de este (Londoño, 2012).

Se puede evidenciar presencia de antioxidantes en diferentes fuentes dietarios como los tocoferoles que se encuentran en semillas, donde poseen grandes cantidades de grasa, o polifenoles que se pueden obtener de las frutas. Existen varios métodos para determinar la actividad antioxidante como:

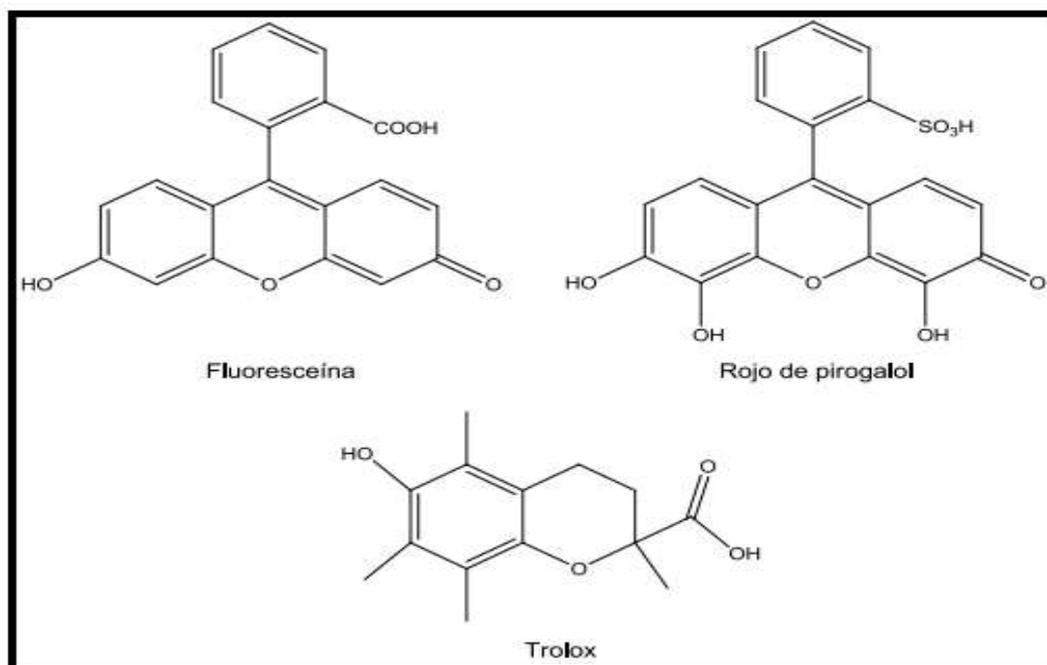
Método ORAC

El Método ORAC es la capacidad de absorción de radicales de oxígeno. Este método generalmente es utilizado bajo sondas de fluoresceína o absorción visible (PGR), llevando a una reacción por extensos periodos de tiempo, garantizando así la estabilización de esta (Londoño, 2012).

Mediante una termólisis, se mantendrá un flujo constante de radicales peróxilos, lo cual reaccionará con el antioxidante por mecanismo HAT. Para estandarizar estos resultados, se empleará el compuesto similar hidrosoluble de la vitamina He llamado Trolox, obteniendo una curva y por ende una pendiente, que nos permite obtener un índice ORAC (Soto, 2015).

En el Gráfico 4 se muestran las estructuras de los compuestos de fluoresceína, rojo de pirogalol y estándar Trolox.

Gráfico 4. Estructuras de los compuestos fluoresceína, rojo de pirogalol y estándar Trolox.



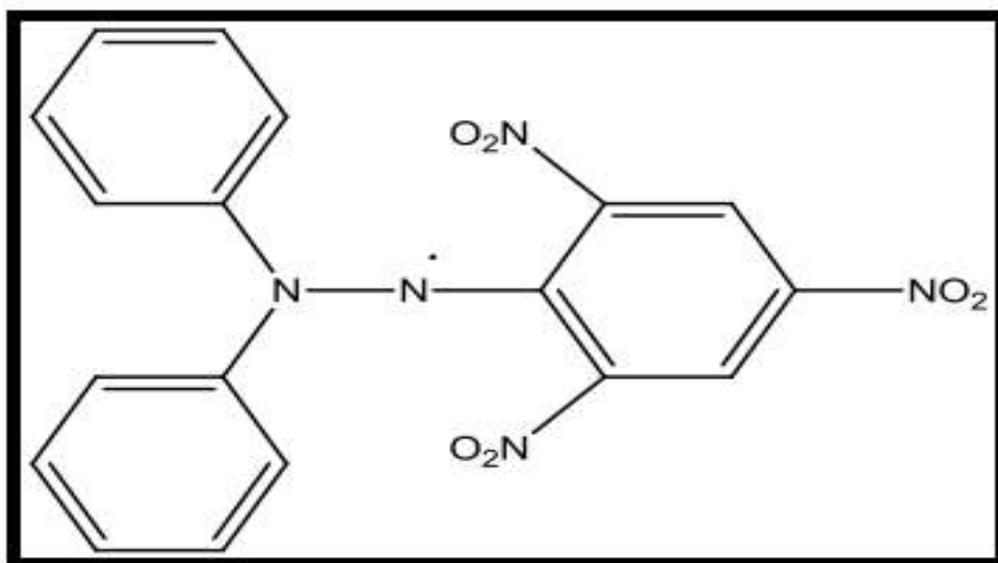
Fuente: Soto (2015)

Método DPPH

El método DPPH (Difenil Picril Hidrazilo) presenta una fuerte coloración violeta. Este ensayo se basa, prácticamente en medir la capacidad de estabilización del radical DPPH, el proceso se realizará mediante un análisis espectrofotométrico, siguiendo el decline de la absorbancia. La ventaja de este ensayo es que no necesita de muchos instrumentos, además de ser un procedimiento muy sencillo, aunque cabe resaltar que muchos antioxidantes que tienen una reacción rápida con el piróxilo, no sucede con el DPPH, debido al impedimento que tiene la estructura química que rodea al radical, siendo un limitante ya que sustancias pequeñas, muestran una mayor actividad (Londoño, 2012).

En el Gráfico 5 se muestra la estructura de radical que posee el método DPPH.

Gráfico 5. Estructura de radical DPPH



Fuente: Soto (2015)

2.8.4 Actividad antihipertensiva.

La actividad antihipertensiva es presentada por la capacidad que poseen los péptidos liberados de las proteínas para inhibir a la enzima convertidora de angiotensina (ECA). Estas enzimas son las responsables de convertir la angiotensina I, deca péptido inactivo, a angiotensina II (Rosivall, 2009). Al realizarse este bloqueo, la enzima genera un incremento en la bardi quinina, la cual es un potente vasodilatador que tiene como objetivo regular la presión sanguínea (Crackowell, 2002).

En investigaciones se ha determinado que la actividad de los inhibidores peptídicos de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA) y la actividad antirradical y quelante de iones de péptidos de diferentes fracciones proteicas mostraron niveles más altos en albumina y prolamina después del proceso de absorción. Además, presentaron que la globulina tuvo una mayor capacidad para quelar iones de hierro, y, por otro lado, la glutelina demostró ser más efectiva en la quelación de iones de cobre (Durak, Baraniak y Jakubczyk, 2013).

2.8.5 Actividad antiinflamatoria.

La inflamación crónica es compleja y afecta a una gran variedad de células, tejidos y órganos, directamente asociados al desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Las células macrófagas son las principales causantes de estas enfermedades inflamatorias, debido a que producen mediadores como citosinas, quimiocinas, oxígeno reactivo especies (ROS) y moléculas de adhesión (García et al., 2015).

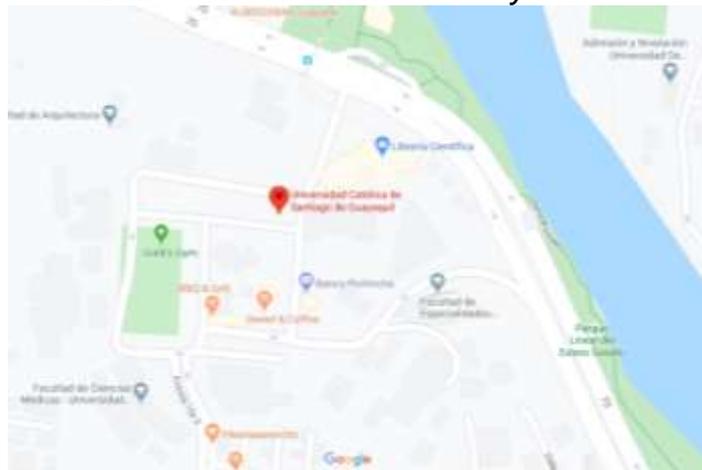
El consumo de proteínas en alimentos puede prevenir la aparición de estas enfermedades relacionadas con la inflamación. La chía siendo uno de los alimentos más ricos en proteínas puede ser considerada como una prometedora fuente de péptidos bioactivos. Las fracciones proteicas mayoritarias presentes en la proteína de chía son albuminas, globulinas y prolaminas, y estas son las responsables del almacenamiento y del suministro de nitrógeno para la biosíntesis de plantas metabólicamente activas (Grancieri et al., 2019).

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo

El presente Componente Práctico de Examen Complexivo, se llevará a cabo en la provincia del Guayas, en el cantón Guayaquil, concretamente en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, ubicada en la Avenida Carlos Julio Arosemena en el Km 1 ½ Vía Daule. A continuación, en el Gráfico 6 se muestra la ubicación del ensayo en el mapa.

Gráfico 6. Ubicación del ensayo



Fuente: Google maps (2020)

3.1.1 Características climáticas y pedológicas.

Guayaquil está dominado por un clima cálido y húmedo durante todo el año, con una temporada lluviosa o de precipitaciones en los primeros meses del año. La temperatura anual oscila entre 21 °C y 32 °C, siendo marzo el mes más caliente y con temperaturas más bajas en el mes de julio (Climate data, 2020).

3.2 Metodología de la investigación

3.2.1 Tipo y enfoque de investigación.

El diseño experimental es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, esta es aplicada a una muestra en concreto para luego responder a una hipótesis general planteada, una vez obtenida las conclusiones, esta deberá determinar que, si es o no aplicable para toda la

población, la cual posteriormente se justificará por una serie de análisis y estadísticas (Cazau, 2006). En este caso en concreto se habla de un diseño pre experimental ya que se emplea fundamentalmente para "ilustrar los factores de validez que requieren control" (Galeano, 2003).

Por lo tanto, como fase preliminar se utilizará la investigación de carácter exploratorio, ya que además se basa en la recolección de información sobre un fenómeno poco desarrollado o desconocido, para luego determinar hallazgos y formar las respectivas conclusiones al respecto (Latorre, Rincón y Arnal, 2003). Como segunda fase se tendrá la parte descriptiva que se basa en el detalle de actividades y procedimientos de manera minuciosa según lo menciona Morales (2012), es decir, donde se llevará a cabo los diferentes estudios explicativos del proceso.

Esta investigación será planteada mediante un enfoque cualitativo, ya que, al tener un método exploratorio, esta permitirá una revisión bibliográfica complementándose con dicha fase descriptiva, obteniendo diferentes puntos de vista, antes de realizar los procesos de análisis estadísticos y de medición (Galeano, 2003). Dando paso luego a un enfoque cuantitativo.

3.2.3 Método de investigación.

Se aplicará para esta investigación el método deductivo que confiere a la toma de conclusiones generales, que busca obtener explicaciones particulares tales como teoremas, leyes, principios, entre otros. Estos se aplican en soluciones o hechos particulares según Bernal (2010), por lo cual, este método permitirá interpretar los datos que se obtengan en la investigación.

Por otro lado, también se efectuará el método analítico debido a que el mismo autor asegura que es el hecho de separar las partes de un objeto para luego estudiarlas de manera individual. Es decir, este método permitirá entender cada uno de los factores que conformarán un mercado, tales como: aspectos económicos, políticos, sociales, culturales, entre otros.

3.3 Materia prima, materiales y equipos

3.3.1 Materia prima.

- Semilla de chía

3.3.2 Materiales.

- Filtro de lienzo
- Balones de aforo
- Cajas Petri
- Envases herméticos
- Espátula
- Goteros
- Guantes de látex
- Kit Micro pipetas
- Magneto
- Micro placas de poli estireno
- Probetas
- Puntas para micro pipetas
- Rotuladores
- Tiras de pH
- Tubos eppendorf
- Tubos para centrifugar
- Varillas de agitación
- Vasos de precipitación

3.3.3 Equipos.

- Incubadora
- Molino de café
- Liofilizadora
- Centrifugadora
- Evaporador centrifugo Heto Vr1
- Agitador eléctrico vortex Mixer
- Agitador VWR
- Espectrómetro V-Vis UNICAM
- Termoagitador

3.3.4 Reactivos.

- Hidróxido de Sodio
- Cloruro de Sodio
- Gel NuPage Mes SDS
- Gel NuPage LDS
- SimplyBlue SafeStain
- Agua desionizada
- Agua destilada
- Pepsina
- Pancreatina
- Tripsina
- Buffer fosfato
- Solución DPPH
- Metanol
- Burato de Sodio
- Solución de ECA
- Ácido hipúrico
- Acetato de etilo
- Diclofenaco de sódico
- Albumina de huevo
- Tampón fosfato
- Ácido acético
- Aceto nitrilo
- Folín – Siocalteu
- Carbonato de Sodio
- Ácido gálico

3.4 Análisis estadísticos

La investigación se llevará a cabo bajo análisis de varianza unidireccional (ANOVA), con un diseño completamente al azar (DCA), mediante el software INFostat. Las diferencias que se efectuarán entre las muestras se compararán mediante la prueba de Tukey y Duncan con niveles de significancia de 0.05.

Como el objetivo es determinar cuál es el pH óptimo para conseguir el mayor porcentaje de proteína soluble en los concentrados que se quieren producir, se realizará el proceso de extracción a diferentes niveles de pH (pH 1–pH 12), con un total de 13 ensayos, contando con la muestra control.

Los análisis de electroforesis, digestión, actividad antioxidante, antihipertensiva, antiinflamatoria, perfil fenólico y compuestos fenólicos totales, se realizará únicamente a la muestra control (dilución harina:agua sin modificación de pH) y a la muestra que presente mayor cantidad de proteína soluble tras modificar su pH.

Como el objetivo de nuestra investigación es producir un concentrado proteico y para ello es necesario tener el mayor porcentaje de proteína soluble en la muestra, el análisis proximal y de proteína soluble será realizado en todos los tratamientos. Todos los análisis se efectuarán por triplicado.

3.5 Método Experimental

3.5.1 Extracción del mucílago de las semillas de chía.

En varios estudios realizados por el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) el paso inicial para realizar la extracción del mucílago o goma de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) es la hidratación con agua destilada en un periodo de 4 horas con una relación 1:10 (p/v), y una vez que su tamaño incrementa al doble se extrae esta goma mediante la utilización de un prensado con filtro de lienzo (Cárdenas, 2016).

La velocidad de agitación debe ser constante, sin originar salpicaduras, ya que esta conllevará a una pérdida de muestra. Además, la agitación elevada en la dilución puede ocasionar un exceso en la excitación de las moléculas de agua, generando un aumento de la distancia entre las partículas y reduciendo consecuentemente la interacción entre sustancias (Mesa, Calvo y Martínez, 2014).

3.5.2 Obtención de la harina de chía.

Una vez realizada la extracción del mucílago, se procede a limpiar las semillas y secarlas para eliminar la humedad en una incubadora durante 1 día a temperatura 50 °C. Cuando estas ya están secas, se lleva a un molino de café para tritararlo y conseguir un polvo muy fino, es decir la harina deseada (Cárdenas, 2016).

3.5.3 Análisis proximal de la harina de chía.

Basado en las pruebas realizadas por el INIAP es necesario realizar un análisis proximal de la harina de chía en los laboratorios de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, en la Tabla 5 se presentan los siguientes métodos para los análisis.

Tabla 5. Métodos para análisis proximal de la harina de la chía

Análisis	Método
Humedad	MO-LSAIA-0.01
Cenizas	MO-LSAIA-0.02
Grasa	MO-LSAIA-0.03
Proteína	MO-LSAIA-0.04
Fibra	MO-LSAIA-0.05
Carbohidratos	MO-LSAIA-0.06

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias)

Elaborado por: La Autora

3.5.4 Obtención de concentrados proteicos de chía.

Luego de obtener la harina de chía, esta debe ser suspendida en agua en una proporción de 1:10, que se llevará a un valor de pH de 8.0 con NaOH, N, la suspensión se agitará durante 25 minutos. Después con una temperatura ambiente durante 20 min se centrifugará a 4 500 rpm. Los residuos que se mantienen sobre el agua deben ser llevados a distintos pH (pH 2.0; pH 3.0; pH 4.0; pH 5.0; pH 6.0; pH 7.0; pH 8.0; pH 9.0; pH 10.0; pH 11.0; pH 12.0) con HCl 2, con el cual se determinará el pH óptimo de precipitación y su mejor porcentaje de rendimiento. Posteriormente se deja en refrigeración para la

correcta precipitación de la proteína, la cual será separada de los residuos que se mantienen sobre el agua por eliminación de este (Cárdenas, 2016).

La proteína precipitada deberá ser suspendida nuevamente en 10 mL e agua y se neutralizarán con Na (OH) 0.1 N. Para luego, ser liofilizados y guardados a temperatura -20 °C. A continuación, siguiendo el método demostrado para obtener los concentrados proteicos se debe llevar acabo precipitaciones isoeléctricas con cloruro de sodio 1 M a pH (pH 2.0; pH 3.0; pH 4.0; pH 5.0; pH 6.0; pH 7.0; pH 8.0; pH 9.0; pH 10.0; pH 11.0; pH 12.0) y de esta forma determinar el pH recomendable de precipitación y el porcentaje de rendimiento (Cárdenas, 2016).

3.5.5 Análisis proximal del concentrado proteico de chíá.

Similar al análisis proximal de la harina de chíá, se realizará para el caso del concentrado proteico, en la Tabla 6 se detalla los siguientes métodos a aplicar.

Tabla 6. Métodos para análisis proximal del concentrado proteico de chíá

Análisis	Método
Humedad	MO-LSAIA-0.01
Cenizas	MO-LSAIA-0.02
Grasa	MO-LSAIA-0.03
Proteína	MO-LSAIA-0.04
Fibra	MO-LSAIA-0.05
Carbohidratos	MO-LSAIA-0.06

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias)

Elaborado por: La Autora

3.5.6 Determinación del rendimiento de los concentrados de chíá.

En el estudio realizado por Cárdenas (2016), una vez que se obtengan las muestras, siguiendo el método ya mencionado donde se empleará agua y cloruro para la suspensión y sometiéndolas a distintos pH (pH 2.0; pH 3.0; pH 4.0; pH 5.0; pH 6.0; pH 7.0; pH 8.0; pH 9.0; pH 10.0; pH 11.0; pH 12.0). Se deberá determinar su rendimiento de los concentrados proteicos de chíá.

El proceso para obtener el rendimiento del concentrado proteico de chíá se efectuará mediante una precipitación isoeléctrica, para luego ser liofilizado. Se trabajará con 10 g de chíá para cada muestra tanto de agua como de cloruro de sodio, en las muestras de agua se utilizará 100 ml de agua destilada y en el caso de cloruro de sodio se trabajará con 100 ml de la solución de NaCl 1M (Cárdenas, 2016).

Para poder expresar los resultados es necesario utilizar el programa InfoStat, donde se determinará como el valor promedio de tres replicas \pm desviación estándar y mediante un análisis de varianza. Las medias serán evaluadas mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia menor de $\alpha = 0.05$.

Luego a partir de los pesos obtenidos se calculará el rendimiento mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Proteína} = \frac{\text{proteína aislada (gr)}}{\text{cantidad de harina (gr)}} * 100$$

3.5.7 Electroforesis en gel de poliacrilamida (sds-page).

Se realizará el análisis SDS-PAGE de los hidrolizados de proteínas en geles NuPAGE Novex 4 -12% Bis-Tris en el sistema de minicélulas XCell-sure lock. La electroforesis se llevará a cabo a 200 V. Se utilizarán NuPAGE MES-SDS y NuPAGE LDS como tampones de ejecución y muestra (Invitrogen), respectivamente (García et al., 2016).

Los experimentos se realizarán en condiciones no reductoras en las que se omitió el 2-mercaptoetanol en el tampón desnaturizante. Las bandas electroforéticas se teñirán con el reactivo SimplyBlue SafeStain (Invitrogen), seguido de una decoloración en agua desionizada. Los pesos moleculares de poli y oligopéptidos se establecerán mediante una comparación (García et al., 2016).

3.5.8 Digestión gastrointestinal *in vitro*.

El proceso de DGS es llevado a cabo mediante la hidrólisis consecutiva de pepsina y pancreatina, bajo condiciones de temperatura y pH controladas, simulando el proceso fisiológico de la digestión gastrointestinal humana.

Para los análisis de digestión de proteínas se realizará con 100 mg de proteína y harina de chía (liofilizada) estas se re suspenderán en 1.8 mL de 0.03 mol / L de NaCl, las mezclas se ajustarán a pH 2.0, incubando las suspensiones a una temperatura de 80 C por un lapso de 5 min, para que este pueda abrirse, y poder simular las condiciones del estómago. La digestión se realizará con pepsina pancreatina previamente disuelta, se la lleva a pH 2.0 y a una temperatura de 37 °C se agitará las suspensiones durante 3 horas. Pasado el tiempo, se procederá a ajustar el pH a 7.5 añadiendo tripsina y la pancreatina, nuevamente se deja en agitación a una temperatura de 37 °C durante 3 horas (García et al., 2015).

Una vez terminado el proceso de digestión se para el tratamiento de hidrólisis, haciendo que se desnaturalicen las enzimas digestivas por efecto del tratamiento térmico, aplicando una temperatura de 100 C durante 10 minutos, posteriormente se centrifuga a 14 000 G 4 °C durante 10 min y se determina el contenido de proteína (García et al., 2015).

3.5.9 Actividad antioxidante.

Método ORAC

La fluorescencia se medirá cada 1 minuto durante un periodo de tiempo determinado utilizando micro placas de poliestireno blancas de 96 celdas. Se utilizará el programa Gen 5 para controlar el multilector. El volumen final que se obtendrá en cada celda de la microplaca será de 200 µL y el medio de reacción será buffer fosfato 75 mM a un pH de 7.4. Se usarpa una micropipeta multicanal en donde se le agregará 150 µL de fluoresceína a cada celda, con cuya concentración final será de 54.5 Nm. La microplaca se le realizará una preincubación por un lapso de 15 minutos a una temperatura de 40 °C en el multilector y para posteriormente agregar 25 µL de AAPH, cuya concentración

final en cada celda respectivamente será de 18.75 mM, Para finalizar se realizará una agitación a las muestras, para determinar la la fluorescencia (Armenta, 2014).

Luego de obtener los datos se realizará curvas con diferentes concentraciones de Trolox, determinándolas en la siguiente ecuación:

$$\text{Índice ORAC} = \frac{m AH}{m Trolox}$$

Donde:

m AH: Pendiente obtenida para el compuesto antioxidante.

m Trolox: Pendiente obtenida para el estándar Trolox

Método DPPH

El estudio se basará en la medida fotométrica del radical DPPH a 516 nm aproximadamente, en un espectrómetro UV-Vis UNICAM. Previo a la determinación, los extractos de chía serán diluidos en metanol, se agregará 3 mL de una solución DPPH de concentración aproximada de 0.09 mM, la cual equivale a una unidad de absorbancia. Se registrará la disminución de las absorbancias de cada solución de DPPH, a continuación, será llevado a incubación en un ambiente oscuro, con un lapso de tiempo de 15 minutos (Armenta, 2014), esto permitirá obtener el porcentaje de inhibición del radical libre expresado en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{A - \alpha}{A} \times 100$$

Donde:

A = Absorbancia del blanco.

α = Absorbancia de la muestra.

3.5.10 Actividad Antihipertensiva.

El efecto de inhibición de los péptidos de chíá, serán evaluados de acuerdo al método reportado por Orona et al. (2015), sujeto a ciertas adecuaciones para la investigación.

Las muestras se liofilizarán y re suspenderán hasta lograr un volumen de 50 µL. Principalmente se añadirá 200 µL de una solución tampón de borato de sodio 0.1 M con pH 8.3; posteriormente se mezclará cada muestra con 20 µL (5 mU) de solución de ECA para incubar durante 30 min a una temperatura de 37 °C. Se detendrá la reacción y se añadirá 200 µL de HCl 1 M. El ácido hipúrico que se formará en el proceso, se extraerá añadiendo 1 mL de acetato de etilo y evaporándolo durante 10 min a temperatura de 90 °C, luego se procederá a disolverse en 1 mL de agua ultra pura. El blanco se preparará sin añadir la enzima y el control se preparará sin la adición de los péptidos.

Para determinar la inhibición de ECA se calculará como la concentración de péptidos para la inhibición con efectividad del 50 % de la actividad original de ECA (EC 50) utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Absorbancia control} - \text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia control} - \text{Absorbancia blanco}} \times 100$$

3.5.11 Actividad antiinflamatoria.

La determinación de la actividad antiinflamatoria se realizará mediante el método descrito por Alhakmani et al (2013). Brevemente, las muestras de proteína de chíá son disueltas en diclofenaco de sódico en una concentración de 100 ug / mL, 200 ug / mL, 500 ug / mL y 1000 ug / mL.

Se mezclan 2 mL de agua, 2 mL de albúmina de huevo y 2.8 de solución tampón fosfato ajustado a pH 6.4. Esta solución se someterá a dos tratamientos de tiempo y temperatura (27 °C – 15 min; 70 °C - 10 min), para lograr así que la proteína se desnaturalice.

Por último, se realizará la absorbancia de las muestras diluida en agua y la muestra control, a una longitud de onda de 660 nm. Para calcular el porcentaje de inhibición de la proteína desnaturalizada se aplicará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ inhibición} = \frac{At - Ac}{Ac} \times 100$$

Dónde: At = Absorbancia de la muestra

Ac = Absorbancia del control

3.5.12 Determinación de Compuestos fenólicos.

Los compuestos polifenólicos se extraerán luego de someter 1g de muestra a tres extracciones de 10 mL de una mezcla de ácido acético 10 %: acetonitrilo en diferentes proporciones, luego se agitará primero en vortex durante un tiempo de 30 segundos, para después pasará a un agitador rotativo (variador electrónico de velocidad 220 v) durante un tiempo de 15 minutos. La fase acuosa se concentrará hasta la sequedad en un evaporador centrífugo (tipo speed-vac) Heto VR-1. El residuo se procederá a disolver en 500 µL acetonitrilo: ácido acético 10 % (50:50) (Capitani, 2013).

A continuación, se muestra en la Tabla 7, la relación masa/carga para la detección de los compuestos polifenólicos presentes en harina de chíá.

Tabla 7. Compuestos polifenólicos presentes en harina de chíá

Compuestos polifenolicos	Relación m/z
Acido cafeico	181
Kaempferol	287
Quercetina	303
Miricetina	319
Ácido clorogénico	355

Fuente: Capitani (2013)

Elaborado por: La Autora

3.5.13 Determinación de Compuestos fenólicos totales.

El contenido de fenoles totales (TPC) se lo determinará bajo el método Folin-Ciocalteu. El procedimiento será reaccionar una alícuota de muestra con 100 µl, con 750 µl de reactivo Folin- Ciocalteu a 0.2 N. Luego en el lapso de 5 minutos se añadirá 750 µl de carbonato de sodio (7.5 %). Esta reacción se ejecutará por un periodo de tiempo entre 16 a 18 horas, con temperatura ambiente y con total oscuridad (García y Miranda, 2017).

La absorbancia se medirá a 765 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Scientific 10S, Thermo Fisher Scientific Inc, EE.UU.). Posteriormente se preparará una curva estándar con ácido gálico con concentraciones conocidas entre 5 y 100 µg / mL, el resultado obtenido será expresado como equivalentes de ácido gálico miligramo por gramo (mgGAE/g) de muestra. Como los anteriores ensayos, esta será realizada por triplicado a cada muestra (García y Miranda, 2017).

3.6 Análisis financiero de la producción

El estimado del monto invertido se basará en los resultados de otras investigaciones. Hay que tomar en cuenta que todos los costos unitarios se encuentran expresados en dólares americanos (USD).

Además, cabe destacar que se deben realizar los siguientes estudios iniciales mostrados en la Tabla 8:

Tabla 8. Costos detallados de la investigación

Ensayos	Precio (\$)	Cantidad	Precio Total (\$)
----------------	--------------------	-----------------	--------------------------

Análisis Proximal completo	52.00	12	624.00
Proteínas solubles	152.00	12	1824.00
Gel de electroforesis	141.00	2	282.00
Actividad antioxidante por el método DPPH	152.00	2	304.00
Actividad antioxidante por el método ORAC	169.00	2	338.00
Actividad IECA	160.00	2	320.00
Perfil fenólico	40.00	2	80.00
Compuestos fenólico totales	154.00	2	308.00
TOTAL			4 080.00

Fuente: Silva (2015); García (2019)

Elaborado por: La Autora

El análisis proximal en la presente investigación se lo llevará a cabo bajo la normativa establecida por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). En estos análisis se incluyen el contenido de humedad, ceniza, grasa, proteína y fibra cruda.

3.6.1 Costos de producción.

Para obtener los costos de producción de un concentrado proteico que sea usado como ingrediente con actividad biológica a partir de chíá, se considerará los costos de materia prima, en este caso las semillas de chíá, el precio estándar en el mercado de la ciudad de Guayaquil es aproximadamente de USD 10.00 cada libra.

Para el cálculo de los costos totales se realiza mediante la sumatoria de los costos variables y los costos fijos obtenidos (Silva, 2015).

$$CT = CV + CF$$

Mientras que para el costo unitario será determinar realizando una división entre los costos totales y costos fijos más los costos variables (Silva, 2015).

$$CU = CT/CF + CV$$

Para la obtención de las harinas se debe considerar las siguientes variables de costos mostradas en la Tabla 9.

Tabla 9. Costos fijos y costos de variables

Costos fijos	Costos Variables
Mano de obra	Chía
Maquinaria	
Servicios básicos	

Elaborado por: La Autora

3.6.2 Relación Costo/Beneficio.

En la presente investigación se considerará los valores de costos unitarios de producción y considerarlos como costos directos para determinar la relación costo/beneficio mediante una relación B/C, la cual nos indica cual será el precio valor al público y la rentabilidad del mismo (Silva, 2015). En la Tabla 10 se encuentran las variables a analizar:

Tabla 10. Detalle de costo y beneficio

Costo detalle
Costo de materias primas
Costo de materiales, insumos, análisis
Total, de costo unitario de producción
Margen de utilidad
PVP
Valor beneficio-costo (B/C)

Elaborado por: La Autora

4 DISCUSIÓN

Mejores condiciones socio sanitarias, acompañadas de un aumento en los índices de natalidad y a mejoras en la calidad de vida, han sido algunos de los factores relacionados con el drástico incremento de la población a nivel mundial producido durante el último siglo (ONU, 2019).

Consecuentemente, la demanda de proteínas y la producción de las mismas, dirigida a consumo humano, se ha visto notablemente incrementada (Quesada y Gómez, 2019). Esto ha generado la necesidad de buscar estrategias que ayuden a cubrir las necesidades poblacionales, con proteínas o preparados proteicos de alto valor biológico, que presenten un bajo coste de producción y que no supongan un impacto medioambiental, como ocurre con las proteínas de origen animal (Van der Goot, 2016).

En este contexto, las proteínas procedentes de origen vegetal, han despertado un gran interés para muchos investigadores y para empresas agroindustriales y biotecnológicas (Maphosa y Jideani, 2017). De esta manera, se ha evidenciado que las proteínas de origen vegetal, no solo generan un menor impacto al medio ambiente, sino que también aporta con grandes beneficios a la salud gracias a su elevada composición nutricional y su alto contenido en sustancias con actividad biológica.

Dentro de las fuentes proteicas de origen vegetal, los pseudocereales y leguminosas han sido considerados materias primas de gran relevancia a nivel industrial, siendo usada como remplazo a las fuentes proteicas de origen animal, debido a su elevado valor nutricional, gran disponibilidad, su bajo coste de producción y elevada aceptación a nivel poblacional (Maphosa y Jideani, 2017).

Se conoce que los pseudocereales y leguminosas son la principal fuente de proteínas vegetales y uno de los alimentos más completos en la alimentación, formando parte esencial en la dieta diaria en muchos países en vías de desarrollo. En términos generales se podría decir las leguminosas y pseudocereales presentan en su composición un elevado porcentaje proteico

(20-40 % p.s) y son ricas en casi todos los aminoácidos esenciales, a excepción de la lisina. Además, contienen altas cantidades de fibra ($\pm 5-37$ %) y de hidratos de carbono complejos (± 60 %) (Grancieri et al., 2019). Cabe resaltar, que la composición nutricional de estas, no solamente varía en función de la especie, la familia y el género al que pertenezcan, sino que los factores climáticos y el lugar geográfico donde se cultiven son factores influyentes en la composición nutricional de las mismas (Knez et al., 2019).

El elevado contenido proteico presente en las leguminosas y pseudocereales han sido asociados al hecho de que dichas materias primas poseen en sus raíces bacterias fijadoras del nitrógeno, las cuales transforman el gas del nitrógeno en amonio, siendo este usado posteriormente por la planta para la síntesis proteica (Maphosa y Jideani, 2017).

De hecho, el empleo de las mismas para su uso, como ingrediente en el desarrollo de alimentos fortalecidos, ha sido objeto de estudio de muchas investigaciones, ya que, mediante el empleo de las mismas para el desarrollo de alimentos fortalecidos, pueden contribuir a cubrir necesidades nutricionales de determinados sectores poblacionales.

Uno de las pseudocereales que mayor relevancia ha presentado en los últimos años, debido a su gran contenido proteico y su potenciado poder terapéutico es la chía. Se trata de una semilla, actualmente cultivada en Ecuador, cuyos orígenes se remontan a la época pre colonial. Los efectos beneficiosos asociados al consumo de esta semilla habían sido previamente aprovechados por las culturas Aztecas y Mayas. Las cuales empleaban su contenido en aceites con fines medicinales y terapéutico, además de su función nutricional (Ayerza y Coates, 2005).

La chía ha sido seleccionada como objeto de estudio para el desarrollado de ingredientes, debido a su destacado valor nutricional frente a otras pseudocereales. Distintos estudios han puesto de manifiesto que el contenido de proteína es considerablemente alto respecto al resto de fuentes de origen vegetal. Esta presenta un contenido proteico superior a los cinco

cereales de mayor importancia a nivel mundial (arroz, cebada, avena, maíz y trigo) (Capitani, 2013), siendo el contenido de esta del 16 al 26 % en base seca.

Las principales proteínas de almacenamiento presentes en la chía son las albúminas, las globulinas, las glutaminas y las prolaminas. Las cuales son responsables de la síntesis de nitrógeno en las plantas y consecuentemente factores decisivos en el contenido proteico de dicha semilla (Melo et al., 2019). Además, la chía es rica en nueve de los aminoácidos esenciales, siendo el ácido glutámico aquel que se encuentra en mayor proporción (Marcinek y Krejpcio, 2017).

En lo referente a su contenido lípidos, esta semilla presenta en su composición un alto contenido en ácidos grasos (25.4 %), siendo estos en su mayoría poliinsaturados (80 %). El contenido de ácidos grasos omega 3 (60 % del total de AGPI) y omega 6 (40 % del total de AGPI) es mayor que el que presentan los pescados azules, a los cuales se les ha atribuido un potente efecto cardio protector debido a su composición lipídica (Souza et al., 2015).

El contenido en fibra de esta semilla también le confiere efectos beneficiosos ante la salud del consumidor ya que al ser rica en fibra insoluble (85 % del total de su composición en fibra) es recomendada en personas con problemas de obesidad, dislipemias o diabetes, en otras, debido a su efecto saciante y a su eficiente papel en la reducción de los niveles de glucemia y de colesterol en sangre total (Ullah et al., 2016).

Además, es rica en vitaminas del grupo B, particularmente en ácido fólico, tiamina y riboflavina, presenta un alto contenido en macronutrientes (Ullah et al., 2016) como sodio, calcio, fosforo y magnesio, confiriéndole esta última actividad antioxidante (Souza et al., 2015). Es importante resaltar, que, durante el molido de la semilla, para la obtención de harinas usadas para la elaboración de concentrado proteicos, la disponibilidad de algunos minerales como el calcio, el zinc o selenio, entre otros, se ve aumentada. Esto es debido a que, durante la fricción generada por el rozamiento de las semillas con el

molino, se incrementa la exposición de estos nutrientes a ser atacados por enzimas digestivas, los cuales llegan directamente a la luz intestinal desde la matriz alimentaria (Barreto et al., 2016).

La chía, al igual que muchas proteínas de origen vegetal, presenta un marcado efecto bioactivo, contribuyendo, como previamente se ha comentado, en la prevención de enfermedades crónicas y degenerativas como la hipertensión, diabetes, y la obesidad. Dicho efecto protector esta principalmente atribuido a su composición en sustancias antioxidantes y a su contenido en secuencias peptídicas con actividad biológica, las cuales pueden ser liberados tras su ingesta por acción de las enzimas digestivas (Orona et al., 2015).

En lo referente al contenido de compuestos fenólicos presentes en la chía, se puede decir que el consumo de los mismos, está relacionado con una disminución de los procesos inflamatorios que están asociados con el desarrollo de ciertas patologías. Este efecto antiinflamatorio ha sido relacionado a compuestos antioxidantes naturales, entre los que destacan los compuestos fenólicos, los tocoferoles y la presencia de kercitinas, kaempferol y mericitil. La kercitina y el ácido caféico (Souza et al., 2015), también está presente en la fibra, por lo que dicho hidrato de carbono puede conferir un efecto antioxidante tras su consumo, ya que presentan una posible prevención al daño oxidativo (Martínez y Paredes, 2014).

La actividad antioxidante que aportan los compuestos fenólicos a la chía ha sido atribuida a la capacidad que presentan por los mismos para donar hidrogeno y de atrapar radicales libres, frenando el daño oxidativo generado por dicha molécula. Además, presentan efecto quelante por lo que pueden prevenir el ataque de los radicales libres procedentes de los radicales del cobre y del hierro (Reyes et al., 2008).

Por su parte, las secuencias peptídicas de las proteínas de la chía, liberadas por los procesos de hidrolisis, llevados a cabo las enzimas intestinales, han demostrado presentar una elevada actividad antioxidante,

anti-ateroscleróticos, antiinflamatorio y antihipertensivo, confiriendo a dicha semilla su potente eficacia terapéutica ante el desarrollo y prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Grancieri et al., 2019).

De este modo, se ha demostrado que tras someter a las fracciones proteicas mayoritarias de las proteínas de chíá (albumina, globulina, glutamina y prolamina) a un proceso de digestión gastrointestinal simulada con pepsina y pancreatina, se originaba la liberación de péptidos con actividad antioxidante y antihipertensiva. En este estudio se observó que mientras que los péptidos procedentes de albúminas y globulinas presentar mayor actividad antihipertensiva y mayor actividad contra el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y el radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), los péptidos liberados de las fracciones proteicas de glutamina y prolamina presentaron una mayor capacidad para atrapar el radical ferroso (Orona et al., 2015).

La actividad antihipertensiva de las proteínas suele venir determinada por la capacidad que presentan los péptidos liberados de las proteínas para inhibir a la enzima convertidora de angiotensina (ECA). Esta enzima presenta un papel clave en la regulación de la presión sanguínea, ya que es responsable de la conversión de angiotensina I, decapeptido inactivo, a angiotensina II, péptido con potente acción vasoconstrictora que origina un aumento de la presión sanguínea (Rosivall, 2009). Además, el bloqueo de esta enzima incrementa la bardiquinina, potente vasodilatador que ayuda a regular la presión sanguínea (Crackowell, 2002).

En este contexto, se observó que, entre todas las proteínas mayoritarias presentes en la chíá, las fracciones de globulinas eran las que presentaban mayor actividad para inhibir a la ECA (Orona et al., 2015). Además, la actividad de esta fracción era superior a la presentada por péptidos liberados de la fracción de globulinas procedentes de judías Adzuki (Durak et al., 2013).

Por procesos de digestión gastrointestinal simulada también se ha podido comprobar que se liberan péptidos que presentan una elevada

actividad antiinflamatoria. La actividad de estos péptidos ha sido comprobada en macrófagos RAW 264.4 estimulados con LPS1 (1 µg mL⁻¹), los cuales generan una reducción de p-NF-κB, iNOS, p-JNK y AP-1. Además de una reducción en las especies reactivas del oxígeno de las prostaglandinas, y de la síntesis de ácido nítrico (Grancieri et al., 2019).

Los macrófagos son las principales células involucradas en los procesos inflamatorios. Estas producen mediadores como las citosinas o las especies reactivas del oxígeno, las cuales están estrechamente reaccionados con el desarrollo de enfermedades crónicas. Por esta razón es importante controlar los procesos inflamatorios, ya en ocasiones una respuesta inflamatoria excesiva puede estar ocasionada por mecanismos patológicos relacionados con enfermedades cardiometabólicas como la hipertensión y la aterosclerosis (Montecucco et al., 2013).

Estos resultados ponen de manifiesto el efecto preventivo de los péptidos procedentes de las proteínas de chíá ante procesos inflamatorios debido a que reducen la expresión de los marcadores relacionados con dicha alteración fisiológica.

La información expuesta confirma que la planta de chíá contiene compuestos con actividad nutracéutica que le otorgan un efecto fisiológico protector ante el desarrollo y prevención de ciertas patologías. Esto hace que dicha semilla se plantee como una alternativa comercialmente interesante a nivel agroindustrial para su uso como ingrediente alimentario con actividad biológica. El efecto beneficioso de este pseudocereal ha sido tan evidente y popularizado, que el Parlamento Europeo lo ha considerado como alimento novedoso, apto para ser introducido en la dieta como ingrediente o ser consumido entero (Melo et al., 2019).

Para la producción de concentrados proteicos de chíá que sean usados como ingredientes con actividad biológica en el desarrollo de nuevos productos fortalecidos, que tengan un efecto terapéutico sobre la salud de la población que los consume, es necesario tener en consideración algunos factores

importantes para su producción. Entre estos destacan: la relación harina: disolvente en la que se prepara el concentrado y los parámetros temperatura, pH, tiempo y velocidad de agitación a los que se lleva a cabo la extracción proteica.

En lo referente a relación harina disolvente esta dependerá del tipo de leguminosas y pseudocereales a procesar. La relación es establecida en función a la máxima cantidad de harina capaz de ser diluida en la menor solución de trabajo seleccionada. En base a la bibliografía encontrada se estableció usar una relación 1:10 ya que esta había sido previamente usada para la extracción concentrados de chía y otras leguminosas y pseudocereales (Timilsena et al., 2016; García et al, 2015).

Respecto al parámetro temperatura, a no ser que el proceso de extracción sea llevado a cabo mediante la aplicación de un tratamiento térmico, la temperatura de extracción proteica suele realizarse a temperatura ambiente a fin de reducir pérdidas de sustancias volátiles o metabolitos secundarios con actividad biológica. Además, hay que tener en cuenta que al no aplicar calor los gastos de producción no se ven incrementados.

La velocidad de agitación empleada suele ser intermedia a fin de conseguir una constante agitación de la solución harina disolvente, sin originar salpicaduras que conllevan una pérdida de muestra como consecuencia de una agitación vigorosa. Esto es debido a que una agitación elevada puede ocasionar un exceso en la excitación de las moléculas de agua, generando un aumento de la distancia entre las partículas y reduciendo consecuentemente la interacción entre sustancias. Este hecho que también se ve producido con el aumento de la temperatura durante los tratamientos de extracción (Mesa et al., 2014).

Entre los métodos más comúnmente utilizados para la producción de concentrados proteicos destacan: la precipitación isoeléctrica de compuestos no proteicos (Sair, 1959), la aplicación de tratamiento térmico (McAnelly, 1964) y el uso de solventes hidroalcohólicos (Campbell et al., 1985).

Generalmente en estos últimos métodos de extracción se emplean disolventes, ácidos concentrados o soluciones álcalis, que muchas veces generan problemas de desnaturalización de proteínas, pérdida de solubilidad, entre otras, afectando a las propiedades funcionales de las proteínas, motivo por el cual no fue seleccionado para nuestro estudio. Los procesos de extracción de proteínas mediante la aplicación de tratamiento térmico presentan el inconveniente de producir la desnaturalización de compuestos volátiles y de algunas sustancias con actividad biológica como las vitaminas o algunos fitoquímicos, lo que podría reducir la actividad biológica del concentrado producido. Cabe resaltar, que a pesar de que los tratamientos térmicos generan la desnaturalización de la proteína, las albúminas y las globulinas presentes en fracciones proteicas de chíá presentan una elevada temperatura de desnaturalización, siendo esta de 103,6 °C y 104,7 °C, respectivamente (Melo et al., 2019). Este hecho está asociado a las interacciones hidrofobias por las que están conformadas, por lo que dichas fracciones en concreto no se ven desnaturalizadas a no ser que se le aplique una energía elevada (Coelho y Salas, 2014).

Bajo este contexto, se ha decidido producir los concentrados proteicos de chíá mediante precipitación isoeléctrica de los compuestos no proteicos. En este contexto, cabe definir que el punto isoeléctrico es aquel punto en el que la proteína presenta igual número de cargas negativas que positivas, es decir, que su carga neta es nula (Serpa, Hinapié y Alvarez, 2014). Así, a mayor fuerza iónica, menor es la solubilidad de la proteína. Es decir, que se establece como pH óptimo para la extracción, aquel en el que mayor porcentaje de proteínas sea soluble.

Durante este tipo de extracción se ha comprobado que se produce la eliminación de carbohidratos no asimilables y algunos indispensables por efecto del agua, por los concentrados se vuelven más fácilmente digeribles (Serna, Pabón y Quintana, 2019).

De este modo, y a fin de establecer el valor de pH óptimo para la extracción del concentrado proteico se procede a graficar los valores de

proteína soluble obtenidos tras la extracción de proteica (pH:1; pH:2; pH:3; pH:4; pH:5; pH:6; pH:7; pH:8; pH:9; pH:10; pH:11; y pH:12). Usualmente las proteínas procedentes de cereales y pseudocereales presentan mayor porcentaje en proteína soluble en pH alcalino (Timilsena et al., 2016; García et al., 2015).

La chía es rica en mucílago, carbohidrato que le confiere una consistencia gelatinosa que dificulta la manipulación y absorción de la misma. Debido a ello, muchos autores concuerdan en eliminar o disminuir la concentración del mismo mediante hidratación y posterior filtrado, a fin de obtener mejor rendimiento en la extracción proteica (Cárdenas, 2016).

En base a lo expuesto y hablando en términos generales se puede decir que los pasos a seguir para la producción de los concentrados proteicos fueron las siguientes: (i) Molido de las semillas de chía hasta la obtención de una harina fina y uniforme; (ii) dilución de la harina en agua para su posterior extracción proteica; (iii) Eliminación del mucilago mediante hidratación y posterior filtrado; (iv) Extracción a temperatura ambiente de las proteínas a distintos valores de pH (rango establecido de pH 1 a pH 12); (v) Determinar el valor de proteína soluble los extractos producidos a diferentes valores de pH.

Una vez producido el concentrado proteico, este es sometido a un proceso de digestión gastrointestinal simulada, con el objetivo de comprobar si la actividad biológica del mismo se ve modificada por efecto de las enzimas digestivas. Esta digestión se lleva cabo mediante un proceso de hidrólisis consecutiva usado para ello pepsina, tripsina y pancreatina, a valores de pH controlados.

Debido a todo lo planteado, es que se considera a la chía como un potente alimento para la elaboración de un ingrediente con concentrado proteico, con fines nutraceuticos que puede mejorar la calidad de vida de los seres humanos. Esperando que tras la ingesta del concentrado proteico se produzca la liberación de péptidos con actividad biológica, de tal modo que el efecto terapéutico que posee la semilla y por ende el concentrado proteico se

vea incrementado tras su ingesta. Demostrando además todos los beneficios presentes en la chía como las actividades antioxidantes, antiinflamatorias y antihipertensivas.

5 RESULTADOS ESPERADOS

5.1 Académico

Esta investigación será de gran ayuda para futuros estudiantes y personas interesadas en el tema tratado.

5.2 Técnico

Con la siguiente investigación se determinará los aportes nutricionales y beneficios del consumo de la chía como un ingrediente para un alimento funcional.

5.3 Económico

Con los resultados obtenidos se busca incrementar la producción del cultivo de chía que se considera poco explotado en el país, la cual se plantea mejorar sus actividades nutricionales.

5.4 Participación Ciudadana

Mediante la presente investigación se pretende fomentar la ingesta de alimentos funcionales con la finalidad de llevar una vida sana haciendo uso de los buenos hábitos alimenticios.

5.5 Científico

Con la siguiente investigación se determinará que el uso de los alimentos funcionales y los aislados proteicos de la chía tienen un impacto positivo en propiedades nutricionales para el consumidor.

5.6 Tecnológico

Con la tecnología aplicada en la siguiente investigación se podrá comprobar que la chía puede ser considerada parte de un alimento funcional, dando un aporte nutricional al consumidor.

5.7 Social

Con la presente investigación los agricultores tendrán la posibilidad de aumentar la demanda de la chía, siendo esto un beneficio para su entorno social.

5.8 Ambiental

La investigación será de gran ayuda en el tema ambiental debido a que la chía es un cultivo con características beneficiosas en el sector agropecuario dando la posibilidad de cultivarse en zonas con gran escasez de agua.

5.9 Cultural

La presente investigación desarrollará hábitos alimenticios saludables, generando al ser humano un nuevo estilo de vida.

5.10 Contemporáneo

Con esta tecnología se obtendrá un mayor aprovechamiento de la chía ya que se convierte en parte de un alimento funcional por lo que su uso como ingrediente puede potenciar el desarrollo agroindustrial y biotecnológico a nivel nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, S. (2019). *Evaluación del efecto de la semilla de Salvia hispanica L. "chía" en el crecimiento de las cepas probióticas Lactobacillus casei ATCC 334 y Lactobacillus acidophilus ATCC 4356*. (Tesis de grado). Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú. Recuperado de: http://190.116.48.43/bitstream/handle/upch/6378/Evaluacion_AcunaCarmen_Samantha.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alhakmani, F., Kumar, S., y Khan, S. (2013). Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and antiinflammatory activity of flowers of Moringa oleifera. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3, 623-627.
- Allen, L., De Benoist, B., Dary, O. y Hurrell, R. (2017). Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes. FAO ISBN 978-92-4-359401-9
- Arcila, C., Loarca, G., Lecona, S., y González de Mejía, E. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 54(1), 100-111.
- Armenta, T. (2014). *Actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina y antioxidante de péptidos bioactivos sometidos a digestión gastrointestinal simulada*. (Tesis de posgrado). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo – Sonora.
- Arnoldi, A., Zanoni, C., Lammi, C. y Boschini, G. (2015). The role of grain legumes in the prevention of hypercholesterolemia and hypertension. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34, 144-168.
- Ayerza, R. (2006). Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas *Editorial del Nuevo Extremo S.A.* Buenos Aires.

- Ayerza, R., y Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34, 1366-1371.
- Badui, S. (2013). Química de los Alimentos cuarta edición. *Pearson Educación*. México. ISBN: 970-26-0670-5
- Baquero, G., Paternina, G. y Cadavid, M. (2016). Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. *Ingenium*, 17(33), 29-40.
- Bari, M., Marconi, P., López, M., y Álvarez, M. (2018). Influencia de reguladores de crecimiento sobre el establecimiento de cultivos in vitro de *Salvia hispanica* L. (chía) y sobre su contenido de ácidos grasos.
- Barreto, Gutierrez, Silva, Lacerda, Labanca y Araújo. (2016). Characterization and Bioaccessibility of Minerals in Seeds of *Salvia hispanica* L., *Am. J. Plant Sci.*, 7, 2323.
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación tercera edición. *Pearson Educación*. Bogotá, Colombia. Recuperado de http://biblioteca.uccvirtual.edu.ni/index.php?option=com_docman&task=search_result&Itemid=1
- Bernal, C., Díaz, C. y Gutiérrez, C. (2017). Probióticos y prebióticos en matrices de origen vegetal: Avances en el desarrollo de bebidas de frutas Probiotics and prebiotics in vegetable matrices: Advances in the development of fruit drinks. *Revista chilena de nutrición*, 44(4), 383-392. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182017000400383>
- Betalleluz, I. (2016). *Estudio del enriquecimiento de manzana con prebióticos, probióticos y componentes antioxidantes provenientes de zumo de mandarina por impregnación a vacío para el desarrollo de aperitivos*

altamente funcionales y con bajo contenido calórico (Tesis doctoral).
Universidad de Valencia.

Bouchenak, M y Lamri, M. (2013). Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: A review. *Journal of Medicinal Food*. 16(3):185-198. DOI: 10.1089/jmf.2011.0238

Boye, J., Zare, F. y Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43, 414-431.

Campbell, M., Kraut, C., Yackel, W., y Yang, H. (1985). Soy protein concentrate . *En New protein foods*. vol. 5. Eds. A.A. Altschul y H.L. Wilcke. *Academic Press*, Orlando

Campora, M. (2016). Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n2/v42n2a04.pdf>

Capitani, M. (2013). *Caracterización y funcionalidad de subproductos de chíá (Salvia hispanica L.)* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de la Plata.

Carbonaro, M., Maselli, P. y Nucara, A. (2015). Structural aspects of legume proteins and nutraceutical properties. *Food Research International*, 76, Part 1, 19-30.

Cárdenas, M. (2016). *Obtención de aislados proteicos de chíá (Salvia hispánica L.) y evaluación in vitro de su digestibilidad gastrointestinal, actividad antiinflamatoria y antioxidante* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.

Carrillo, W. (2014). Digestibilidad de las proteínas alergénicas. *Química Viva*, 13, 109-122.

- Castañeda, C. (2018). Update in prebiotics. *Revista Cubana de Pediatría*, 90(4), e648. Recuperado en 29 de junio de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312018000400008&lng=es&tlng=e
- Castro, M. (2002). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *INCI. vol.27*, n.3 pp. 128-136. Recuperado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000300005&lng=es&nrm=iso. ISSN 0378-1844
- Cazau, P. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales. *American Psychological Association*. Tercera Edición. Buenos Aires
- Ciau, N., Rosado, G., Segura, M., Betancur, D. y Chel, L. (2014) Chemical and Functional Properties of Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Gum. *Int. J. Food Sci.*
- Climate Data. (2020). Clima Guayaquil: Temperatura, Climograma y Temperatura del agua de Guayaquil—Climate-Data.org. Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-guayas/guayaquil-2962/>
- Coelho, M. y Salas, M. (2014). Chemical characterization of chia (*Salvia hispanica* L.) for use in food products. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(5), 263-269.
- Coelho, M., de Araujo, S., Latorres, J. y de las Mercedes, M. (2019). In vitro and in vivo antioxidant capacity of chia protein hydrolysates and peptides. *Food hydrocolloids*, 91, 19-25.
- Cortés, R., Chiralt, B., y Puente D., (2005). Alimentos funcionales: una historia con mucho presente y futuro. *Vitae*, 12(1) ,5-14. ISSN: 0121-4004.

- Corzo, N., Alonso, J., Azpiroz, F., Calvo, M., Cirici, M., Leis, R., y Rúperez, P. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 99-118.
- Crackower, M. A., Sarao, R., Oudit, G. Y., Yagil, C., Kozieradzki, I., Scanga, S. E., Oliveira-Dos-Santos, A. J., Da Costa, J., Zhang, L., Pei, Y., Scholey, J., Ferrario, C. M., Manoukian, A. S., Chappell, M. C., Backx, P. H., Yagil, Y. and Penninger, J. M. (2002). Angiotensin-converting enzyme 2 is an essential regulator of heart function. *Nature*, 417, 822-828.
- Cruzado, M., y Cedrón, J. (2012). Nutraceuticos, alimentos funcionales y su producción. *Revista de Química*, 26(1-2), 33-36. Consultado en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/7307/7520>
- da Silva, B., Toledo, R., Mishima, M., de Castro, M., Vasconcelos, C., Pereira, C. y Martino, H. (2019). Effects of chia (*Salvia hispanica* L.) on oxidative stress and inflammation in ovariectomized adult female Wistar rats. *Food & Function*, 10(7), 4036-4045.
- Dávila, J., Calero, A., Roldán, S., y Benítez, F. (2010). Ingredientes funcionales de plantas ecuatorianas. *Revista Politécnica Vol. 29 (1):* 51-59
- Delgado, R. (2016). Probióticos y respuesta inmune. *Acta Médica del Centro*, 10(4), 72-75. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2016/mec164k.pdf>
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., y Severin, C. (2008). Chía: importante antioxidante vegetal. *Revista de la Universidad Nacional del Rosario*.
- Díaz, L. U. (2015). *Aceite de chía. Beneficios e inconvenientes de su consumo* (Tesis doctoral). Universidad Complutense.

- Durak, A., Baraniak, B., Jakubczyk, A. y Åswieca, M. (2013). Biologically active peptides obtained by enzymatic hydrolysis of Adzuki bean seeds. *Food Chemistry*, 141(3), 2177e2183
- Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77, 67-82.
- Falco, B., Fiore, A., Rossi, R., Amato, M. y Lanzotti, V. (2018). Metabolomics driven analysis by UAE-GC-MS and antioxidant activity of chia (*Salvia hispanica* L.) commercial and mutant seeds. *Food Chem.* 254, 137–143.
- FAO (2014). Nutrición y alimentos. Recuperado de http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/AP_nutrition.html
- FAO. (2016). Legumes can help fight climate change, hunger and obesity in Latin America and the Caribbean. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. Santiago de Chile.
- Galeano, M. (2003). Diseño de proyectos en la investigación cualitativa. *Fondo Editorial Universidad Eafit*. ISBN: 958-8173-78-7
- García, M. (2007). La alimentación del futuro: Nuevas tecnologías y su importancia en la nutrición de la población. *In Anales Venezolanos de Nutrición (Vol. 20, No. 2)*.
- García, M. y Miranda, C. (2017). *Composición nutricional, propiedades funcionales, componentes bioactivos y actividad antioxidante de dos variedades de semillas de chíá (Salvia hispanica L.) De cultivo convencional y orgánico en el Perú*. (Tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Lima, Perú.

- García, P. (2016). *Producción de hidrolizados proteicos con propiedades antihipertensivas mediante proteólisis y altas presiones hidrostáticas a partir de pseudocereales*. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid.
- García, P., Frias, J., Peñas, E., Zieliński, H., Giménez, J. A., Wiczowski, W., y Martínez, C. (2015). Simultaneous release of peptides and phenolics with antioxidant, ACE-inhibitory and anti-inflammatory activities from pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. pinto) proteins by subtilisins. *Journal of Functional Foods*, 18, 319-332.
- García, P., Peñas, E., Frias, J., Zielinski, H., Wiczowski, W., Zielinska, D., y Martínez, C. (2016). High-pressure-assisted enzymatic release of peptides and phenolics increases angiotensin converting enzyme I inhibitory and antioxidant activities of pinto bean hydrolysates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(8), 1730-1740.
- Gazem, R., Puneeth, H., Madhu, C., y Sharada, A. (2016). Physicochemical Properties and in Vitro Anti-Inflammatory Effects of Indian Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed Oil. *Journal of Pharmacy and Biological Science*, 11, 1-8.
- Gómez, M. (2010). *Desarrollo y evaluación de estrategias analíticas para la caracterización de compuestos bioactivos en alimentos funcionales*. Granada (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Obtenido de <https://digibug.ugr.es/handle/10481/15467>
- Google Maps. (2020). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Location. Recuperado 26 de junio de 2020, de <https://www.google.com/search>
- Grancieri, M., Martino, H. y Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia (*Salvia hispanica* L.) seed total protein and protein fractions digests reduce

biomarkers of inflammation and atherosclerosis in macrophages in vitro. *Molecular nutrition and food research*, 63(19), 1900021.

Grancieri, M., Martino, H., y Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 480-499.

Guillén, M. (2009). *Estructura y Propiedades de las Proteínas*. (Tesis de posgrado). Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf. 34p.

Guiotto E, Ixtaina V, Tomás M y Nolasco S (2011). Moisture-dependent physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Intech*. 54 (2), 1-7. <http://dx.doi.org/10.5772/53165>

Hernández, D., y Hurtado, M. (2007). Alimentos funcionales (nutracéuticos). *Sociedad Española de Cardiología*. ISBN-13:978-84-690-3758-4

INIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2016). Análisis físico químico de alimentos. 2016, Recuperado de http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=95

Ivanovski, M., Cör, D. y Knez, Ž. (2019). Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.): An Overview-Phytochemical Profile, *Isolation Methods, and Application*. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(1).

Jaramillo Garcés, Y. (2013). *La chía (Salvia hispanica L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables* (Tesis doctoral). Corporación Universitaria Lasallista.

- Jiménez, F. (2013). Emulsiones múltiples: compuestos bioactivos y alimentos funcionales. *Nutrición Hospitalaria*, 28(5), 1413-1421. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.5.6673>
- Jiménez, R., Carrillo W, López, R., Molina, E., (2012). Susceptibility of lysozyme to in-vitro digestion and immunoreactivity of its digest. *Food Chemistry*, 127, 1719-1726.
- Joshi, M., Adhikari, B., Aldred, P., Panozzo, J., y Kasapis, S. (2011). Physicochemical and functional properties of lentil protein isolates prepared by different drying methods. *Food Chemistry*, 129(4), 1513-1522.
- Knez, M., Ivanovski, M., Cör, D., y Knez, Ž. (2019). Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *Molecules*, 25(1), 11. doi:10.3390/molecules25010011
- Kwon, H., Bae, H., Seo, H. y Han, S. (2019). Chia seed extract enhances physicochemical and antioxidant properties of yogurt. *Journal of dairy science*, 102(6), 4870-4876.
- Laemmli, U. (1970). Cleavage of structural proteins during assembly of the heat bacteriophage T4. *Nature*.
- Latham, M. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Fao. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s10.htm>
- Latorre, A., Rincón, D., y Arnal, J., (2003). Bases metodológicas de la investigación educativa. Barcelona: *Ediciones Experiencia*.
- Levitus, G. (2011). Biotecnología vegetal: desarrollo de nuevos y mejores alimentos. *Química Viva*, 10(3), 200-204.

- Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. In Desarrollo y transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia. *Corporación Universitaria Lasallista*.
- López, C. (2005). Lección inaugural curso 2004/2005: Química Analítica y Premio Nobel.
- López, R., y Aguinaga, R. (2018). *Salvia hispanica* L. (chía): alimento funcional con propiedades medicinales. *Revista Cubana De Plantas Medicinales*, 23(3). Recuperado de <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/633/320>
- Maphosa, Y. y Jideani, V. (2017). The role of legumes in human nutrition. *Functional Food-Improve Health through Adequate Food*, 1, 13.
- Marcinek, K., y Krejpcio, Z. (2017). Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): health promoting properties and therapeutic applications a review, *Rocz. Panstw. Zakl. Hig.*, 68, 123–129.
- Mariño, A., Núñez, M., y Barreto, J. (2016). Microbiota, probióticos, prebióticos y simbióticos. *Acta Médica de Cuba*, 17(1). Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/actamedica/acm-2016/acm161g.pdf>
- Martinez y Paredes. (2014). Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) by ultra-high performance liquid chromatography, *J. Chromatogr. A*, 2014, 1346, 43–48.
- Martínez, E. y Añon, M. (1996). Composition and structural characterization of amaranth proteins isolates. An electrophoresis and calorimetric study. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 44, 2523- 2530.

- Martínez, O., y Martínez de Victoria, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21(Supl. 2), 01-14.
- Martínez, O., y Paredes, O. (2014). Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds (*Salvia hispánica* L.) by ultra high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 1346, 43-48.
- McAnelly, J., (1964). Method for producing a soybean product and the resulting product. U.S. Patent 31422571.
- Melo, D., Machado, T., y Oliveira, M. (2019). Chia seeds: an ancient grain trending in modern human diets. *Food & Function*. doi:10.1039/c9fo00239a.
- Mesa, Y., Calvo, G., Gago, Y. y Martínez, J. (2014). Use of an artisan Solar Grain Dryer to dry soybeans and black beans grains. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 17-20.
- Mohamed, D., Mohamed, R. y Fouda, K. (2020). Anti-inflammatory potential of chia seeds oil and mucilage against adjuvant-induced arthritis in obese and non-obese rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 1.
- Montecucco, F., Mach, F. y Pende, A. (2013). Inflammation is a key pathophysiological feature of metabolic syndrome. *Mediators of Inflammation*, 135984.
- Morales, F. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa.
- Morales, J., Restrepo, D., y Correa, D. (2014). Preparación y determinación de las propiedades funcionales del concentrado proteico de trúpillo (*Prosopis juliflora*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 12(1), 144-152.

Ndidi U, Ndidi C, Aimola I, Bassa O, Mankilik M y Adamu Z. (2014). Effects of processing (Boiling and roasting) on the nutritional and antinutritional properties of Bambara groundnuts (*Vigna subterranean* L.) from Southern Kaduna, Nigeria. *Journal of Food Processing*. 2014;2014:1-9. DOI: 10.1155/20172129

NTE INEN 2587. (2011). *Alimentos Funcionales. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de normalización. Recuperado de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2587.pdf

OMC. (2011). Guía de buenas prácticas clínicas en alimentos funcionales OMC ISBN-978-846-94-9799-9

OMS. (2017). Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017 ISBN 978-92-4-359401-9. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf;jsessionid=A8998F08DC1782E07BF0FD345E716F02?sequence=1> Arcila.

ONU. (2019). Alimentación. Recuperado de: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/food/index.html>

Orona, D., Valverde, M., Nieto, B. y Paredes, O. (2015). Inhibitory activity of chia (*Salvia hispanica* L.) protein fractions against angiotensin I-converting enzyme and antioxidant capacity. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 236-242.

Pandurangan, S., Al-Maiman, S., Al-Harbi, L., y Alshatwi, A. (2020). Beneficial Fatty Acid Ratio of *Salvia hispanica* L. (Chia Seed) Potentially Inhibits Adipocyte Hypertrophy, and Decreases Adipokines Expression and

Inflammation in Macrophage. *Foods*, 9(3), 368.
doi:10.3390/foods9030368

Pantanelli, A. (2007). Alimentos fortificados y enriquecidos (No. H2720). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos*. Buenos Aires (Argentina). Dirección Nacional de Alimentos. Recuperado de: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/14/Alimentos.PDF>

Parra, R. (2012). Yogur en la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 162-177.

Power, O., Jakeman, P. y Fitzgerald, R. (2013). Antioxidative peptides: enzymatic production, in vitro and in vivo antioxidant activity and potential applications of milk-derived antioxidative peptides. *Amino Acids*, 44, 797-820.

Quesada, D., y Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 1-8. Recuperado de: <https://cpncampus.com/biblioteca/files/original/3d406a1c20e84eb717995c0eced2df81.pdf>

Ramiro, M., Fuentes, F., Rodríguez, W., Morandini, M., y Vevani, M. (2009). Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán, República Argentina. *Avance agroindustrial*, 4(32), 27 - 30.

Ramos, K. (2018). Perfil de ácidos grasos y análisis de minerales de chía (*Salvia hispanica* L.) cultivada en Ecuador. *Investigación, Ciencia y Universidad*, 2(2).

Reglero, G. (2011). Los alimentos funcionales: Un tesoro cuestionado. *Encuentros Multidisciplinares*. Recuperado de

https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/679141/EM_37_5.pdf?sequence=1

Reyes, Tecante y Valdivia. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Food Chem.*, 2008, 107, 656–663.

Rosivall, L. (2009). Intrarenal renin-angiotensin system. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 302, 185-192.

Sahagún, M. (2019). Estudio de la incorporación de altos porcentajes de proteínas en productos sin gluten a base de cereales.

Sair, L. (1959). Proteinaceous soy composition and method for preparing . U.S. Patent 2881076.

Samaranayaka, A. y Li-Chan, E. (2011). Food-derived peptidic antioxidants. Review of their production, assessment, and potential applications. *Journal of Functional Foods*, 3, 229-254.

Sampieri, R., Collado, C., y Lucio, P. (2004). Metodología de la Investigación. *McGraw-Hill Interamericana*. México.

Sandoval, M. y López M. (2012). *Aislamiento y caracterización de las proteínas de reserva de chíá (Salvia hispanica L.)*. (Tesis de posgrado). Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, México.

Sanz, I. (2010). Vive sano: las proteínas. *Suplemento III*, (3.866). Recuperado de:
http://www.institutotomaspascualsanz.com/descargas/publicaciones/vivesano/vivesano_13mayo10.pdf?pdf=vivesano-130510

- Serna, L., Pabón, O. y Quintana, J. (2019). Efectos de la Fuerza Iónica y el Tiempo de Remojo de Legumbres Secas sobre sus Propiedades Tecnofuncionales. *Información tecnológica*, 30(2), 201-210
- Serpa, A., Hincapié, G. y Álvarez López, C. (2014). Determination of the isoelectric point of four leaf sources: cassava (*Manihot esculenta* Crantz) veronica and tai varieties, jatropha (*Jatropha curcas* L.) y gmelina (*Gmelina arborea*). *Prospectiva*, 12(1), 30-39.
- Serpa, A., Vélez, L., Barajas, J., Castro, C. y Gallego, R. (2016). Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: el desarrollo de una estrategia nutricional indispensable para países en vía de desarrollo. *Acta Agronómica*, 65 (4), 340-353
- Serra, L., y Aranceta, J. (2002). Guía de alimentos funcionales. Sociedad Española Nutrición Comunitaria. Instituto Omega 3. *Confederación de Consumidores Y Usuarios*, 2-14.
- Shimizu, T. (2002). Newly established regulation in Japan: foods with health claims. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 11(2), S94-S96.
- Silva, C. (2015). *Evaluación técnica comercial del aprovechamiento de la semilla de chía (Salvia hispanica L.) para la elaboración de productos alternos* (Tesis de grado). Quito. Universidad de las Américas.
- Soto, C. (2015). *Determinación de la capacidad antioxidante de las espigas de la planta de chía*. (Tesis de grado). Universidad de Chile.
- Souza, F., Sousa, G., da Silva y Rosa, G. (2015). Effect of chia seed (*Salvia hispanica* L.) consumption on cardiovascular risk factors in humans: a systematic review, *Nutr. Hosp.*, 32, 1909–1918.
- Staniak M, Księżak J y Bojarszczuk J. (2014). Mixtures of legumes with cereals as a source of feed for animals. In: Pilipavicius V, editor. *Organic*

Agriculture Towards Sustainability. InTech: Croatia. pp. 123–145. DOI: 10.5772/58358

Taranto, M., Medici, M. y Font, G. (2005). Alimentos funcionales probióticos. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Química Biológica. *Química Viva*. ISSN: 1666-7948

Teunissen, K., Dopheide, J., Geleijnse, J., Bakker, S., Brink, E., De Leeuw, P. y Van Baak, M. (2012). Protein supplementation lowers blood pressure in overweight adults: effect of dietary proteins on blood pressure (PROPRES), a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95, 966-971.

Timilsena, Y., Adhikari, R., Barrow, C., y Adhikari, B. (2016). Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds. *Food chemistry*, 212, 648-656.

Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A. y Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of food science and technology*, 53(4), 1750-1758.

Ulloa, J., Rosas, P., Ramírez, J., y Ulloa, B. (2012). Producción de aislados proteicos a partir de subproductos industriales. *Revista Fuente nueva época Vol. 4*, No. 11. ISSN: 2007-0713

Van der Goot, A., Pelgrom, P., Berghout, J., Geerts, M., Jankowiak, L., Hardt, N., ... y Boom, R. (2016). Concepts for further sustainable production of foods. *Journal of Food Engineering*, 168, 42-51.

Vintimilla, E., y Reinoso, M. (2015). *Comprobación de métodos para la caracterización de ácidos grasos y aminoácidos de la semilla chía*

(*Salvia hispánica* L.) (Tesis de grado). Quito. Universidad de las Américas, 2015.

Vioque, J., Sánchez, R., Pedroche, J., Yust, M. y Millán, F. (2001). Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados proteicos. *Grasas y Aceites*. Vol. 52. doi:10.3989/gya.2001.v52.i2.384

Xingú, A., González, A., Cruz, E., Sangerman, D., Orozco, G., y Rubí, M. (2017). Chía (*Salvia hispánica* L.) situación actual y tendencias futuras. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1619-1631.

Yábar, C. (2003). Manual de procedimientos de electroforesis para proteínas y ADN. *División de Biología Molecular*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima- Perú.

Zornoza, J., Martínez, M., y Raigón, M. (2016). Las legumbres: semillas nutritivas y ecológicas para el futuro sostenible. In Actas del XII Congreso SEAE. Pseudocereales: Clave en la gestión de los agrosistemas y la alimentación ecológica. *Lugo* (Vol. 21, p. 24).



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Serrano Cisneros Marcela Stefanía** con C.C: # **1350117543** autor/a del trabajo de titulación: **Elaboración de un concentrado proteico a partir de chíá (*Salvia hispanica* L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **8 de septiembre de 2020**

f. _____

Nombre: **Serrano Cisneros Marcela Stefanía**

C.C: **1350117543**



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Elaboración de un concentrado proteico a partir de chía (<i>Salvia hispanica</i> L.) para su uso como ingrediente con actividad biológica en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales fortificados		
AUTOR(ES)	Marcela Stefanía Serrano Cisneros		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Lcda. Patricia García Mora Ph. D.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Agroindustrial		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de septiembre de 2020	No. DE PÁGINAS:	(#101 de páginas)
ÁREAS TEMÁTICAS:	Innovación de productos, desarrollo de productos, procesamiento de alimentos		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Alimento funcional, chía, concentrado proteico, enzimas, ingrediente.		
RESUMEN			
<p>En los últimos años, los patrones nutricionales de la sociedad actual han sufrido un gran declive debido a muchos factores. Por esto, se han buscado alternativas que cubran las deficiencias nutricionales sin modificar los hábitos alimenticios poblacionales. Los pseudocereales y leguminosas han sido reconocidas como materias primas de gran relevancia, debido a su elevado valor nutricional, gran disponibilidad, bajo coste de producción y elevada aceptación a nivel poblacional. En este contexto se quiere producir a partir de chía (<i>Salvia hispanica</i> L.), pseudocereal de producción local, un concentrado proteico que sea usado como ingrediente con actividad biológica (antioxidante, antiinflamatoria y antihipertensiva) para el desarrollo de nuevos alimentos funcionales. Los pasos para la obtención de dicho concentrado serán: (i) Molido de las semillas de chía hasta la obtención de harina; (ii) Dilución de la harina en agua en una relación 1:10; (iii) Eliminación del mucílago mediante hidratación y posterior filtrado; (iv) Extracción a temperatura ambiente de las proteínas a distintos valores de pH (1 - 12), hasta establecer el pH óptimo (mayor contenido de proteína soluble). Posteriormente se realizará al concentrado producido, un gel de electroforesis para ver su perfil proteico y se determinará su actividad biológica. Finalmente se someterá al concentrado seleccionado a un proceso de digestión gastrointestinal simulada y se volverá a determinar su perfil fenólico y su actividad biológica para ver si está, se ve modificada por acción de las enzimas digestivas tras su ingesta. La digestión se realizará mediante la hidrólisis consecutiva de pepsina, tripsina y pancreatina.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-994758598	E-mail: mar_stefa@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello M. Sc.		
	Teléfono: +593- 987361675		
	E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			