



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE AISLADO  
DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*) Y HARINAS  
PRECOCIDAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Chenopodium  
quinoa*)”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingenieros Agroindustriales

**Autores:**

Huilcamaigua Torres Bryan Stalyn  
Lanchimba Fernández Wilmer Cristian

**Tutor:**

Rojas Molina Jaime Orlando

**LATACUNGA – ECUADOR Febrero 2025**





## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **HUILCAMAIGUA TORRES BRYAN STALYN**, identificado con cédula de ciudadanía **0504116005** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*) Y HARINAS PRECOCIDAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2021 - Agosto 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024 - Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de Diciembre del 2024

Tutor: Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: **“DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*) Y HARINAS PRECOCIDAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*)”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados desde la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluida el **CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento del **CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra parte su voluntad de valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, las partes se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema legal que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por el presente contrato será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor, en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2025.

Bryan Stalyn Huilcamaigua Torres  
**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LANCHIMBA FERNÁNDEZ WILMER CRISTIAN**, identificado con cédula de ciudadanía **1726111741** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*) Y HARINAS PRECOCIDAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2024 - Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de Diciembre del 2024

Tutor: Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: **“DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*) Y HARINAS PRECOCIDAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*)”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona independiente del **CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento del **CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra parte la nulidad de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, las partes se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema legal que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por el presente contrato será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2025.

Wilmer Cristian Lanchimba Fernández  
**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE AISLAMIENTO  
PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*) Y HARINAS PRECOCIDAS DE  
CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*)”**, de Huérfano  
Torres Bryan Stalyn y Lanchimba Fernández Wilmer Cristian, de la carrera de Agronomía  
considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación de acuerdo a  
las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las  
observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

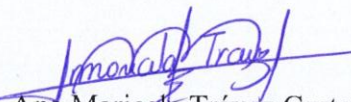
Latacunga, 17 de febrero de 2023


Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.  
C.C: 0502645435  
**DOCENTE TUTOR**

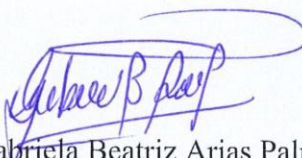
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Inves  
acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica d  
y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por  
postulantes: Huilcamaigua Torres Bryan Stalyn y Lanchimba Fernández Wilmer C  
el título de Proyecto de Investigación: “**DESARROLLO DE UNA BARRA EN  
A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabil*  
HARINAS PRECOCIDAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Ch  
quinoa*)**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne  
suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un C  
normativa institucional.

Latacunga, 17 de febre

  
Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.  
C.C: 0502270937  
**LECTOR 1 (PRESIDENTA)**

  
Ing. Franklin Antonio Molina B  
C.C: 0501821433  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

  
Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.  
C.C: 1714592746  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero manifestar mi más sincero agradecimiento a Dios por la vida, la salud y la sabiduría que me han permitido completar esta etapa de mi vida, así como a todos aquellos que han sido fundamentales a lo largo de este proceso.*

*En primer lugar, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme el entorno académico, el conocimiento y las herramientas necesarias para mi formación profesional. Estoy profundamente agradecido por la oportunidad de ser parte de esta institución, que me permitió crecer y desarrollarme tanto en el ámbito académico como en el personal.*

*Mi agradecimiento más especial va dirigido a mi tutor, el Quím. Orlando Rojas Ph.D, cuya guía, paciencia y dedicación fueron esenciales para alcanzar mis metas propuestas. A los docentes que formaron parte del tribunal Ing. Maricela Trávez Mg., Ing. Franklin Molina Ph.D. e Ing. Gabriela Arias Mg. Asimismo, quiero expresar un agradecimiento especial a mis padres Pilar y Ricardo por su continuo apoyo, guía y motivación. Sus palabras de aliento y su confianza en mí fueron fundamentales para superar cada obstáculo.*

**Huilcamaigua Torres Bryan Stalyn**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por la vida, la salud y la sabiduría necesarias para completar esta etapa de mi vida, a todos aquellos que han sido parte fundamental a lo largo de este proceso. En primer lugar a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme el espacio académico, el conocimiento y las herramientas necesarias para mi formación profesional. Agradezco profundamente la oportunidad de ser parte de esta institución que me permitió crecer y desarrollarme, tanto en lo académico como en lo personal.*

*Mi más especial agradecimiento a mi tutor, Quím. Orlando Rojas, Ph.D cuya orientación, paciencia y dedicación han sido cruciales para alcanzar mis metas propuestas. Ing. Maricela Trávez Mg., Ing. Franklin Molina Ph.D. e Ing. Gabriela Arias Mg. Asimismo, quiero agradecer de manera especial a mi compañero de tesis, Bryan, por su compromiso, esfuerzo y compañerismo a lo largo de este proceso. Su apoyo incondicional y trabajo en equipo fueron clave para superar cada desafío y alcanzar nuestros objetivos.*

*Esta realización de tesis no habría sido posible sin el amor y la confianza de mis padres, quienes siempre han creído en mí. Gracias por ser mi mayor inspiración y mi fortaleza.*

***Lanchimba Fernández Wilmer Cristian***

## **DEDICATORIA**

*Dedico este logro a mis amados padres, Ricardo y Pilar, por su apoyo inquebrantable en cada etapa de mi vida. Su amor, esfuerzo y sacrificio me han llevado a alcanzar mis metas. Han sido mi refugio en momentos de adversidad y la fuerza que me impulsa a seguir adelante. Gracias por ser mi mayor inspiración y sostén.*

*Mi querida madre, Pilar, siempre confiaste en mí desde el primer día en que inicié mis estudios profesionales. Por enseñarme que la educación es el mayor legado que puedo recibir, por ser mi guía en momentos de dificultad y por darme esas palabras de aliento para nunca rendirme y seguir adelante con más fuerza. Tu ejemplo y dedicación me han marcado profundamente.*

*Mi querido padre, Ricardo, por ser mi apoyo y guía, me has enseñado a aprender de mis errores y a nunca rendirme frente a cualquier obstáculo. Por mostrarme, con tu esfuerzo y constancia. Juntos, ustedes dos han formado un equipo admirable, y este logro refleja su dedicación y amor.*

*A toda mi querida familia, por su amor, apoyo y confianza. Gracias por creer en mí y por ser mi apoyo en los momentos más complicados. Este logro es una pequeña muestra de todo lo que han sembrado en mi corazón, y espero que se sientan tan orgullosos como yo lo estoy de ustedes.*

**Huilcamaigua Torres Bryan Stalyn**

## **DEDICATORIA**

*A mis queridos padres, Plácida y Rogelio, por su apoyo incondicional en cada paso de este camino. Su esfuerzo, amor y*

*sacrificio me han permitido alcanzar mis metas, han sido mi refugio en los momentos difíciles y mi mayor impulso para seguir adelante. Gracias por ser mi mayor inspiración y mi fortaleza.*

*Mi querida madre Placida que siempre confió desde el primer día que inicié mi estudio como formación profesional por enseñarme que la educación es el mayor legado que puedo recibir, ser mi guía en momentos de dificultad, darme esas palabras de aliento para nunca rendirme y seguir adelante con más fuerza.*

*Mi querido padre Rogelio por ser mi apoyo y guía me ha permitido aprender de mis errores, a nunca rendirme de cualquier obstáculo que se me presente. Por mostrarme con su esfuerzo, dedicación y constancia que los sueños se alcanzan con trabajo y perseverancia.*

*A mi tía Luisa que siempre me apoyo moralmente dándome sus palabras de aliento, sabiduría para culminar mis estudios y enseñarme que la educación es la clave para alcanzar mis sueños.*

*A mis hermanos Alexandra y Jefferson por formar parte de este proceso y mi motivación a seguir un legado como profesionales, han sido parte de este camino y han dejado una huella en mi vida.*

*A toda mi querida familia, gracias por su amor, apoyo y confianza, creer en mí. Que este logro sea un pequeño reflejo de todo lo que han sembrado en mi corazón.*

***Lanchimba Fernández Wilmer Cristian***

## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** “DESARROLLO DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*) Y HARINAS PRECOCIDAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*)”.

**AUTORES:** Huilcamaigua Torres Bryan Stalyn  
Lanchimba Fernández Wilmer Cristian

## RESUMEN

La creciente demanda de alimentos nutritivos ha impulsado a la industria a innovar en productos que satisfagan las necesidades del consumidor. El objetivo del proyecto de investigación fue desarrollar una barra energética utilizando aislado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*), harina precocida de cebada (*Hordeum vulgare*) y harina precocida de quinua (*Chenopodium quinoa*). En este contexto, las barras energéticas se presentan como una solución ideal, especialmente en un país como Ecuador, donde la desnutrición crónica infantil sigue siendo un desafío significativo, particularmente en las zonas rurales y entre las comunidades indígenas. El ingrediente principal de la barra energética es la harina de chocho precocida, la cual fue caracterizada previamente en función de sus propiedades nutricionales. A continuación, se diseñó un diseño de experimentos mediante el software design expert para la extracción del aislado proteico, utilizando un modelo de superficie de respuesta IV óptima, en el que se establecieron como factores el pH de precipitación y el tiempo de deshidratación, y como variable respuesta el porcentaje de extracción de aislados de proteína. Posteriormente, el aislado proteico fue sometido a un análisis nutricional y un perfil de aminoácidos. Luego, se elaboró la barra energética con el uso del aislado de proteína de chocho, harina precocida de cebada y quinua, y se evaluaron sus propiedades sensoriales. Para alcanzar estos objetivos, se realizó un análisis proximal de la harina de chocho. Los resultados revelaron un contenido proteico del 37,47 %, fibra del 8,37 % y grasa del 18,21 %. La optimización del proceso de aislamiento de proteína, mediante la metodología de precipitación ácida, dio como resultado un aislado proteico con un contenido del 52,19 % de proteína, obtenido en condiciones de 720 min de deshidratación y un pH de precipitado de 4,00. El perfil de aminoácidos mostró que el ácido glutámico fue el componente más abundante, con un 1,92 %, seguido de la arginina con 0,89 % y la leucina con 0,60 %. El proyecto demostró que es posible desarrollar una barra energética nutritiva y conveniente utilizando ingredientes locales de alto valor nutricional. La optimización del proceso de aislamiento de proteína de chocho y la evaluación de su perfil nutricional confirmaron su potencial como ingrediente funcional en productos alimenticios.

**Palabras clave:** Aislado de proteína, análisis proximal, perfil de aminoácidos, tiempo, pH, harina de chocho.

## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE:** “DEVELOPMENT OF AN ENERGY BAR BASED ON CHOCHO (LUPINUS MUTABILIS SWEET) PROTEIN EXTRACT (*Lupinus mutabilis sweet*) AND PRE-COOKED FLOURS FROM BARLEY (*Hordeum vulgare*) AND QUINOA (*Chenopodium quinoa*)”.

**AUTHORS:** Huilcamaigua Torres Bryan Stalyn  
Lanchimba Fernández Wilmer Cristian

## **ABSTRACT**

The growing demand for nutritious foods has driven the industry to innovate products that meet consumer needs. The objective of the research project was to develop an energy bar using protein isolate from chocho (*Lupinus mutabilis sweet*), pre-cooked barley flour (*Hordeum vulgare*), and pre-cooked quinoa flour (*Chenopodium quinoa*). In this context, energy bars are presented as an ideal solution, especially in a country like Ecuador, where chronic child malnutrition remains a significant challenge, particularly in rural areas and among indigenous communities. The main ingredient of the energy bar is pre-cooked chocho flour, which was previously characterized based on its nutritional properties. Next, an experimental design was created using Design Expert software for the extraction of the protein isolate, using an optimal four-factor response surface model, where the precipitation pH and dehydration time were established as factors, and the percentage of protein isolate extraction was set as the response variable. Later, the protein isolate was exposed to a nutritional analysis and an amino acid profile. Then, the energy bar was made using the chocho protein isolate, pre-cooked barley flour, and quinoa flour, and its sensory properties were evaluated. To achieve these objectives, a proximate analysis of chocho flour was conducted. The results revealed a protein content of 37,47 %, fiber content of 8,37 %, and fat content of 18,21 %. The optimization of the protein isolation process, using the acid precipitation method, resulted in a protein isolate with a protein content of 52,19 %, obtained under conditions of 720 minutes of dehydration and a precipitation pH of 4,00. The amino acid profile showed that glutamic acid was the most abundant component, with 1,92 %, followed by arginine with 0,89 % and leucine with 0,60 %. The project demonstrated that it is possible to develop a nutritious and convenient energy bar using locally sourced ingredients with high nutritional value. The optimization of the chocho protein isolation process and the evaluation of its nutritional profile confirmed its potential as a functional ingredient in food products.

**Key words:** Protein isolate, proximate analysis, amino acid profile, time, pH, chocho flour.

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN.....	xiii

ABSTRACT.....	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xx
1. DATOS GENERALES.....	1
Título del Proyecto de Investigación:.....	1
Fecha de inicio:.....	1
Fecha de finalización:.....	1
Lugar de ejecución:.....	1
Facultad que auspicia:.....	1
Carrera que auspicia:.....	1
Equipo de Trabajo:.....	1
Línea de investigación.....	2
Sub línea de investigación.....	2
2. DISEÑO DEL PROYECTO.....	2
2.1. Planteamiento del problema.....	2
2.2. Marco contextual.....	3
2.3. Formulación del problema.....	4
2.4. Objetivos.....	5
2.4.1. Objetivo general:.....	5
2.4.2. Objetivos específicos:.....	5
2.5. Actividad y tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
2.6. Fundamentación Teórica o Marco Referencial.....	9
2.6.1. Marco Teórico.....	9
2.6.1.1. Chocho ( <i>Lupinus mutabilis sweet</i> ).....	9
2.6.1.2. Variedad de chocho.....	10

2.6.1.3. Taxonomía	del		
chocho.....			11
2.6.1.4. Descripción			
Botánica.....			11
2.6.1.5. Propiedad			
nutritivas.....			...11
2.6.1.6. Quinoa		( <i>Chenopodium</i>	
<i>quinoa</i> ).....			12
2.6.1.7. Taxonomía	de		la
quinua.....			13
2.6.1.8. Descripción	botánica	de	la
quinua.....			13
2.6.1.9. Propiedades			
nutricionales.....			14
2.6.1.10. Cebada.....			15
2.6.1.11. Taxonomía	de		la
cebada.....			15
2.6.1.12. Descripción	botánica	de	la
cebada.....			16
2.6.1.13. Propiedades	nutricionales	de	la
cebada.....			17
2.6.1.14. Análisis			
proximal.....			...17
2.6.1.15. Harina.....			18
2.6.1.16. Tipos	de		harinas
precocidas.....			18
2.6.1.17. Tipos	de	extracción	de
proteínas.....			19
2.6.1.18. Aislado			
proteico.....			...19
2.6.1.19. Importancia	del		aislado
proteico.....			20
2.6.1.20. Barra			
Energética.....			20
2.6.1.21. Aminoácidos.....			20

2.6.2.	Marco			
	Conceptual.....			
	..21			
2.6.2.1.	Ácidos			
	Grasos.....			
	.....	21		
2.6.2.2.	Aislado			
	proteico.....			
	.....	21		
2.6.2.3.	Chocho.....			
	.....	21		
2.6.2.4.	Calidad			del
	producto.....			
	21			
2.6.2.5.	Composición			
	nutricional.....			2
	2			
2.6.2.6.	Evaluación			
	nutricional.....			
	22			
2.6.2.7.	Proteínas.....			
	.....	22		
2.7.	Metodología	del	proyecto	de
	investigación.....			22
2.7.1.	Tipos			de
	investigación.....			
	22			
2.7.1.1.	Investigación			
	aplicada.....			2
	2			
2.7.1.2.	Investigación			
	bibliográfica.....			2
	3			
2.7.1.3.	Investigación			
	experimental.....			
	23			
2.7.1.4.	Investigación			
	descriptiva.....			2
	3			
2.7.2.	Técnicas	e	instrumentos	de
	investigación.....			24
2.7.2.1.	La			
	observación.....			
	.....	24		

2.7.3. Métodos.....	24
2.7.3.1. Análisis proximal de la materia prima.....	24
2.7.3.2. Análisis de perfil de aminoácidos en el aislado de proteína de chocho.....	29
2.7.3.3. Análisis sensorial de la barra energética a partir de aislados de proteína de chocho y harinas precocidas.....	29
2.7.4. Materia prima, insumos y equipos.....	29
2.7.5. Desarrollo del aislado de proteína de chocho y subproducto.....	32
2.7.5.1. Diagrama de flujo del aislado de proteína de chocho.....	32
2.7.5.2. Procedimiento de la extracción de aislado de proteína de chocho.....	32
2.7.5.3. Diagrama de flujo elaboración de la barra energética.....	35
2.7.5.4. Procedimiento y formulación en la elaboración de la barra energética.....	35
2.8. Hipótesis o preguntas científicas.....	37
2.8.1. Hipótesis Nula.....	37
2.8.2. Hipótesis Alternativa.....	37
2.8.3. Validación de hipótesis.....	37
2.9. Diseño Experimental.....	37
2.9.1. Cuadro de variables.....	38
2.9.2. Corridas Experimentales.....	39
2.10. Análisis e interpretación de resultados.....	40

2.10.1. Caracterización proximal de la harina de chocho.....	40
2.10.2. Matriz experimental para la extracción de aislado proteico de chocho.....	42
2.10.3. Caracterización proximal de la extracción del aislado proteico de chocho.....	48
2.10.4. Resultados de aminoácidos del aislado proteico de chocho.....	49
2.10.5. Análisis sensorial de la barra energética.....	52
3. IMPACTOS DEL PROYECTO.....	54
3.1. Técnico.....	54
3.2. Social.....	54
3.3. Ambiental.....	54
3.4. Económico.....	54
4. RECURSOS Y PRESUPUESTO.....	55
5. CONCLUSIONES.....	59
6. RECOMENDACIONES.....	60
7. BIBLIOGRAFÍA.....	61
8. ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas.....	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica del chocho ( <i>Lupinus mutabilis sweet</i> ).....	11
Tabla 3. Composición química porcentual del chocho (% por cada 100 g).....	12
Tabla 4. Clasificación de la taxonomía de la quinua.....	13
Tabla 5. Composición química porcentual de la quinua.....	15
Tabla 6. Taxonomía de la cebada.....	16
Tabla 7. Composición nutricional de la cebada.....	17
Tabla 8. Condiciones del diseño experimental para la extracción de aislado de proteína.....	33
Tabla 9. Formulaciones de la barra energética.....	36
Tabla 10. Condiciones experimentales para el diseño experimental.....	38
Tabla 11. Cuadro de variables para la extracción de aislado proteico de chocho.....	39
Tabla 12. Descripción del diseño de superficie respuesta para las corridas experimentales del aislado de proteína de chocho.....	40
Tabla 13. Caracterización proximal de la harina de chocho.....	41
Tabla 14. Matriz experimental para la extracción de aislado proteico de chocho.....	42
Tabla 15. Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína.....	44

Tabla 16. Pronóstico de optimización para la evaluación de la extracción del aislado proteico de chocho en función del tiempo y pH.....	46
Tabla 17. Resultados fisicoquímicos del aislado proteico de chocho.....	48
Tabla 18. Resultados de aminoácidos del aislado proteico de chocho.....	50
Tabla 19. Presupuesto del proyecto de investigación.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Chocho ( <i>Lupinus mutabilis sweet</i> ).....	11
Figura 2. Quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) .....	14
Figura 3. Diagrama de flujo de aislado de proteína de chocho.....	33
Figura 4. Diagrama de flujo de la barra energética.....	36
Figura 5. Contenido de proteína.....	47
Figura 6. Deseabilidad.....	50
Figura 7. Perfil sensorial de la barra energética a base de aislados de proteína y harinas precocidas .....	56

## INTRODUCCIÓN

El actual proyecto se centra en la mejora de una barra energética a base de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) separada y harinas precocidas de cebada (*Hordeum vulgare*) y quinua (*Chenopodium quinoa*). El creciente interés por fuentes de alimentos nutritivos y útiles ha impulsado la necesidad de avanzar en productos que aborden problemas dietéticos, pero que al mismo tiempo no sean difíciles de digerir y almacenar. En este sentido, las barras energéticas se presentan como una opción práctica, sobre todo en Ecuador, donde la seguridad alimentaria de los jóvenes y niños sigue siendo un problema importante, especialmente en las comunidades de la región de Cotopaxi.

Se pretende tratar el problema de la falta de alimentos sanos y de ejemplos dietéticos irregulares fomentando un producto que consolide componentes de alta ventaja dietética.

El chocho, la cebada y la quinua son cosechas andinas regulares que, siempre que se cuiden adecuadamente, pueden proporcionar un rico manantial de proteínas, fibra y otros suplementos clave.

Como indica Caiza Ayala (2011), el chocho es visto como fuente proteica por su alto contenido en proteínas, lo que lo hace ideal para la creación de agregados proteicos. Además, los estudios han demostrado que el chocho tiene un contenido proteico del 62,78% y grasa del 17,81%, lo que lo convierte en una gran opción para la creación de alimentos nutritivos.

La quinua, por su parte, es un cereal autóctono de los Andes y es conocida por tener un alto valor nutritivo. Como indica la FAO (s/f), la quinua es una fuente notable de proteínas, lípidos, fibra, nutrientes y minerales, y su perfil de aminoácidos fundamentales es completo, lo que la convierte en un alimento vital para la nutrición alimentaria.

La cebada, otro elemento clave, se ha utilizado desde la antigüedad y es conocida por su alto contenido en fibra y su capacidad para mejorar adicionalmente la comestibilidad de las variedades alimentarias.

## 1. DATOS GENERALES

### **Título del Proyecto de Investigación:**

Desarrollo de una barra energética a base de aislado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) y harinas precocidas de cebada (*Hordeum vulgare*) y quinua (*Chenopodium quinoa*).

### **Fecha de inicio:**

Abril 2024

### **Fecha de finalización:**

Febrero 2025

### **Lugar de ejecución:**

Barrio: Salache Bajo

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

País: Ecuador

### **Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

### **Carrera que auspicia:**

Carrera de Agroindustria.

### **Equipo de Trabajo:**

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando (Anexo 8).

Postulantes:

Huilcamaigua Torres Bryan Stalyn (Anexo 9).

Lanchimba Fernández Wilmer Cristian (Anexo 10).

### **Línea de investigación**

Desarrollo y seguridad alimentaria.

### **Sub línea de investigación**

Biotechnología agroindustrial y fermentativa.

## **2. DISEÑO DEL PROYECTO**

### **2.1. Planteamiento del problema**

En todo el país hay una creciente necesidad de alimentos ricos en nutrientes, y una dieta equilibrada puede ayudar a evitar o tal vez resolver el problema, consumir una dieta equilibrada ayuda a evitar o incluso tratar problemas de salud como la obesidad y la desnutrición, como, entre otros, la desnutrición y la obesidad el estilo de vida y los hábitos alimentarios son actualmente, las pautas alimentarias irregulares que caracterizan nuestro estilo de vida actual nos dificultan cumplir los requisitos necesarios para adquirir suplementos dietéticos y mejorar la calidad de nuestra dieta vitaminas y conseguir una dieta más nutritiva y equilibrada((Velasco et al., 2019).

La desnutrición crónica infantil es un desafío persistente en Ecuador, a pesar de los esfuerzos en políticas sociales y programas de salud, la desnutrición crónica infantil sigue siendo un problema grave, especialmente en las zonas rurales y entre las comunidades indígenas, no recibe los nutrientes necesarios para un desarrollo óptimo. Factores como la pobreza, el acceso limitado a alimentos nutritivos, la falta de agua potable y las prácticas de alimentación inadecuadas, agravadas por la desigualdad social, contribuyen a esta problemática. Las consecuencias de la desnutrición crónica son de largo alcance, afectando el desarrollo cognitivo, físico y social de los niños, comprometiendo su futuro y el desarrollo del país en su conjunto.

La demanda y el consumo de alimentos que contienen nutrientes y otras sustancias con cualidades beneficiosas para la salud han aumentado considerablemente en los últimos años; los consumidores prefieren ahora alimentos que sean prácticos de manipular,

almacenar y consumir y que, al mismo tiempo, tengan beneficios percibidos para la salud. Esta coexistencia es especialmente beneficiosa para los productos listos para el consumo, como las barras energéticas (Velasco et al., 2019).

Las barras energéticas son una alternativa muy conocida hoy en día en el mercado, ya que las personas usualmente las ven como una forma de consumir un alimento nutritivo, es por ello que se puede mejorar el consumo de estos granos andinos presentando este producto, que a su vez tendrá un gran contenido de nutrientes por el aislado de la proteína del chocho (Ciatej MX, 2023).

En la actualidad, el interés por los productos proteicos vegetales destinados al consumo humano ha ido en aumento, principalmente debido a los múltiples beneficios que ofrecen las proteínas, tanto en sus propiedades nutricionales como en sus funciones biológicas y funcionales. (León Morejón y Moncayo Palchisaca, 2022).

La desnutrición crónica infantil es un desafío persistente en Ecuador, especialmente en las zonas rurales y entre las comunidades indígenas, a pesar de los avances en políticas sociales y programas de salud, una proporción significativa de niños ecuatorianos, particularmente en los primeros años de vida, no recibe los nutrientes necesarios para un desarrollo óptimo. Factores como la pobreza, el acceso limitado a alimentos nutritivos, la falta de agua potable y las prácticas de alimentación inadecuadas, agravadas por la desigualdad social, contribuyen a esta problemática. Las consecuencias de la desnutrición crónica son de largo alcance, afectando el desarrollo cognitivo, físico y social de los niños, comprometiendo su futuro y el desarrollo del país en su conjunto (León Morejón y Moncayo Palchisaca, 2022).

## **2.2. Marco contextual**

Las barras alimenticias se componen por diferentes tipos de ingredientes con la finalidad de servir como complemento o suplemento de tipo alimentario, con alto aporte nutricional para aquellas personas que buscan obtener energía en pequeñas proporciones de alimentos. Sin embargo, dicho proceso en la industria supone una limitante por factores de procesamiento complejos debido a la selección de materia prima adecuada, tecnologías complejas de extracción de proteínas, purificación de sustancias absueltas de proteínas, funcionalidad del aislado proteico durante su procesamiento y almacenamiento, y limitantes económicas por ciertos equipos y reactivos específicos para una adecuada elaboración. Debido a los beneficios de las proteínas, que incluyen sus

propiedades nutricionales, funcionales y biológicas, se analizan diversas fuentes vegetales y métodos para la obtención de aislados. Uno de estos métodos es la extracción mediante precipitación isoelectrónica a pH ácidos y básicos, cuyo estudio permite evaluar su impacto tanto en el rendimiento del aislado como en la concentración de proteínas. (León Morejón y Moncayo Palchisaca, 2022).

Por tanto, alternativas como aislados proteicos y subproductos a base de aislados proteicos pueden llegar a ser esenciales en la alimentación a mediano y largo plazo, disminuyendo ciertas problemáticas en la salud humana, los alimentos fortificados representan una herramienta fundamental para combatir la malnutrición y las deficiencias nutricionales a nivel del país, al agregar micronutrientes esenciales como vitaminas y minerales a alimentos básicos, se garantiza que grandes segmentos de la población tengan acceso a estos nutrientes de manera fácil y asequible, es especialmente relevante en regiones donde los suelos son pobres en nutrientes o donde el acceso a una dieta variada es limitado, la fortificación de alimentos como la harina, el aceite vegetal y la sal ha demostrado ser una estrategia eficaz para reducir la prevalencia de enfermedades relacionadas con la deficiencia de micronutrientes, como la anemia y el raquitismo, mejorando así la salud y el bienestar de millones de personas (Burgos, 2014).

Los alimentos enriquecidos desempeñan un papel crucial en la salud pública al restituir los nutrientes esenciales que se pierden durante el procesamiento. Estos alimentos, a los que se añaden vitaminas y minerales específicos, garantizan que los consumidores mantengan un aporte adecuado de nutrientes esenciales el enriquecimiento es especialmente importante en productos como los cereales refinados, donde el proceso de molienda elimina gran parte de las vitaminas del complejo B y minerales como el hierro, al añadir estos nutrientes de vuelta a los productos finales, se compensa esta pérdida y se contribuye a prevenir deficiencias nutricionales comunes en la población (León Morejón y Moncayo Palchisaca, 2022).

### **2.3. Formulación del problema**

¿Al evaluar la composición química de la harina de chocho mediante análisis proximales, para realizar el proceso óptimo de la extracción del aislado proteico manteniendo un alto contenido de proteína, la extracción se vio afectada en base al tiempo de deshidratación y pH de precipitación?

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo general:**

- Elaborar una barra energética a base de un aislado de proteína de chocho junto con harinas precocidas de cebada y quinua.

### **2.4.2. Objetivos específicos:**

- Caracterizar la harina de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) mediante análisis proximales.
- Optimizar el proceso de aislamiento de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) mediante la metodología de precipitación ácida.
- Evaluar las características proximales y perfil de aminoácidos del aislado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*).
- Utilizar el aislado proteico de chocho en la elaboración de la barra energética incorporando harinas precocidas de cebada (*Hordeum vulgare*) y quinua (*Chenopodium quinoa*).

## 2.5. Actividad y tareas en relación a los objetivos planteados

**Tabla 1.** Actividades y sistema de tareas

Objetivo	Actividad	Metodología	Resultado
<p>Objetivo 1: de chocho mediante Caracterizar la hari <sup>sweet</sup> (<i>Lupinus mutabi</i>) análisis proximales.</p>	<p>Determinación de parámetros proximales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Humedad</li> <li>● Proteína</li> <li>● Grasa</li> <li>● Ceniza</li> <li>● Carbohidratos totales</li> <li>● Calorías</li> <li>● Fibra bruta</li> </ul>	<p>Humedad (AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire) Proteína (AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl) Grasa (AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet) Ceniza (AOAC 923.03/ Gravimetría, directo) Carbohidratos Totales (FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo) Calorías (NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo) Fibra bruta (NTE INEN 522:2013/ Gravimetría)</p>	<p>En la tabla 12 se evidenciaron los resultados sobre los análisis fisicoquímicos de la harina de chocho.</p>
<p>Objetivo 2:</p>	<p>Aplicación del diseño experimental utilizando un software estadístico Design Expert, empleando un modelo de superficie</p>	<p>Uso del modelo de optimización numérica de superficie respuesta IV óptimo. utilizando el software estadístico Design Expert.</p>	<p>En la tabla 15 se evidenciaron los resultados del proceso óptimo para el pronóstico de optimización para la evaluación de la extracción del aislado</p>

<p>Optimizar el proceso de aislamiento de proteína de chocho mediante la metodología de precipitación ácida.</p>	<p>respuesta IV óptimo, para evaluar el mejor tratamiento de aislado de proteína en base a parámetros de tiempo y pH.</p>		<p>proteico de chocho en función del tiempo y pH.</p>
--	---	--	---

<p>Objetivo 3:</p> <p>Evaluar las características proximales y perfil de aminoácidos del aislado de proteína de chocho.</p>	<p>Determinación de perfil de aminoácidos presentes en el aislado de proteína de chocho.</p> <p>Determinación de análisis proximales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Humedad</li> <li>● Proteína</li> <li>● Grasa</li> <li>● Ceniza</li> <li>● Carbohidratos totales</li> <li>● Calorías</li> <li>● Fibra bruta</li> </ul>	<p>Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-UV)</p> <p>Humedad (AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire)</p> <p>Proteína (AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl)</p> <p>Grasa (AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet)</p> <p>Ceniza (AOAC 923.03/ Gravimetría, directo)</p> <p>Carbohidratos Totales (FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo)</p> <p>Calorías (NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo)</p> <p>Fibra bruta (NTE INEN 522:2013/ Gravimetría)</p>	<p>En la tabla 16 se presentaron los resultados fisicoquímicos del aislado proteico de chocho.</p> <p>La tabla 17 presentó la identificación de aminoácidos presentes en el aislado de proteína de chocho.</p>
---	--	---	--

<p>Objetivo 4:</p> <p>Utilizar el aislado proteico de chocho en la elaboración de la barra energética incorporando harinas precocidas de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) y quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).</p>	<p>Realizar un análisis sensorial de la barra energética.</p> <p>Determinar la formulación de la barra energética.</p>	<p>Análisis sensorial mediante una escala hedónica de 1-5 niveles de aceptación en parámetros: color, aroma, sabor, forma y aceptabilidad.</p> <p>Uso de la formulación de la barra energética.</p>	<p>En la figura 7 se presentaron los resultados del análisis sensorial de la barra energética a base de aislados de proteína y harinas precocidas.</p> <p>En la tabla 9 se presentaron las formulaciones propuestas para la barra energética.</p>
--	--	---	---

**Elaborado por:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

## **2.6. Fundamentación Teórica o Marco Referencial**

Según Caiza Ayala, (2011) el chocho es considerado como una fuente proteica debido al gran contenido de proteínas presentes. Mediante la determinación de las condiciones más adecuadas se pudo extraer hidrolizados enzimáticos y extracción de aislados de proteína. En este estudio se realizaron pruebas, mediante variables para la extracción de proteína, donde se estimó la precipitación en el punto isoeléctrico de la proteína del chocho en (pH 4,50). Se obtuvo por extracción básica un aislado proteico con un contenido de proteína del 62,78 % y grasa de 17,81 %, siendo mayor al de la harina integral con 46,59 % de valor proteico y contenido de grasa del 16,56 %. En general, el estudio demostró una buena viabilidad al producir aislados de proteína debido al gran valor proteico obtenido a partir del chocho.

### **2.6.1. Marco Teórico**

#### **2.6.1.1. Chocho (*Lupinus mutabilis sweet*)**

El chocho destaca por su alto contenido proteico como leguminosa. Según Guipi (2023): “El chocho es una leguminosa que contiene aproximadamente un 40% de proteína”. Esto indica que es una proteína completa, ya que aporta todos los aminoácidos esenciales que el organismo requiere. Asimismo, es una fuente importante de fibra y minerales como hierro, calcio, fósforo y magnesio.

En relación con otras fuentes de proteína vegetal, el chocho se destaca por su alto contenido proteico. Comparado con la soja, posee una cantidad similar de proteína, pero con menor contenido graso y mayor cantidad de fibra. Además, al no contener gluten, es una alternativa adecuada para personas con sensibilidad a esta proteína.

Además de sus propiedades nutricionales, el chocho ofrece ventajas ambientales. Como leguminosa resistente, prospera en suelos pobres y tiene la capacidad de fijar nitrógeno del aire, lo que reduce la necesidad de fertilizantes. Asimismo, su cultivo contribuye a la diversificación agrícola en las regiones andinas y favorece la seguridad alimentaria de las comunidades locales. (Guipi, 2023).



**Figura 1.** *Chocho (Lupinus mutabilis sweet)*

**Fuente:** (Bonnir, s/f)

#### **2.6.1.2. Variedad de chocho**

En la Sierra ecuatoriana, especialmente en provincias como Cotopaxi y Chimborazo, se cultivan varias clases de chocho. Dos de las más conocidas son el Andino 450, creadas por el INIAP para mejorar la producción y calidad de este alimento. Las variedades de chocho Andino INIAP 450, originarias de Perú, han sido introducidas y mejoradas en Ecuador para adaptarse a nuestras condiciones agroecológicas, aunque ambas son cultivadas a nivel nacional, destaca por su amplia adopción debido a la alta demanda de su semilla ha demostrado ser particularmente adecuado para los suelos de la provincia de Bolívar, donde se cultiva en mayor cantidad gracias a su adaptación específica (Guipi, 2023).

#### **2.6.1.3. Taxonomía del chocho**

**Tabla 2.** *Clasificación taxonómica del chocho (Lupinus mutabilis sweet)*

Taxonomía del Chocho	
Reino	Vegetal
Subreino	Fanerogamae
División	Espermatophitas
Orden	Dicotyledoneae
Especie	Rosales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Género	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>Lupinus mutabilis sweet</i>

**Fuente:** (Zabaleta Pesantes, 2018).

#### 2.6.1.4. Descripción Botánica

El chocho es una leguminosa de porte que puede crecer hasta 2 m de altura su sistema radicular, conformado por una raíz principal profunda y raíces secundarias, le proporciona estabilidad y acceso a nutrientes, el tallo de coloración variable, es fuerte y leñoso en su base (Saqui Guzman, 2014).

Es una planta que se caracteriza por hojas que divididas en 8 partes (digitadas), con forma ovalada o lanceolada las flores es grandes y vistosas, con una amplia gama de colores que van desde el azul claro hasta el púrpura intenso, pasando por tonos blancos, crema, rosados y amarillos. Esta variabilidad en los colores es la razón de su nombre científico, *mutabilis*, fruto una vaina alargada y pubescente que contiene entre 3 y 8 semillas. Estas semillas pueden ser de color blanco, negro o presentar tonalidades intermedias (Saqui Guzman, 2014).

#### 2.6.1.5. Propiedad nutritivas

A pesar de que el chocho presenta un alto contenido proteico (cerca del 80 %) y una buena digestibilidad (92 %), estudios indican que la calidad de estas proteínas no se ve significativamente mejorada por procesos como la cocción. Esto sugiere que, aunque el chocho es una excelente fuente de proteína vegetal, podrían existir otros factores que limitan su aprovechamiento completo por el organismo (Suca y Susa, 2015).

**Tabla 3.** Composición química porcentual del chocho (% por cada 100 g)

Composición porcentual del chocho	
COMPONENTES	%
Proteína	53,20
Grasa	21,22
Ceniza	1,90
Carbohidratos	23,40
Fibras	18,41
Humedad	18,40

**Fuente:** (Gutiérrez et al., 2022).

#### 2.6.1.6. Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

Las montañas andinas son el origen del cereal quinoa cultivado históricamente en suelos secos y semiáridos, posee una gran diversidad genética y una resistencia excepcional a los entornos difíciles y a los diversos ecosistemas. La mayor variedad de quinoa se encuentra en Bolivia y Perú. La altura de la quinoa, una planta herbácea anual, varía entre 0,20 y 3 m en función de los genotipos y los factores ambientales (Tapia et al., 2019).

Desde el punto de vista de su preparación culinaria, la quinoa es el más adaptable de todos los cereales andinos, preparación culinaria: existen diversas formas de preparar las hojas, la harina cruda o tostada y el grano entero preparado de diversas maneras (Tapia et al., 2019).

La quinoa, un antiguo cultivo andino, ha emergido como uno de los alimentos más nutritivos del siglo XXI. Libre de gluten y con un bajo índice glucémico, es una fuente excepcional de proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, su perfil de aminoácidos esenciales es completo, y su composición química, le confiere propiedades funcionales que benefician la salud metabólica, estas características, junto con su capacidad para adaptarse a condiciones extremas de cultivo, han posicionado a la quinoa como un alimento clave en la seguridad alimentaria mundial (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017).



**Figura 2.** *Quinoa (Chenopodium quinoa)*

**Fuente:** (Orgaz Garcia, 2020).

#### 2.6.1.7. Taxonomía de la quinua

La quinua, clasificada científicamente como *Chenopodium quinoa*, pertenece a la familia Chenopodiaceae. Este género, uno de los más extensos de la familia, abarca alrededor de 250 especies distribuidas globalmente y se caracteriza por su versatilidad adaptativa (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017).

**Tabla 4.** *Clasificación de la taxonomía de la quinua*

Taxonomía de la Quinoa	
Reino	Plantae
División	Fanerogamae
Clase	Dicotyledonae
Orden	Centropermales
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium
Especie	Quinoa

**Fuente:** (FAO, s/f).

#### 2.6.1.8. Descripción botánica de la quinua

La quinua es una planta anual, dicotiledónea y herbácea que puede alcanzar alturas variables entre 20 cm y 3 m, dependiendo de la variedad. Una característica distintiva de esta especie es la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas de algunas variedades, lo que confiere a la planta una amplia gama de colores, desde tonos rojizos y morados hasta verdes y amarillos (Orgaz Garcia, 2020).

La quinua presenta una raíz principal fuerte y ramificada que le proporciona un buen anclaje al suelo. Su tallo, de altura variable, es cilíndrico en la base y se vuelve anguloso hacia la parte superior, donde se ramifica y culmina en una inflorescencia. Las hojas de la quinua son diversas en forma y tamaño, desde las grandes y anchas hojas basales hasta las más pequeñas y lanceoladas de la parte superior todas comparten un borde dentado y están unidas al tallo por un pecíolo.

La quinua presenta una inflorescencia en forma de panoja, cuya longitud puede variar entre 5 y 80 cm, las flores, pequeñas y sin pétalos, pueden ser hermafroditas, femeninas (pistiladas) o masculinas estériles. La proporción de cada tipo de flor varía según la variedad el fruto de la quinua es un aquenio, una semilla encerrada en una cubierta protectora llamada pericarpio, que tiene una forma generalmente cónica o esferoidal y un tamaño que oscila entre 1,50 y 3,00 mm (Suquillo, 2018).

#### **2.6.1.9. Propiedades nutricionales**

Destaca por su excepcional valor nutricional, siendo una fuente completa de proteínas, superando a otros cereales, su contenido proteico, que varía entre 13,81 % y 21,90 % según la variedad, es particularmente notable por contener todos los aminoácidos esenciales, necesarios para el desarrollo humano, a diferencia de otros granos como el arroz y el trigo, en la quinua estos aminoácidos se encuentran concentrados en el núcleo del grano, lo que la convierte en un alimento único y de alta calidad, además de ser libre de gluten (Moreno, 2016).

**Tabla 5.** *Composición química porcentual de la quinua*

Composición porcentual de la Quinua	
COMPONENTES	%

Proteína	13,00
Grasa	6,10
Ceniza	1,90
Hidratos de Carbono	71,00
Hierro	5,20
Calorías	350 kcal

**Fuente:** (Moreno, 2016).

#### 2.6.1.10. Cebada

Los resultados sugieren que la evidencia agrícola más temprana data de California. 800 - 400 a.C, siendo *Hordeum vulgare* (cebada) y *Panicum miliaceum* (mijo de retama) los principales cultivos. Hasta finales de la Edad del Hierro romana, cuando se introdujo el *Secale cereale* (centeno) (Minkevičius et al., 2024).

El antepasado inmediato de la cebada cultivada es todavía abundante en la naturaleza. Fue descubierto en Turquía por el botánico alemán Carl Koch que la describe como una especie separada, *Hordeum spontaneum*; basado en varios criterios, ésta forma progenitora hoy en día se considera como una subespecie (*ssp. Esportaneum* (C. Koch) Thell.) dentro de la misma especie mayor, *H. vulgare L.*, como cebada cultivada (*ssp. vulgare*) (Ciatej MX, 2023).

#### 2.6.1.11. Taxonomía de la cebada

La especie *Hordeum vulgare L. Sensu lato* incluye todas las cebadas cultivadas actualmente. Esta especie pertenece a la familia de las *Gramíneas*, concretamente a la tribu de las *Triticeae*. Después de esta especie se encuentran las cebadas de seis carreras, o subespecies vulgare, seguidas de las cebadas de dos carreras, o distichum, y, por último, las cebadas que aún conservan un raquis frágil, o subespecies *spontaneum*, que se consideran cebadas silvestres (Juárez et al., 2019).

**Tabla 6.** Taxonomía de la cebada

Taxonomía de la Cebada	
Reino	Plantae

Subreino	Tracheobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Triticeae
Género	Hordeum
Especie	Vulgare L.

---

**Fuente:** (Stein et al., 2013).

#### **2.6.1.12. Descripción botánica de la cebada**

El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza una profundidad de hasta 1,20 m. Posee dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Las raíces seminales de las plántulas se desarrollan desde la germinación hasta la etapa de macollaje (Ponce-Molina et al., 2020).

Los tallos son erectos y huecos, con 5 a 7 entrenudos cilíndricos o juntas, separados por los nudos, que llevan las hojas, las cuales se colocan opuestas a sus vecinas a lo largo del tallo. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0,50 cm a 1,20 cm (Ponce-Molina et al., 2020).

Las hojas, lanceoladas y lineares, están formadas por dos aurículas, una lígula, una lámina y una vaina. Su anchura oscila entre 5 y 15 mm, y son glabras (no pubescentes) e infrecuentemente pubescentes. Dado que su objetivo principal es proteger la futura espiga, esta última tiene la cualidad única de envolver completamente el tallo y tener una lámina muy pequeña (Ponce-Molina et al., 2020).

#### **2.6.1.13. Propiedades nutricionales de la cebada**

**Tabla 7.** *Composición nutricional de la cebada*

---

## Composición nutricional Cebada (descascarada)

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Agua	9,44	g
	354	kcal
Energía	1480	kJ g
Energía	12,50	g g
Proteína	2,30	g
Lípidos totales	2,29	
(grasas)	73,52	g g
Cenizas	17,30	
Carbohidratos, por diferencia.	0,80	
Fibra dietética		
total		
Azúcares totales		

**Fuente:** (USDA, 2019).

#### 2.6.1.14. Análisis proximal

El análisis proximal es una herramienta fundamental en la industria alimentaria, a través de él, se obtiene un perfil nutricional básico de un alimento, lo que permite evaluar su calidad, establecer comparaciones y garantizar el cumplimiento de las regulaciones alimentarias.

- **Humedad:** El nivel de humedad en un alimento suele ser un indicador de su estabilidad, ya que, aunque no de manera exacta, está relacionado con su susceptibilidad al deterioro (Fon Fay Vásquez y Zumbado Fernández, 2019).
- **Proteína:** Los métodos de determinación de proteínas totales usados hoy en día se fundamentan en la cuantificación de nitrógeno total.
- **Grasa:** El proceso de separación de la fracción lipídica de los demás componentes de la matriz y la posterior medición de la fracción separada es la base de las técnicas de determinación de la grasa.

- **Ceniza:** La cantidad total de minerales y compuestos inorgánicos, incluidos los microelementos vitales para los distintos procesos metabólicos corporales, puede estimarse midiendo el nivel de cenizas de las comidas.
- **Fibra:** Se refiere a la cantidad de fibra dietética que se encuentra en la muestra. Se puede determinar mediante métodos de extracción y posterior análisis gravimétrico.
- **Carbohidratos:** Permite evaluar el valor energético. Radica en restar la sumatoria de los porcentajes de humedad, ceniza, grasa, proteína, y fibra del 100% (Fon Fay Vásquez y Zumbado Fernández, 2019).

#### **2.6.1.15. Harina**

Los cereales son la principal fuente de harinas convencionales (Sifre et al., 2018).

Dentro de la industria alimenticia las harinas son aplicadas en emplearse para fabricar pasta y fideos, pan y productos de panadería, barquillos, galletas dulces y saladas y alimentos equilibrados, también se utiliza para fabricar artículos no alimentarios como pegamentos, bioplásticos y biomateriales(Chaquilla-Quilca et al., 2017).

#### **2.6.1.16. Tipos de harinas precocidas**

##### **● Harina precocida de cebada**

Estas harinas se obtienen mediante tratamientos térmicos o hidrotérmicos combinados con procesos mecánicos, estos tratamientos hidrotérmicos aumentan la capacidad de retención de agua y facilitan la hinchazón y gelatinización de los granos de almidón, son productos que se obtienen mediante un proceso de molienda, caracterizados por tener baja humedad y ser poco perecederos.

##### **● Harina precocida de quinua**

El contenido proteínico de la quinua, que oscila entre el 12,50% y el 16,70%, es considerable, y su equilibrio y calidad proteínica son mejores que los de otros cereales. Los aminoácidos esenciales constituyen el 37% de las proteínas de la quinua(Pogo Toledo, 2013).

##### **● Harina precocida de chocho**

La harina precocida del chocho es obtenida de las semillas de la planta de lupino, rica en proteínas vegetales, fibra y minerales, esta harina es una excelente alternativa para quienes buscan una alimentación saludable y nutritiva, además de su valor nutricional, la harina de

chocho contribuye a la seguridad alimentaria y promueve la agricultura sostenible en las comunidades andinas (Hernández et al., 2019).

#### **2.6.1.17. Tipos de extracción de proteínas**

##### **• Método Alcalino**

Según (Gokhale et al., 2019) El método alcalino, que permite separar medios de diferentes densidades en los que las partículas de mayor densidad se depositan en el fondo y los componentes de menor densidad permanecen en el medio en el sobrenadante, permite que las partículas se separen de forma natural durante un largo periodo de tiempo. Utiliza este método en su investigación sobre la optimización de la extracción de proteínas de las semillas de shangri.

##### **• Ultrasonido**

Según (Lamsal et al, 2020) utilizando tratamientos con ultrasonidos, que pueden aumentar la cantidad de flavonoides con actividad captadora de radicales y recuperar las isoflavonas durante la extracción, el estudio sobre la sonicación de alta potencia de las proteínas de soja pretende reducir la oxidación de las proteínas.

##### **• Método Enzimático**

Según (Chen et al., 2020) Emplea el enfoque enzimático en su investigación sobre la extracción de proteínas del cacahuete el enfoque enzimático se basa en la capacidad natural de las enzimas para catalizar procesos rompiendo o cambiando las paredes celulares, lo que mejora la liberación y extracción de proteínas mejora la extracción y liberación de proteínas.

##### **• Aislado proteico**

Según el Codex Alimentarius, los Productos Proteínicos Vegetales (PPV) incluyen aislados y concentrados proteicos utilizados en la industria alimentaria. Se considera concentrado proteico cuando su contenido de proteína oscila entre el 65 % y 90 %, mientras que se clasifica como harina proteica cuando la proporción de proteína varía entre el 50 % y 65% (Jaimes et al., 2012, p. 25).

### **2.6.1.18. Importancia del aislado proteico**

La búsqueda de novedosas fuentes de proteína para su aplicación en el desarrollo de alimentos más nutritivos y funcionales se está enfocando en el estudio y aprovechamiento de aquellas de origen vegetal, provenientes de fuentes alternativas, más sostenibles y económicamente accesibles en comparación con las de origen animal (Velasco et al., 2024).

Dentro de esta categoría destacan el haba (*Vicia faba*), amaranto (*Amaranthus*), huauzontle (*Chenopodium berlandieri*), yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) de las cuales es posible obtener aislados proteicos de excelente calidad (Velasco et al., 2024).

Muchos aislados proteicos están diseñados para ser fácilmente digeribles, lo que los hizo adecuados para personas con sensibilidades digestivas o para quienes desean evitar problemas gastrointestinales asociados con otras fuentes de proteínas (Velasco et al., 2024).

### **2.6.1.19. Barra Energética**

Son consideradas un suplemento dietético, diseñado principalmente para deportistas, aunque hoy en día se ha convertido en la dieta escolar de muchos trabajadores. Compuestas principalmente, por carbohidratos como la glucosa y fructosa, que aumentan los depósitos de glucógeno, también contienen minerales, vitaminas y mucha fibra indispensable en la dieta diaria (Reyna, 2018).

### **2.6.1.20. Aminoácidos**

El análisis de aminoácidos brinda información nutricional de las proteínas y determina posibles adulteraciones. Los aminoácidos son moléculas orgánicas que están conformadas por un grupo amino en uno de los extremos de la molécula, y un grupo carboxilo en el otro extremo, estos grupos están separados entre sí por un único átomo de carbono, que es llamado carbono alfa. Este carbono se une a un átomo de hidrógeno y a una cadena lateral denominada cadena R, y en base a esta cadena, es su naturaleza química y las propiedades que presentarán, como su carga neta, solubilidad, reactividad química y potencial para formar puentes de hidrógeno, o características de cuando forma parte de un polipéptido (Armijo Martínez, 2022).

## **2.6.2. Marco Conceptual**

### **2.6.2.1. Ácidos Grasos**

Componentes básicos de las grasas que son importantes para muchas funciones corporales. El chocho contiene ácidos grasos esenciales (OMS, 2023).

### **2.6.2.2. Aislado proteico**

El Codex-alimentarius define como Productos Proteínicos Vegetales (PPV) a los aislados y concentrados proteicos los cuales pueden ser utilizados en la industria alimentaria. Para la cual se tiene las siguientes condiciones: se considera como un concentrado proteico cuando el porcentaje de proteína está entre el 65 % a 90 % y harina proteica cuando el porcentaje de proteína está entre 50 % a 65 % (Jaimes et al., 2012, p. 25).

### **2.6.2.3. Chocho**

Planta leguminosa originaria de los Andes conocida por su gran contenido proteico y valor nutricional. Es cultivada principalmente en Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia (Villacrés et al., 2006; García Ahued, 2014).

### **2.6.2.4. Calidad del producto**

La alimentación y la salud están ligadas hoy en día, por lo que se han creado comidas funcionales para mejorar los procesos pertinentes del organismo. (Juárez y Perote, 2010, p. 29; Mínguez y Pérez, 2009, p. 12).

Otro producto que puede utilizarse para añadir sustancias químicas funcionales y nutrientes beneficiosos para la salud son las barritas de cereales. (Márquez-Villacorta y Pretell-Vásquez, 2018).

### **2.6.2.5. Composición nutricional**

Las barritas de cereales se elaboran a partir de granos y harinas conocidas, combinados normalmente con algunos frutos secos bajos en proteínas (Zenteno Pacheco, 2019). Con consistencia y las calorías adecuadas, las barritas de cereales suelen consistir en cereales tostados realizados con frutos secos y semillas que se han bañado en miel o jarabe de azúcar (Olivera, 2012).

### **2.6.2.6. Evaluación nutricional**

La evaluación nutricional es la mejor manera de determinar si efectivamente se están cumpliendo las necesidades nutricionales de las personas, una vez que la comida está disponible y es de fácil acceso (FAO, 2024).

La evaluación nutricional proporciona información actualizada, de alta calidad y basada en la evidencia, para el establecimiento de objetivos, la planificación, el seguimiento y la evaluación de los programas con el objetivo de erradicar el hambre y la reducción de la carga de la malnutrición (FAO, 2024).

#### **2.6.2.7. Proteínas**

Su importancia nutricional, las proteínas de los alimentos tienen importancia tecnológica por sus especiales cualidades funcionales, que facilitan el desarrollo y la transformación de los productos.(Elsohaimy et al., 2015).

### **2.7. Metodología del proyecto de investigación**

#### **2.7.1. Tipos de investigación**

El trabajo investigativo se efectuó por medio de metodologías para responder preguntas y generar conocimiento, se enfocó en tipos específicos de investigación como la aplicada, bibliográfica, experimental, descriptiva y comparativa, lo cual aseguró la relevancia de los datos recopilados en el estudio.

##### **2.7.1.1. Investigación aplicada**

La investigación, tuvo como objetivo solucionar problemas relacionados a la extracción de proteínas, por lo que se centró en una profunda unificación de conocimientos, a través de este proceso, se logró enriquecer significativamente el progreso científico y obtener respuestas adecuadas respecto a la investigación (Fabri, 2014).

Esté tipo de investigación se llevó a cabo en resolver problemas específicos, donde se evaluó y optimizó la calidad de la extracción del aislado proteico de chocho, por tanto la investigación aplicada fue de gran importancia en la parte teórico-práctica.

##### **2.7.1.2. Investigación bibliográfica**

Este tipo de investigación en el proyecto permitió reunir y analizar información previa sobre las metodologías de extracción de chocho y sus características, al recopilar datos de estudios, se estableció una base teórica sólida que guió el proceso de caracterización nutricional, asegurando que las técnicas utilizadas fueron las más adecuadas y siendo basadas en evidencia científica (Reyes-Ruiz y Carmona Alvarado, 2020).

### **2.7.1.3. Investigación experimental**

Fue un proceso sistemático y controlado con el propósito de verificar la variable dependiente bajo condiciones controladas, se caracteriza en diferentes mediciones de datos y el uso de exámenes estadísticos para establecer diferentes resultados (Melgarejo, 2020).

La investigación experimental en este contexto fue muy importante y fundamental para conocer y evaluar como diferentes condiciones afectaron la calidad de la extracción del aislado proteico de chocho, al manipular las variables como el tiempo y el pH, se pudo observar las distintos niveles de preservación de proteína, este enfoque experimental aseguró que nuestras conclusiones sobre las propiedades nutricionales del aislado proteico fueran claras y precisas.

### **2.7.1.4. Investigación descriptiva**

La investigación tuvo como objetivo utilizar diferentes métodos que permitieron recolectar datos de manera sistemática y precisa.

Este enfoque permitió una descripción detallada sobre la información nutricional del aislado de proteína de chocho, mediante análisis proximal y perfil de aminoácidos, con el uso de modelos de análisis precisos en aislados de proteína, lo que concluyó con la identificación del perfil nutricional verificable y detallable en la muestra. Para esto se utilizaron ciertos procedimientos específicos para los análisis:

**Análisis proximal:** Mediante la ejecución de análisis basados en normativas AOAC y NTE INEN se realizó análisis de humedad, proteína, cenizas, carbohidratos, fibra y grasa, dando resultados verídicos de la composición química del aislado de proteína de chocho relacionados con las normativas vigentes.

**Identificación de perfil de aminoácidos:** Mediante la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se realizó un examen de perfil de aminoácidos presentes en la muestra del aislado de proteína de chocho, lo que proporcionó datos directos y precisos en la identificación de aminoácidos presentes.

## **2.7.2. Técnicas e instrumentos de investigación**

### **2.7.2.1. La observación**

Esta técnica que tuvo como objetivo el desarrollo de información que implica usar los sentidos para examinar hechos y realidad, las actitudes, las opiniones o las necesidades de las personas

o los grupos es obtener datos que permitieron describir, analizar o evaluar una realidad social o educativa (Galeano, 2020).

La observación resultó ser una técnica crucial para monitorear y ajustar el proceso de extracción de proteína de chocho a través de una observación cuidadosa de los cambios en la textura y composición durante el tratamiento térmico, se pudo determinar las condiciones óptimas que permitió mantener un balance entre la interpretación de la información receptada de inicio a fin del desarrollo del proyecto de investigación (Galeano, 2020).

### 2.7.3. Métodos

#### 2.7.3.1. Análisis proximal de la materia prima

##### • Determinación de humedad

Se realizó el análisis al menos en duplicado, donde se homogeneizó la muestra, se molió y se pasó por un tamiz hasta alcanzar una muestra homogénea molida de manera fina. Posterior, se realizó la etapa de secado en una estufa a 105 °C en cápsulas de porcelana por al menos 3 horas, posteriormente se retiró hasta dejar enfriar a temperatura ambiente, se pesó por individual las cápsulas tapadas en una balanza analítica con una aproximación de 0,1 g. Seguido a esto se pesó un 1,5 g de la muestra del aislado de proteína, y se registró el peso obtenido (AOAC, 2011a).

La humedad de las harinas debe ser menor de un 16 %. En caso de las destinadas a la exportación este contenido debe ser reducido hasta un 12 - 13,5 % (Fon Fay Vásquez y Zumbado Fernández, 2019).

Se calculó el contenido de humedad expresado en porcentaje.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_m - (H_{(M^2O)})}{m} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

**Donde:**  $m(H_2O)$  = m (pesafiltros + muestra húmeda) – m (pesafiltros + muestra seca), en gramos.

m (M) es la masa en gramos de la porción de ensayo inicialmente pesada.

La media de dos resultados, con una aproximación de 0,05% g representará la humedad de la muestra.

### ● Determinación de ceniza

Se pesaron de 3 a 5 g de una porción de prueba bien mezclada en un recipiente para cenizas poco profundo y relativamente ancho que haya sido encendido, se enfrió en un desecador y se pesó poco después de alcanzar la temperatura ambiente. Posteriormente, se encendió en un horno a aproximadamente 550 °C, hasta que se obtenga una ceniza de color gris claro o hasta obtener un peso constante. Se enfrió en un desecador y se pesó poco después de alcanzar la temperatura ambiente (AOAC, 2011d).

En granos de chocho hay un contenido de 0,3 % aproximadamente de cenizas, sin embargo éstas alcanzan la cifra del 9 % en la cáscara, de aquí que el contenido de cenizas de una harina sea una señal efectiva de la perfección con que se realizó el proceso de molienda (AOAC, 2011d).

El contenido de cenizas se expresó por 100 partes de sustancia seca y con dos cifras decimales.

$$\% \text{ cenizas} = m \left( \frac{m_{\text{cenizas}}}{M} \right) \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

### Donde:

$m$  (cenizas) =  $m$  (cápsula + cenizas) –  $m$  (cápsula vacía), en gramos.

$m$  (M) es la masa en gramos de la porción de ensayo inicialmente pesada.

### ● Determinación de proteína

En la etapa de digestión, se encendió el digestor de bloque y se calentó a 420°C. Se Pesaron los materiales, se registró el peso de cada porción de prueba (W) al mg más cercano para pesos de  $\geq 1$  g, y al 0,1 mg más cercano para pesos de  $< 1,0$  g. No debió exceder los 1,2 g. Para el pienso seco, forraje, cereales, granos y semillas oleaginosas, se pesó 1 g de porción de prueba molida y bien mezclada sobre un papel de pesaje con bajo contenido de N y previamente tarado. Se dobló el papel alrededor del material y se colocó en un tubo Kjeldahl numerado (AOAC, 2011b).

Para la alimentación líquida, se pesó ligeramente  $> 1$  g de porción de prueba de muestra analítica bien mezclada en un vaso de precipitados pequeño y tarado. Se transfirió cuantitativamente a un tubo Kjeldahl numerado con  $< 20$  ml de agua desionizada. Alternativamente, se pesó ligeramente  $> 1$  g de porción de prueba bien mezclada en un vaso de precipitados pequeño y

tarado. Se transfirió a un tubo Kjeldahl numerado y se volvió a pesar el vaso. La pérdida de peso diferencial correspondió a la cantidad de porción de prueba realmente transferida al tubo (AOAC, 2011b).

Los resultados se expresaron en % de proteínas, mediante la siguiente fórmula, según Fon Fay Vásquez y Zumbado Fernández (2019):

$$\text{Proteínas} = \frac{(VB - VM) \cdot c(\text{NaOH}) \cdot 14 \cdot 100 \cdot f}{1000 \cdot m(M)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

**Donde:**

VM son los mL de NaOH consumidos en la valoración de la muestra. VB son los mL de NaOH consumidos en la valoración del ensayo en blanco.

c (NaOH/1) es la normalidad o concentración molar del equivalente de la disolución de HCl.

14 es la masa molar del equivalente de nitrógeno, expresada en g/mol.

m (M) es la masa de la porción de ensayo pesada para el análisis. f es

el factor de conversión de % de nitrógeno a % de proteínas.

**• Determinación de grasa**

Se pesaron porciones de prueba de 1 a 5 g que contengan aproximadamente de 100 a 200 mg de grasa directamente en tarados de restos celulares, Coloque los dedales que contienen las porciones de prueba a 102 °C durante dos horas. Después, permanecer en el desecador. Tanto el disolvente como los materiales de ensayo deben estar libres de humedad. Para evitar que se extraigan componentes hidrosolubles como hidratos de carbono, urea, ácido láctico y glicerol, lo que podría dar lugar a valores finales elevados. Antes del paso de presecado, se añadió algo rallado para absorber la grasa derretida. Después de colocar el algodón desgrasado (utilizando el mismo disolvente que se emplearía para la extracción), se colocó un tapón fuera de la prueba porción para mantener el material en su sitio durante la prueba de ebullición y evitar cualquier pérdida de la porción (AOAC, 2011c).

El tapón de algodón se hizo lo más pequeño posible para reducir la absorción de disolvente y, al mismo tiempo, ser lo suficientemente grande para mantener los materiales en su sitio. Se

consideró adecuado añadir el tapón de algodón antes del proceso de secado de dos horas a 102 °C.(AOAC, 2011c).

Se colocaron de tres a cuatro perlas de vidrio de 5 mm en cada taza y se secaron los vasos durante al menos 30 min a 102° C. Posteriormente, se transfirió al desecador y se enfrió a temperatura ambiente. Se pesaron las copas de extracción y se registró el peso con precisión de 0,10 mg (T). Se precalentó el extractor y se abrió el agua de refrigeración del condensador. Se colocaron dedales que contengan porciones de prueba secas para la extracción de columnas. Se colocó suficiente cantidad de disolvente en cada vaso de extracción para cubrir la porción de prueba cuando los dedales estén en posición de ebullición. Después se colocaron las copas debajo de las columnas de extracción y se aseguraron en su lugar. Se sumergieron los dedales en solvente y se hirvió durante 20 min. Se levantaron los dedales del disolvente y se extrajeron en esta posición durante 40 min. Luego, se destiló la mayor cantidad de solvente posible de las tazas para recuperar el disolvente y alcanzar una sequedad aparente. Se retiraron las copas de extracción del extractor y se colocaron en la campana extractora en funcionamiento para terminar de evaporar el solvente a baja temperatura. Se secaron los vasos de extracción en horno a 102 °C durante 30 min para retirar la humedad. Finalmente, se enfrió en un desecador a temperatura ambiente y se pesó con precisión de 0,10 mg (F) (AOAC, 2011c).

Los resultados se expresaron en porcentajes según:

$$\% \text{ Grasa bruta, extracto de hexanos} = \frac{F - T}{S} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

**Donde:**

F = peso del vaso + residuo de grasa (g).

T = peso del vaso vacío (g).

S = peso de la porción de prueba (g).

**• Determinación de calorías**

Según la (NTE INEN 1334-2), para el cálculo de energía, la cantidad de energía que ha de declararse se calculó utilizando los siguientes factores de conversión:

Carbohidratos 17 kJ - 4 kcal/g

Proteínas 17 kJ - 4 kcal/g

Grasas 37 kJ - 9 kcal/g

Alcohol (etanol) 29 kJ - 7 kcal/g

Ácidos orgánicos 13 kJ - 3 kcal/g

Los valores se expresaron en kcal/100 g, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Calorías} = (\text{grasa} * 9) + (\text{carbohidratos} * 4) + (\text{proteína} * 4) \quad (\text{Ecuación 5})$$

#### • **Determinación de fibra bruta**

La determinación se realizó por duplicado, posterior a esto, se pesó con una aproximación al 0,10 mg, 3 g de muestra y se transfirió a un dedal de porosidad adecuada, posteriormente se tapó y colocó en una estufa previamente calentada a 130 °C por una hora.

Se transfirió al desecador el dedal con la muestra y se enfrió hasta alcanzar la temperatura ambiente. Seguido, se colocó en el aparato Soxhlet y se extrajo la grasa, con éter anhidro durante 4 horas.

Se secó el dedal con la muestra sin grasa, posteriormente se colocó en estufa a 100 °C por 2 horas, se transfirió al desecador y se enfrió a temperatura ambiente.

Se pesó, con una aproximación de 0,10 mg, un aproximado de 2 g de la muestra y se transfirió a un balón de precipitación de 600 cm<sup>3</sup>, se agregó 1 g de asbesto preparado, 200 cm<sup>3</sup> de solución hirviendo, 0,25 N de ácido sulfúrico, perlas de vidrio o una gota de antiespumante. Se colocó en el aparato de digestión y se hirvió por 30 min, girando periódicamente el balón (NTE INEN 2013:522).

#### **2.7.3.2. Análisis de perfil de aminoácidos en el aislado de proteína de chocho**

##### • **Perfil de Aminoácidos**

Para determinar la composición de aminoácidos del aislado proteico, se empleó cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Esta técnica se basó en la separación de los aminoácidos individuales a medida que fueron arrastrados a través de una columna cromatográfica, los diferentes aminoácidos interactuaron de manera distinta con la fase estacionaria de la columna, lo que permitió su separación y posteriormente su detección (Castillo-Portela et al., 2011).

Para la cuantificación se realizó una calibración externa con mezcla de L-aminoácidos: ácido aspártico(Asp), ácido glutámico (Glu), asparagina (Asn), serina (Ser), glutamina (Gln), histidina (His), glicina (Gly), threonina (Thr), alanina (Ala), arginina (Arg), tirosina (Tyr),

valina (Val), metionina (Met), triptófano (Tryp), fenilalanina (Phe), leucina (Leu) y lisina (Lys), a una concentración de 0,25  $\mu\text{mol/mL}$  en 0,1 N de HCl (Castillo-Portela et al., 2011).

### **2.7.3.3. Análisis sensorial de la barra energética a partir de aislados de proteína de chocho y harinas precocidas**

El análisis sensorial para la barra energética se realizó con 25 catadores no entrenados con una repetición, en la planta agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante una escala hedónica de aceptación del producto, donde se constataron 5 puntos de aceptación, a partir de 1 que expresó “Me disgusta mucho”, hasta el nivel de aceptabilidad 5 que expresó “Me gusta mucho”. Los parámetros analizados en la barra energética fueron: sabor, color, aceptabilidad, forma y aroma.

### **2.7.4. Materia prima, insumos y equipos**

#### **2.7.4.1. Materia Prima**

- Harina de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*)
- Aislado de proteína de chocho

#### **2.7.4.2. Reactivos**

- Acetona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )
- Ácido Bórico ( $\text{HBO}_3$ )
- Ácido Acético ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ )
- Ácido Clorhídrico 0,1 N (HCl)
- Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Agua destilada ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- Bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ )
- Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ )
- Octanol ( $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$ )
- Indicador para proteínas
- Hidróxido de Potasio (KOH)
- Hidróxido de Sodio (NaOH) al 40%

#### **2.7.4.3. Material de laboratorio ●**

Algodón de desengrasado

- Bureta Graduada

- Balones de Kjeldahl 600 mL
- Embudo de vidrio
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Matraz Volumétrico
- Probeta de 100 mL
- Probeta de 200 mL
- Gotero
- Gradilla
- Pipetas de 10 mL
- Crisoles de porcelana
- Desecador
- Espátula
- Pinzas de acero inoxidable
- Papel filtro
- Dedales de extracción
- Porta Dedales
- Recipiente de vidrio
- Bandeja metálica
- Cuchara
- Vasos para recuperación del solvente
- Vasos de precipitación

#### **2.7.4.4. Equipos**

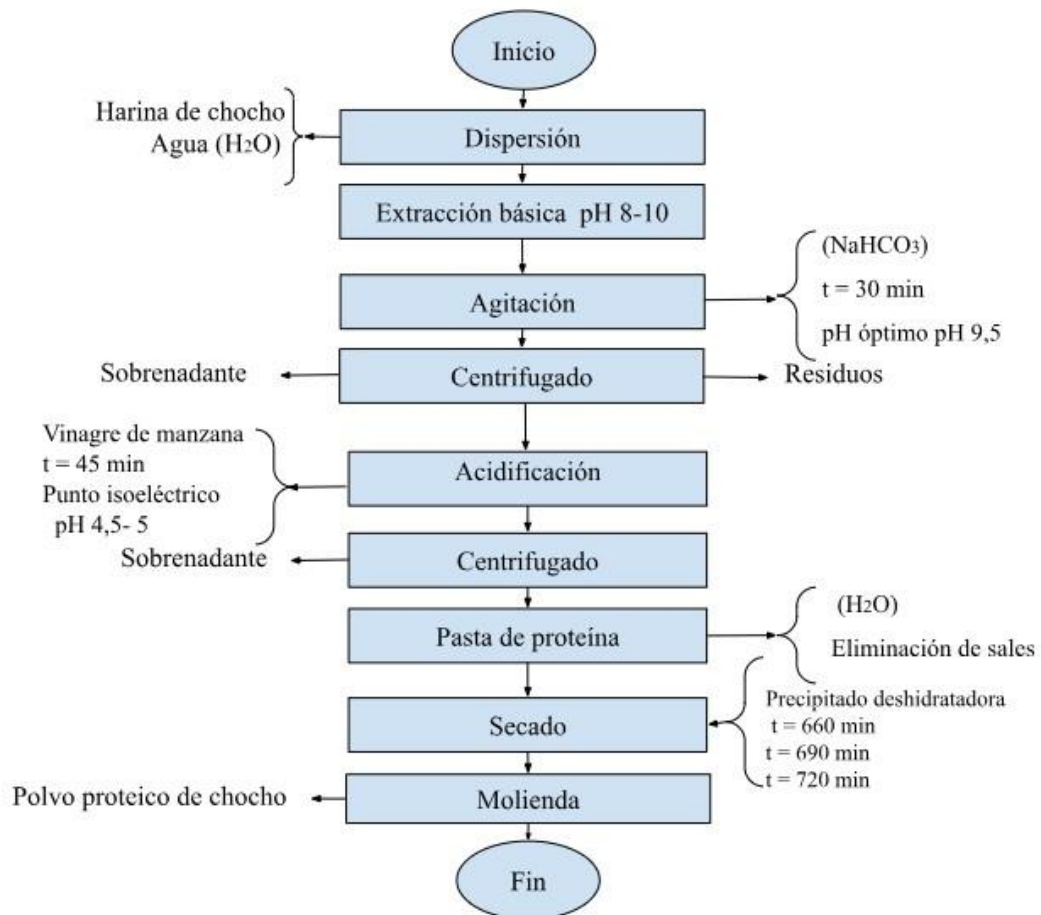
- Aparato Goldfish para 6 plazas NT-GF-6
- Aparato Kjeldahl macro KJ2C
- Estufa con regulador de temperatura hasta 300 °C (Mettler UN 30)
- Termómetro digital de bolsillo -50 °C a 150 °C (ST-9211A/B/C)
- Medidor de pH (pH-metro) con precisión de 0,01 (PH-101)
- Balanza analítica 4500 g con precisión de 0.01 g (Boeco BPS-51 plus)
- Mufla con regulador de temperatura Thermolyne marca Thermo Scientific (FB1414M)
- Deshidratador de alimentos de acero inoxidable con bandejas extraíbles (SS-32)

- Cocina de inducción con 4 inductores
- Plancha de calentamiento con agitador (SP131325Q)

## 2.7.5. Desarrollo del aislado de proteína de chocho y subproducto

### 2.7.5.1. Diagrama de flujo del aislado de proteína de chocho

**Figura 3.** Diagrama de flujo de aislado de proteína de chocho



**Elaborado por:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

### 2.7.5.2. Procedimiento de la extracción de aislado de proteína de chocho

La Tabla 8, detalló las condiciones por las cuales se realizó la extracción de aislado de proteína para el chocho, donde se utilizaron los factores de pH de precipitación con valores de 4,0, 4,5, 5,0 y tiempos de deshidratación de 660, 690 y 720 min, respectivamente.

**Tabla 8.** Condiciones del diseño experimental para la extracción de aislado de proteína

Factores	Nomenclatura	Niveles	Tipo	Mínimo	Máximo
Factor A: pH de precipitación del aislado proteico.	$X_P$	a1: 4,0 a2: 4,5 a3: 5,0	Numérico	4,0	5,0
Factor B: Tiempo de deshidratación del aislado de proteína.	$X_t$	b1: 660 min b2: 690 min b3: 720 min	Numérico	660	720

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

- **Dispersión:** La harina de chocho se dispersó en un solvente acuoso, generalmente agua pura a un pH específico. El pH óptimo para la extracción de proteínas del chocho suele estar en el rango alcalino (pH 8 - 10).
- **Agitación:** La mezcla se agitó con bicarbonato por 30 min hasta llegar a un pH óptimo durante un tiempo determinado para favorecer la solubilización de las proteínas.
- **Centrifugación:** La suspensión se centrifugó para separar la fracción sólida (insoluble) de la fracción líquida (soluble). La fracción líquida contiene las proteínas solubilizadas.
- **Acidificación:** Se acidifica con vinagre de manzana a la solución proteica hasta alcanzar el punto isoeléctrico de las proteínas del chocho (pH 4, 4,5 y 5 aproximadamente). En este punto, las proteínas pierden su carga neta y se precipitan.
- **Centrifugación:** La mezcla se centrifugó nuevamente para separar el precipitado proteico del sobrenadante.
- **Lavado:** El precipitado proteico se lavó repetidamente con agua destilada para eliminar sales y otros compuestos no proteicos.
- **Secado:** El precipitado se secó en la deshidratadora por unas horas y así obtener un polvo fino.
- **Molienda:** El polvo proteico se molió finamente para obtener un producto homogéneo.
- **Envasado:** El aislado de proteína de chocho se envasó en recipientes herméticos y se almacena en condiciones adecuadas para preservar sus propiedades.

### ● Precipitación Ácida

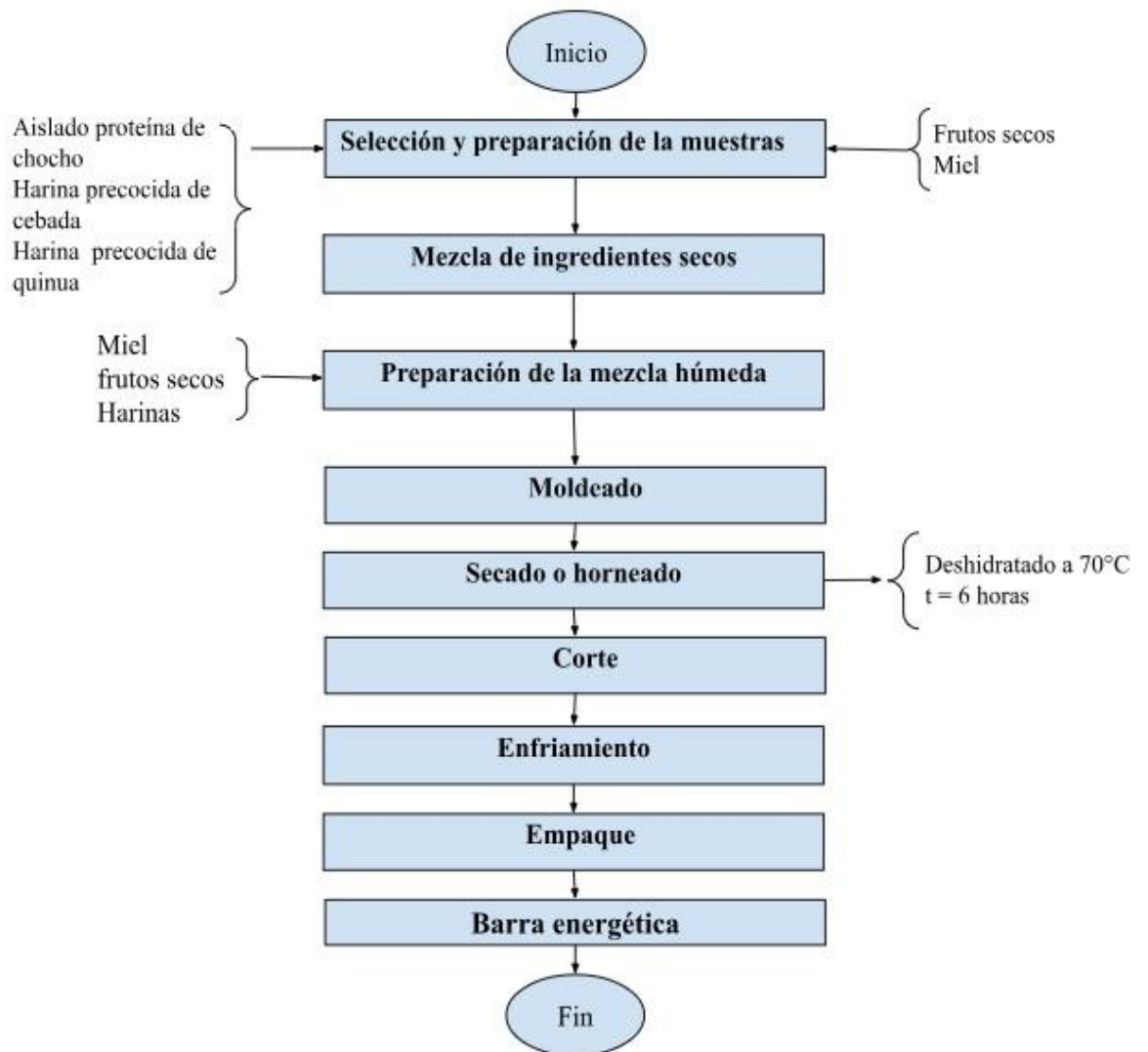
Para la extracción de la proteína de chocho se procedió al uso de sobrenadantes en la extracción básica, se reguló el pH a 4, 4,5 y 5 con HCl 2N, se agitó durante 15 min, se centrifugó a 12000 rpm y se obtuvo una pasta proteica, que fue sometida a deshidratación, en donde se determinó la proteína total e índice de proteína dispersible (PDI) (Caiza Ayala, 2011).

Las variables de control en el proceso de obtención del aislado fueron los porcentajes y cantidad obtenida de proteína.

Para la obtención de la proteína del chocho, se precipitó en el punto isoeléctrico pH 4,5. La proteína se obtuvo por extracción básica con pH de 10,5 en dos etapas, la primera con relación sólido: líquido 1/11 y la segunda con relación 1/5. El aislado proteico obtenido por acidificación de los tres filtrados a pH 4, 4,5 y 5 para la proteína (Caiza Ayala, 2011).

#### **2.7.5.3. Diagrama de flujo elaboración de la barra energética**

**Figura 4.** Diagrama de flujo de la barra energética



**Elaborado por:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

**2.7.5.4. Procedimiento y formulación en la elaboración de la barra energética** La tabla 9, detalló la formulación sobre la barra energética con aislado de proteína de chocho y harinas precocidas, basada en investigaciones como, (Reyna, 2018) donde se destacó la mayor adición de productos con alto contenido de proteína de tipo lácticas dando un resultado óptimo. Según Yenque Morales (2016), la adición de aislados proteicos en el aporte a la nutrición también han ido evolucionando gracias a investigaciones que se han realizado. En este contexto nutricional, las proteínas desempeñan un papel esencial en la alimentación humana por su

aporte de aminoácidos a la dieta y por sus propiedades funcionales, que tienen características específicas en los alimentos.

**Tabla 9.** *Formulaciones de la barra energética*

<b>Formulaciones</b>				
<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>g</b>
Aislado proteico de chocho	36,70	367,00	32,70	327,00
Harina precocida de quinua	8,15	81,50	10,15	101,50
Harina precocida de cebada	8,15	81,50	10,15	101,50
Ajonjolí	4,09	40,90	4,09	40,90
Almendras	6,12	61,20	6,12	61,20
Arándanos	6,12	61,20	6,12	61,20
Nuez	6,12	61,20	6,12	61,20
Pasas	6,12	61,20	6,12	61,20
Miel	5,71	57,10	5,71	57,10
Glucosa natural de maíz	12,72	127,20	12,72	127,20
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>1000,00</b>	<b>100,00</b>	<b>1000,00</b>

**Fuente:** (Huilcamaiagua y Lanchimba, 2024).

La tabla 9 se diseñó para evidenciar los porcentajes de las distintas formulaciones que se utilizarán durante el proceso de elaboración de la barra energética de gran calidad en conjunto con aspectos técnicos que forman parte del proceso de producción.

### **Procedimiento de la elaboración de la barra energética**

- **Selección y preparación de ingredientes:** Se pesaron todos los ingredientes secos (harina proteica de chocho, harina precocida de cebada, harina precocida de quinua), frutos secos y miel. Picar los ingredientes secos más grandes, frutos secos.

- **Mezcla de ingredientes secos:** Se combinaron todos los ingredientes secos en un recipiente grande y mezclarlos bien hasta obtener una mezcla homogénea.
- **Preparación de la mezcla húmeda:** Se calentó ligeramente los ingredientes húmedos (miel) para facilitar su mezcla con los ingredientes secos y la harinas.
- **Combinación de ingredientes secos y húmedos:** Se agregó la mezcla húmeda a la mezcla seca y se homogeneizó hasta obtener una masa uniforme y pegajosa.
- **Moldeado:** Se colocó la masa en un molde previamente engrasado o forrado con papel para hornear. Se presionó la masa firmemente hasta obtener la forma deseada.
- **Secado o horneado:** Se secaron las barras energéticas en un deshidratador a una temperatura de 70 °C, durante un tiempo de 6 horas de manera continua.
- **Corte:** Una vez que la masa esté firme, se cortó la masa en una forma de barras en porciones de tamaño similares.
- **Enfriamiento y empaque:** Una vez cortadas, se enfriaron las barras energéticas completamente antes de empaquetarlas individualmente.

## **2.8. Hipótesis o preguntas científicas**

### **2.8.1. Hipótesis Nula**

**Ho:** El pH de precipitación y el tiempo de deshidratación no afectaron a la extracción de aislado de proteína para la obtención de una barra energética.

### **2.8.2. Hipótesis Alternativa**

**Ha:** El pH de precipitación y el tiempo de deshidratación sí afectaron a la extracción de aislado de proteína para la obtención de una barra energética.

### **2.8.3. Validación de hipótesis**

Los datos obtenidos indicaron que en el proceso de la extracción del aislado proteico, la hipótesis nula (Ho) se rechazó debido a que la influencia de los parámetros de extracción de aislado de proteína si influyeron en la obtención, por tanto, se aceptó la hipótesis alternativa (Ha), la cual establece que el pH de precipitación y el tiempo de deshidratación sí afectaron a la extracción del aislado de proteína para la elaboración de una barra energética.

## **2.9. Diseño Experimental**

El proceso de optimización de la extracción de aislado de proteína, se realizó utilizando un software Design Expert, el cual emplea un modelo de superficie respuesta IV óptimo. El modelo

del diseño fue de 16 corridas experimentales, esto nos ayudó a evaluar las diferentes condiciones de tiempo y de pH, que se consideró con valores de 4,0 pH, 4,5 pH, y 5,0 pH, y tiempo de 660 min, 690 min, 720 min. Para determinar los parámetros óptimos que maximizaron la estructura del aislado proteico de chocho.

Para determinar las condiciones óptimas, se realizó un proceso de optimización multivariado considerando las variables del tiempo y pH, para la extracción de aislado proteico de chocho.

**Tabla 10.** *Condiciones experimentales para el diseño experimental*

<b>Factores</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Niveles</b>	<b>Tipo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Factor A: pH de precipitación del aislado proteico.	$X_P$	a1: 4,0 a2: 4,5 a3: 5,0	Numérico	4,0	5,0
Factor B: Tiempo de deshidratación del aislado de proteína.	$X_t$	b1: 660 min b2: 690 min b3: 720 min	Numérico	660	720

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

### 2.9.1. Cuadro de variables

La tabla 11 reflejó que la obtención del aislado proteico de chocho involucró un proceso complejo que dependió de múltiples factores, como el tiempo de deshidratación y el pH de precipitación. Estas variables, influyeron directamente en la calidad del producto final, para ello se determinó el contenido de proteína, donde el mejor tratamiento fue sometido a un análisis proximal y un perfil de aminoácidos, esto fue fundamental para la garantización de un producto con un alto valor nutricional y sensorial, y para el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por el mercado.

**Tabla****11. Cuadro de variables para la extracción del aislado proteico de chocho**

<b>Variable dependiente</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medición</b>
Extracción del aislado proteico de chocho ( <i>Lupinus mutabilis sweet</i> )	<b>pH de precipitación:</b> pH de 4,0 pH de 4,5 pH de 5,0	<b>Porcentaje de extracción proteína de chocho</b>	(%)
	<b>Tiempo de deshidratación:</b> 660 min 690 min 720 min	<b>Análisis proximal al mejor tratamiento</b>	Porcentaje de Humedad Total Proteína Fibra Grasa Ceniza Carbohidratos
		<b>Perfil de aminoácidos al mejor tratamiento</b>	Recuento de aminoácidos totales

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

En la tabla 11, para obtener un aislado proteico de chocho de alta calidad, se ha diseñado un experimento que evaluó el impacto de variables clave como el pH de precipitación (4,0, 4,5 y 5,0) y el tiempo de deshidratación (660 min, 690 min y 720 min) en el rendimiento del proceso y la composición del producto final el contenido de proteína, los cuales se utilizaron como indicadores de calidad. Al variar estas condiciones, se buscó identificar la combinación óptima para la maximización del contenido de proteína y se minimizó la presencia de compuestos indeseables, garantizando así un producto seguro y de alta calidad.

### 2.9.2. Corridas Experimentales

En la tabla 12, se presentaron las corridas experimentales utilizadas en la metodología de extracción de aislado de proteína de chocho, este diseño constó de 16 corridas experimentales que combinaron el tiempo de deshidratación y el pH de precipitación, el cual tuvo como objetivo identificar las condiciones óptimas de extracción de proteínas en la harina de chocho.

**Tabla****12. Descripción del diseño de superficie respuesta para las corridas experimentales del aislado de proteína de chocho**

<b>Corrida</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>pH</b>
<b>1</b>	720	4,5
<b>2</b>	690	4,0
<b>3</b>	720	5,0
<b>4</b>	690	5,0
<b>5</b>	690	4,5
<b>6</b>	660	4,5
<b>7</b>	690	5,0
<b>8</b>	690	4,5
<b>9</b>	690	4,0
<b>10</b>	690	4,5
<b>11</b>	660	4,0
<b>12</b>	720	4,0
<b>13</b>	720	4,5
<b>14</b>	660	4,5
<b>15</b>	660	5,0
<b>16</b>	690	4,5

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

La tabla 12, detalló las 16 corridas experimentales del diseño superficie de respuesta aplicado para el aislado proteico de chocho. Se emplearon distintas combinaciones de tiempo y pH para su evaluación en la influencia de las características del producto final. En estos ensayos, el tiempo se ajustó a 660, 690 y 720 min, mientras que el pH varió entre 4,0, 4,5 y 5,0, a través de este diseño experimental, se buscó determinar cómo estas variables impactan en la calidad y propiedades del producto obtenido.

## **2.10. Análisis e interpretación de resultados**

### **2.10.1. Caracterización proximal de la harina de chocho**

En la tabla 13, se obtuvo la caracterización química proximal de la harina de chocho en donde se detallaron los datos de la muestra, un perfil nutricional básico, que se presentó en la harina

**Tabla**

de chocho. Estos datos fueron fundamentales para comprender el valor nutritivo del chocho y su potencial en la producción de aislado proteico.

**13. Caracterización proximal de la harina de chocho**

<b>Indicador</b>	<b>%</b>
Humedad Total	7,15
Proteína	37,47
Fibra	8,37
Grasa	18,21
Ceniza	1,76
Carbohidratos	35,47

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

En la tabla 13, el análisis proximal constó con una mayor concentración de proteína en la harina de chocho la cual fue notable con un 37,47 %, los mayores beneficios del chocho residieron en su alto contenido de proteínas estos compuestos esenciales fueron fundamentales, ya que fueron necesarios para construir una cantidad significativa de proteínas, la harina de chocho por tanto fue una excelente opción para quienes buscan incrementar su ingesta de proteínas de origen vegetal (Fornasini et al., 2012).

El contenido de humedad total de harina de chocho, fue del 7,15 % por lo que se consideró su posición en un nivel adecuado de acuerdo al nivel de humedad total no mayor a valores de 8,95 %, siendo así ideal para evitar la presencia de bacterias y contaminación. Al comparar los resultados obtenidos con los establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN para harina de trigo, se constató que el contenido de humedad de la harina de chocho se encuentra dentro de los límites permitidos los cuales no se excedieron, según la norma. (INEN, 2015, p. 4).

En cuanto la grasa que se obtuvo en la harina de chocho, fue del 18,21 %, en relación a distintos autores los cuales revelaron valores del porcentaje de grasa entre 14,20 % a 25,74 %, lo que concluyó que la muestra de harina analizada se encuentra en un nivel óptimo de contenido de grasa (Gira, 2022, p. 15).

El contenido de ceniza de la harina de chocho fue del 1,76 %, según los valores de (INEN, 2015 p.4), el contenido de ceniza va desde el 1,24 % a 4,70 % lo que dió un promedio de

**Tabla**

cumplimiento de los parámetros límites permitidos, mientras que el contenido de carbohidratos presentó valores del 35,47 % donde se cumplió con los límites requeridos de 11,42 % a 36,73 % establecidos por la FAO (2011).

En el caso de la fibra se obtuvo un valor del 18,21 %, el chocho destacó por su alto contenido de fibra, en la comparación bibliográfica con (Gutiérrez et al., 2022), nuestra fibra cumple con lo límites permitidos dados del 7,25 % hasta un 19,57 %, esta fibra dietética fue fundamental para mantener una buena salud intestinal, previniendo el estreñimiento y contribuyendo a reducir el riesgo de desarrollar enfermedades como la diabetes y la obesidad.

El alto contenido proteico de la harina de chocho fue una de las principales cualidades, esta característica la posicionó como un alimento de alto valor nutricional, por la producción de enzimas por las proteínas (Carvajal et al., 2016).

**2.10.2. Matriz experimental para la extracción de aislado proteico de chocho** En la tabla 14, el proceso de extracción de aislado proteico de chocho fue influenciado por variables como el pH y el tiempo, que determinaron el rendimiento del procedimiento. La siguiente tabla recogió los resultados obtenidos al evaluar diferentes combinaciones de estas condiciones, expresados como porcentaje de proteína extraída.

**Tabla 14.** *Matriz experimental para la extracción de aislado proteico de chocho*

<b>Corrida</b>	<b>pH</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Proteína(%)</b>
1	4,5	690	48,58
2	4,0	690	50,47
3	4,0	690	50,01
4	4,5	720	50,01
5	4,5	720	49,90
6	4,5	660	42,24
7	4,5	690	47,98
8	5,0	690	45,34
9	4,0	660	45,36
10	4,0	720	52,25
11	4,5	660	42,90
12	5,0	660	40,13
13	4,5	690	47,58
14	4,5	690	47,05
15	5,0	690	46,28
16	5,0	720	47,92

**Fuente:** (Huilcamagua y Lanchimba, 2024).

La tabla 14, detalló la matriz experimental para la extracción de aislado proteico de chocho, donde las variables de pH de precipitación y tiempo de deshidratación influyeron directamente en el porcentaje de proteína extraída. Los resultados indicaron que el mayor porcentaje de proteína se obtuvo en la corrida 10, con un 52,25 % bajo condiciones de pH 4,0 y un tiempo de 720 min, lo que sugirió que estas son las condiciones óptimas para maximizar la extracción. Por el contrario, el menor porcentaje de extracción se presentó en la corrida 12, con un 40,13 % bajo pH 5,0 y un tiempo de 660 min, lo que indicó que un pH más elevado combinado con tiempos más cortos reduce la eficiencia del proceso.

Los tiempos de extracción más largos, como 720 min, mostraron consistentemente mejores resultados que tiempos más cortos, como 660 min, destacando la importancia del tiempo en el proceso. En condiciones intermedias, como pH 4,5 y tiempos de 690 min, los valores de proteína extraída variaron entre 47,05 % y 48,58 %, posiblemente debido a variaciones menores en los procedimientos experimentales.

Como principal hallazgo la combinación de pH 4,0 y 720 min fue la más adecuada para obtener un alto rendimiento proteico, mientras que las combinaciones de pH 5,0 y tiempos cortos resultaron ser menos efectivas.

**Tabla 15.** *Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína*

Indicador	Modelo codificado
Intercepto	47,82
$X_t$	3,68*
$X_p X_t$	-2,30*
$X_p$	0,22*
$X_{t^2}$	0,19*
$X_{p^2}$	-1,57*
$R_2 R^2$	0,9872
ajustado	0,9759
$F$ modelo	154,05*
$F$ falta de ajuste	0,078

t: tiempo, p: pH, \*Valor significativo para  $p \leq 0,001$ .

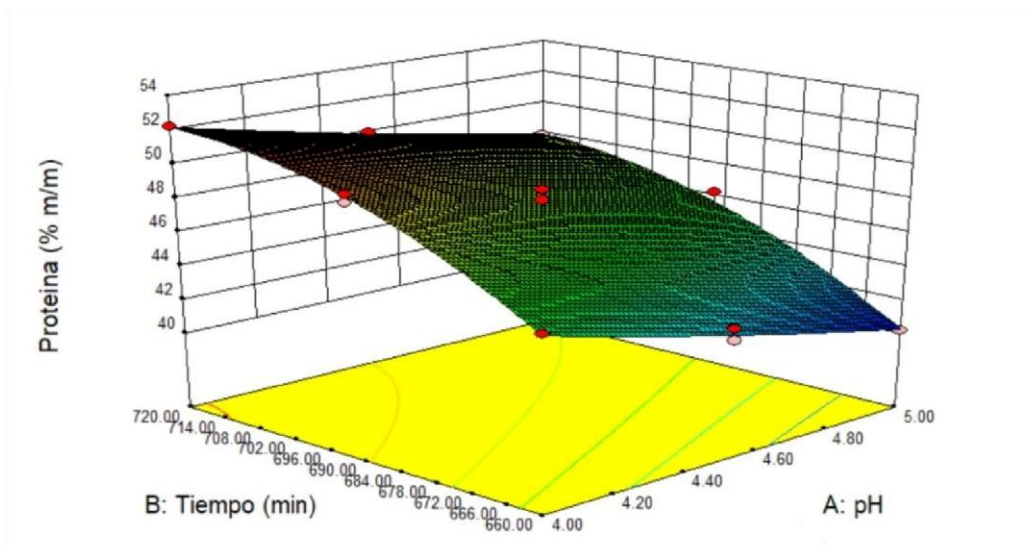
**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

En la tabla 15, el modelo codificado para el contenido de proteína indicó que el intercepto es 47,82, representando el valor promedio base del modelo como el pH se encuentran en sus niveles de referencia es decir, los valores utilizados para codificar las variables. Los coeficientes mostraron que el tiempo de extracción ( $X_t$ ) tuvo un impacto positivo significativo, incrementando el contenido de proteína en 3,68 unidades esto sugirió que prolongar el tiempo de extracción favoreció la solubilización y extracción de las proteínas de la matriz vegetal, mientras que el pH ( $X_p$ ) tuvo un efecto negativo de -2,30 unidades, lo que sugirió un pH óptimo para la extracción de proteínas del chocho, desviarse de este valor afectó negativamente la

eficiencia del proceso, las interacciones entre tiempo y pH ( $X_t X_p$ ), así como los términos cuadráticos ( $X_t^2$  y  $X_p^2$ ), también influyeron, aunque en menor medida, con coeficientes de 0,22, 0,19 y -1,57, respectivamente. El modelo tuvo un ajuste excelente, con un  $R^2$  de 0,9872 y un  $R^2$  ajustado de 0,9759, lo que reflejó una alta capacidad para explicar la variación en el contenido de proteínas. El valor de F modelo de 154,05 confirmó la significancia global del modelo, mientras que el F de falta de ajuste de 0,078 sugiere que no hay diferencias significativas entre los datos observados y los predichos, lo que valida la precisión del modelo.

En la figura 5, la superficie de respuesta generada para la extracción de aislado proteico de chocho evidenció cómo las variables de tiempo y pH influyeron de manera conjunta en la concentración de proteína obtenida. Este análisis visual permitió identificar las condiciones óptimas de proceso, es decir, las combinaciones de tiempo y pH que maximizan el rendimiento de proteína y minimizan la presencia de compuestos indeseables.

**Figura 5.** *Contenido de proteína*



**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

La figura 5, ofreció una representación visual de cómo el pH y el tiempo de procesamiento influyeron de manera conjunta en el rendimiento de extracción de proteína del chocho, se observó que las condiciones más favorables para obtener un alto porcentaje de proteína (alrededor del 52 %) se alcanzaron en un entorno ligeramente ácido, con un pH cercano a 4,00, y con un tiempo de procesamiento prolongado, de aproximadamente 720 min sin embargo, esta relación no fue lineal; a medida que el pH aumenta hacia 5,00, se produjo una disminución notable en el rendimiento de extracción, especialmente cuando el tiempo de procesamiento fue más corto (660 min). La superficie tridimensional generada a partir de los datos experimentales ilustró claramente la interacción entre ambas variables, revelando que el rendimiento óptimo se encontró en una región específica del espacio definido por el pH y el tiempo. La excelente concordancia entre los puntos experimentales y la superficie ajustada indicó que el modelo estadístico empleado capturó de manera precisa la relación entre las variables y los resultados obtenidos, proporcionando una herramienta valiosa para optimizar el proceso de extracción de proteínas del chocho, lo que evidenció la importancia de controlar tanto el pH como el tiempo de procesamiento para maximizar el rendimiento de extracción de proteína.

**Tabla 16.** *Pronóstico de optimización para la evaluación de la extracción del aislado proteico de chocho en función del tiempo y pH*

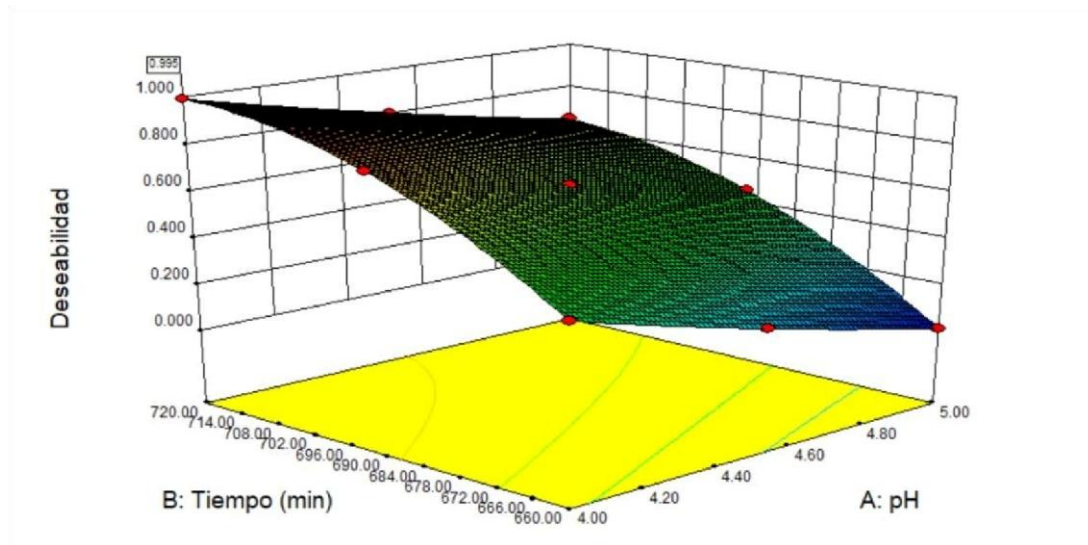
	<b>Tiempo (min)</b>	<b>pH</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Deseabilidad</b>
1	720	4,00	52,19	0,99

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

La tabla 16 indicó que el pronóstico de optimización en la combinación de 720 min de tiempo y un pH de 4,00 es ideal para maximizar la extracción de proteína, esta extracción tuvo un alcance del 52,19 % de contenido proteico. La deseabilidad de 0,99 indicó que esta condición es casi perfecta dentro del rango evaluado, lo que reflejó una alta confiabilidad en el modelo para predecir y optimizar este proceso.

En relación con la optimización del proceso de extracción del aislado proteico de chocho, el modelo desarrollado por el equipo de investigación identificó que las condiciones ideales corresponden a un tiempo de 720 min y un pH de 4,00. Esto permitió alcanzar un contenido proteico del 52,19 % con una deseabilidad de 0,99. Estos resultados no sólo validaron la eficacia de estas condiciones, sino que también superaron el rendimiento reportado en investigaciones previas. Por ejemplo, Albán (2023) reportó un contenido proteico del 11,46 % en productos extruidos que incluían chocho, cebada y soya. Las diferencias encontradas con respecto a este trabajo se pudieron explicar por las variables experimentales y las matrices alimentarias empleadas. Además, la alta deseabilidad obtenida en el modelo desarrollado reflejó la fiabilidad y aplicabilidad del enfoque para una producción a mayor escala.

En la figura 6, la deseabilidad reflejó el equilibrio óptimo entre objetivos a menudo conflictivos: la maximización del rendimiento de proteína y la minimización del contenido de alcaloides. La representación gráfica de la deseabilidad en función del tiempo y el pH permitió visualizar las regiones del espacio de diseño experimental donde se alcanzó el compromiso óptimo, lo que facilitó la selección de las condiciones de operación más adecuadas.

**Figura 6. Deseabilidad**

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

La figura 6, ilustró cómo la deseabilidad del proceso de extracción proteica varía según el pH y el tiempo de procesamiento. Los valores más altos de deseabilidad, cercanos a 1,00, se alcanzan con un tiempo de 720 min y un pH de 4,00, indicando que estas condiciones son óptimas para maximizar el rendimiento del proceso. Conforme el pH se eleva hacia 5,00 o el tiempo disminuye por debajo de 720 min, la deseabilidad desciende de manera evidente, señalando una menor eficiencia. La forma de la superficie evidencia la interacción entre estas variables, destacando que tanto un pH ácido como un tiempo prolongado son fundamentales para lograr resultados óptimos en la extracción del aislado proteico.

### 2.10.3. Caracterización proximal de la extracción del aislado proteico de chocho

En la tabla 17, se presentaron los resultados fisicoquímicos del aislado proteico de chocho, donde se detalla la composición de sus principales componentes en porcentaje, lo que permite analizar su perfil nutricional de manera precisa.

**Tabla 17. Resultados fisicoquímicos del aislado proteico de chocho**

Indicador	%
Humedad Total	22,87
Proteína	52,19

Fibra	4,60
Grasa	17,02
Ceniza	5,67
Carbohidratos	23,50

---

**Fuente:** (Huilocamaigua y Lanchimba, 2024).

En la tabla 17, el aislado proteico de chocho presentó un contenido de humedad del 22,87 %, lo que indicó una proporción significativa de agua en su composición. La proteína, con un 52,19 %, fue el componente principal. La fibra alcanzó un 4,60 %, mientras que la grasa representó el 17,02 %. Las cenizas, con un 5,67 %, reflejaron la presencia de minerales, y los carbohidratos, con un 23,50 %, completaron su perfil composicional. Estos datos mostraron una distribución equilibrada de los principales componentes del aislado.

El contenido de proteína del aislado de chocho (52,19 %) fue comparable o incluso superior al de muchos aislados proteicos vegetales comercializados. Según los datos de NOW Foods (2015), algunos aislados de proteína de soya el valor es 30 %, donde presentaron contenidos de proteína similares o ligeramente inferiores, este alto contenido de proteína posicionó al aislado de chocho como una excelente alternativa para individuos que buscaron aumentar su ingesta de proteínas de origen vegetal.

El contenido de grasa del aislado de chocho (17,02 %) fue ligeramente superior al de algunos aislados proteicos vegetales comercializados, como ciertos aislados de proteína de chícharo tienen un valor 16,50 % (Caizaguano, 2022), ya que es importante considerar que el contenido de grasa puede variar dependiendo del proceso de extracción y purificación utilizado, la presencia de grasas saludables (NOW Foods, 2015).

Las cenizas (5,67 %) indicaron la presencia de minerales en el aislado proteico, aunque se requirió un análisis (Badifu, 2004), más detallado para identificar los minerales específicos presentes, este valor sugirió que el aislado de chocho pudo ser una fuente de minerales esenciales para la salud.

La fibra, aunque relativamente bajo (4,60 %), siguió siendo relevante, ya que la fibra dietética aporta beneficios para la salud intestinal y contribuyendo a mejorar la funcionalidad del aislado proteico en productos alimenticios (Badifu, 2004).

En cuanto al contenido de carbohidratos (23,50 %), este valor puede estar influenciado por la presencia de fibra dietética y de otros compuestos no nitrogenados, la composición de los carbohidratos puede variar dependiendo de las condiciones de cultivo y procesamiento del chochoa (Graziani, 2013).

Sin embargo, el contenido de humedad, con un 22,87 %, pudo indicar la necesidad de optimizar los procesos de secado para obtener un producto más estable y con una vida útil más prolongada según, (Toapanta, 2023), estudios previos sugieren que un menor contenido de humedad pudo contribuir a una mayor estabilidad del aislado proteico y reducir el riesgo de crecimiento microbiano.

El aislado de proteína de chocho, con un contenido proteico del 52,25 %, confirmó la fuente altamente rica en proteínas, respaldando investigaciones previas, como las realizadas por Chiriguaya (2020) quien resaltó el potencial del chocho en productos funcionales debido a su destacado valor nutricional.

#### **2.10.4. Resultados de aminoácidos del aislado proteico de chocho**

La tabla 18 mostró los aminoácidos presentes en el aislado proteico de chocho, destacando los componentes que forman parte de su composición nutricional.

**Tabla 18.** *Resultados de aminoácidos del aislado proteico de chocho*

<b>Parámetros</b>	<b>Aislado proteico de chocho (%)</b>
Histidina	0,28
Aspártico	0,55
Prolina	0,50
Metionina	0,05

Glutámico	1,92
Serina	0,10
Fenilalanina	0,48
Lisina	0,27
Treonina	0,25
Leucina	0,60
Glicina	0,46
Triptófano	0,01
Valina	0,33
Cisteína	—
Alanina-Tirosina	0,31
Isoleucina	0,41
Arginina	0,89

---

**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

En la tabla 18, el análisis de aminoácidos del aislado proteico de chocho reveló que el ácido glutámico fue el componente más abundante, con un porcentaje de 1,92 %, seguido de la arginina con 0,89 % y la leucina con 0,60 %. También se destacaron el ácido aspártico con 0,55 % y la prolina con 0,50 %. Por otro lado, la metionina y el triptófano se encontraron en cantidades muy bajas, con 0,05 % y 0,01 %, respectivamente. No se registró presencia de cisteína en la composición.

Según Rosero Bernal (2017), el ácido glutámico interviene en múltiples reacciones enzimáticas de transaminación, útiles para formar otros aminoácidos. También contribuye en aspectos como la nutrición humana, agente terapéutico, saborizante ácido y en cosméticos.

La arginina se clasifica como un aminoácido semiesencial o condicional en infantes y niños en crecimiento, así como en adultos que sufren estrés catabólico o disfunciones del intestino delgado y el riñón, puesto que requieren ingerir para complementar la síntesis endógena, los aminoácidos no esenciales o condicionales son de alta prioridad funcional; se ha demostrado que la arginina es

de vital importancia en la vasodilatación, la liberación de calcio, la neurotransmisión, la proliferación celular, la regeneración rápida de adenosina trifosfato, las actividades secretoras y la inmunidad (Peranzoni et al., 2008)

Varios hallazgos apoyan la importancia de la arginina en procesos como fertilidad, desarrollo neonatal, curación de heridas e integridad de los tejidos; incluso se ha informado que la metilación de la arginina contribuye a la patogénesis de enfermedades pulmonares (Zakrzewicz et al., 2012).

La leucina juega un rol importante en el rendimiento físico de los deportistas, en la degradación del tejido muscular por el envejecimiento natural y el anabolismo muscular (González Álvarez y Mejías Peña, 2018).

Este aminoácido no es sintetizado naturalmente por el cuerpo, depende en gran medida de la dieta y de los suplementos dietarios que suministren la cantidad necesaria para el funcionamiento normal del cuerpo (Campbell et al., 2012)

La leucina como aminoácido esencial juega un rol clave en la síntesis de proteína muscular/miofibrilar (MPS), por lo cual se le da importancia al anabolismo en los ejercicios de fuerza, además de su función como activador de la MPS, interactúa directamente con la insulina, influyendo en el suministro de energía muscular, y por ende, teniendo un efecto positivo en la salida total de energía de los músculos (González Álvarez y Mejías Peña, 2018).

El ácido aspártico se sintetiza a partir de oxalacetato y un donante del grupo amino, además, estimula la actividad celular, protege el hígado y ayuda a la función del ARN y ADN (Palomino Palomino, 2024).

Cultivos, como el guisante, la lenteja, el lupino, el garbanzo y los frijoles, contienen una alta presencia de aminoácidos esenciales como, la leucina, el ácido aspártico, el ácido glutámico y la arginina, lo que proporciona una adecuada nutrición a los seres humanos si se integran de manera apropiada en la dieta (Singh et al., 2021).

A pesar de los resultados prometedores, se identificaron ciertas limitaciones, la concentración de aminoácidos esenciales en el aislado proteico de chocho podría optimizarse mediante la

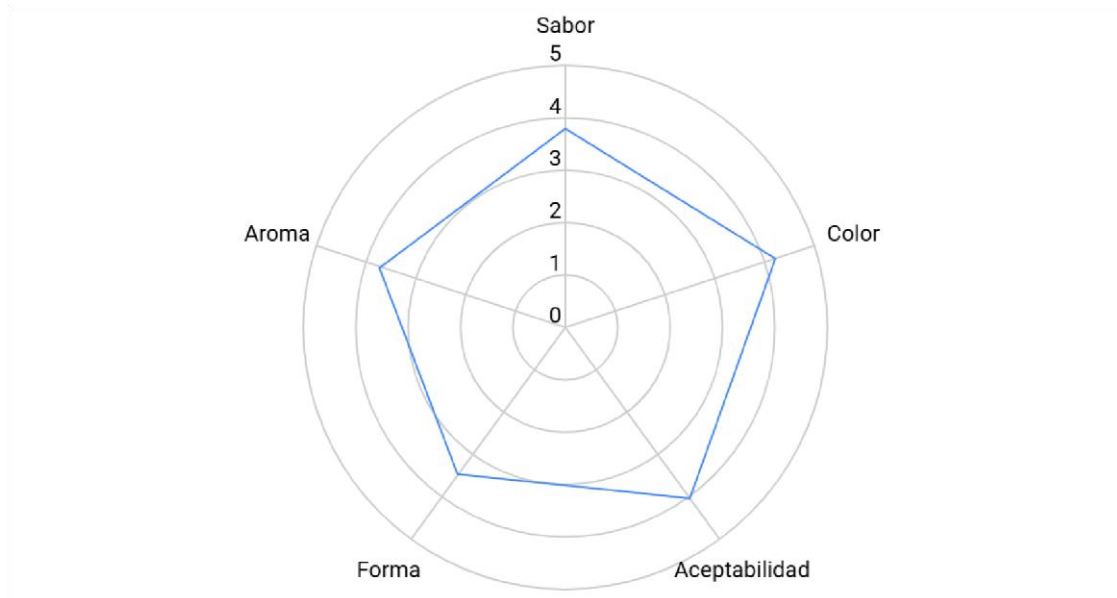
incorporación de fuentes proteicas complementarias. Además, es necesario perfeccionar el proceso de producción para garantizar su escalabilidad y viabilidad a nivel industrial, otro aspecto a considerar es la estabilidad del producto a largo plazo, que requerirá estudios adicionales para evaluar su vida útil bajo diversas condiciones de almacenamiento, se observó una baja concentración de aminoácidos esenciales como metionina y triptófano, lo que indicó la necesidad de complementar su perfil proteico.

#### **2.10.5. Análisis sensorial de la barra energética**

En el anexo 6, se evidenciaron los resultados del análisis sensorial realizado por 25 catadores no entrenados con una repetición, donde se evaluaron los parámetros de sabor, color, aceptabilidad, forma y aroma de la barra energética. En relación a 5 niveles de aceptación, se presentaron como: 1 “Me disgusta mucho”, 2 “Me disgusta”, 3 “Me es indiferente”, 4 “Me gusta” y 5 “Me gusta mucho” los niveles de degustación.

La figura 7, mostró los resultados del análisis sensorial, donde se detallaron los promedios, lo que nos indicó una buena aceptación por parte de los catadores no experimentados, el promedio del sabor fue de 3,78 indicando estar ligeramente por encima de “Me gusta” en la escala hedónica de 5 puntos, lo que indica en general que el sabor es agradable, el promedio del color fue de 4,22, lo que indicó una buena aceptación por los catadores, ubicándolo cercano a "Me gusta mucho" en la escala hedónica de 5 puntos, por otra parte, se obtuvo un promedio de aceptabilidad 4,04 esto indicó que la combinación de sabor, color, aroma y forma resultó por parte de los catadores como nivel de aceptabilidad cercano a "Me gusta", para los catadores en la escala hedónica de 5 puntos, por otra parte, el promedio de aroma 3,72, acercándose al nivel 4 de aceptabilidad como “Me gusta”, estos resultados indicaron una buena aceptación de la barra energética ya que el promedio de los parámetros evaluado fueron cercanos al nivel de aceptación 4, sin embargo, se podría mejorar la experiencia sensorial general en la escala hedónica de 5 puntos en relación a los parámetros sensoriales de la barra energética, realizando mejoras en la formulación y realizando la escala hedónica con catadores entrenados para productos relacionados con una barra energética.

**Figura 7.** Perfil sensorial de la barra energética a base de aislados de proteína y harinas precocidas



**Fuente:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

El desarrollo de una barra energética utilizando aislado de proteína de chocho, junto con harinas de quinua y cebada, representó un avance importante en el ámbito de los alimentos funcionales, satisfaciendo la creciente necesidad de opciones nutritivas y sostenibles. Los hallazgos de esta investigación destacaron que los aspectos sensoriales de la barra energética no solo mejoraron el perfil nutricional, sino que también favorecieron la aceptación del producto, este enfoque coincide con estudios como el de Amancha (2020), que evidenció cómo estos ingredientes enriquecieron las propiedades nutricionales y funcionales en diversos productos alimenticios, este tipo de iniciativas no solo fortalecieron la soberanía alimentaria, sino que también impulsaron el desarrollo económico.

Los hallazgos de esta investigación tuvieron un impacto significativo en el ámbito de los alimentos funcionales, la barra energética no solo satisface las demandas de los consumidores modernos, enfocados en opciones saludables y sostenibles, sino que también posicionó a ingredientes locales como alternativas competitivas en mercados internacionales.

### **3. IMPACTOS DEL PROYECTO**

Innovando en el campo de la nutrición, este proyecto se centró en explorar las potencialidades del chocho como fuente de proteína. A través de un análisis detallado de su aislado proteico, se buscó impulsar el desarrollo de productos alimenticios más nutritivos y sostenibles, generando así beneficios a nivel técnico, social, económico y ambiental.

#### **3.1. Técnico**

Gracias a la optimización del proceso de extracción, se logró preservar la alta concentración de proteínas del chocho, convirtiéndolo a la barra energética en una fuente nutricional de gran valor, al mismo tiempo, se garantizó la eliminación de la lupanina mediante el análisis de perfil de aminoácidos, una sustancia tóxica presente en la harina, asegurando así la inocuidad del producto final y su aptitud para el consumo humano.

#### **3.2. Social**

El aislado proteico de chocho fue una valiosa fuente nutricional que proporcionó proteínas y otros nutrientes esenciales, al incorporarlo a la barra energética, se pudo fortalecer la alimentación de personas adultas y niños, estos alimentos enriquecidos podrían contribuir a mantener una salud saludable y prevenir problemas de salud, por tanto el aislado proteico de chocho es un ingrediente clave para una dieta balanceada y saludable.

#### **3.3. Ambiental**

Al transformar un subproducto en un producto útil, se contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la necesidad de pesticidas químicos y se optimizó el uso de recursos naturales. Además, al mejorar la eficiencia de los procesos, se minimizó el consumo energético.

#### **3.4. Económico**

Al descubrir las propiedades únicas del aislado proteico de chocho, se dió paso a varias posibilidades para crear nuevos alimentos saludables y atractivos. Esta innovación no solo diversificó la oferta alimentaria, sino que también podría posicionarse en un mercado cada vez más exigente, donde los consumidores buscan productos con valor agregado y dónde estarían

dispuestos a pagar más por opciones más saludables, de esta manera se podría generar mayores ingresos, donde se podría mantener la competitividad en la industria.

#### 4. RECURSOS Y PRESUPUESTO

La tabla 19, indicó los costos de la investigación sobre el proyecto, donde se destacaron los costos de la materia prima, materiales, reactivos, equipos, valores de análisis proximales y perfil de aminoácidos, otros gastos y el valor total de la investigación.

**Tabla 19.** *Presupuesto del proyecto de investigación*

RECURSOS	CANTIDAD	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>Materia Prima</b>				
Harina de chocho ( <i>Lupinus mutabilis sweet</i> )	12	Kg	5,50	66,00
Total				66,00
<b>Materiales</b>				
Bowl de acero inoxidable	5	U	4,23	21,15
Batidor de acero inoxidable	1	U	1,00	1,00
Tamizador	1	U	3,00	3,00
Probeta graduada de vidrio de 100 mL	1	U	7,60	7,60
Vasos de precipitación	5	U	4,00	20,00
Papel filtro	1	U	1,50	1,50

Papel aluminio	1	U	3,00	3,00
Papel antigrasa	1	U	3,00	3,00
Pipeta	1	U	7,00	7,00
Cuchara	2	U	0,50	1,00
Bandeja metálica	1	U	5,00	5,00

Total				73,25
-------	--	--	--	-------

**Reactivos**

Agua destilada	4	L	0,60	2,40
Agua purificada	4	L	2,00	8,00
Bicarbonato	0,25	Kg	3,15	3,15
Vinagre de manzana	3	L	9,90	29,70
Total				43,25

**Equipos**

Deshidratador	24	Horas	2,00	48,00
Balanza analítica	3	Horas	1,00	3,00
Cocina de inducción	1	Horas	1,50	1,50

Termómetro	1	U	15,00	15,00
Medidor de pH	1	U	7,94	7,94
Total				75,44
<b>Análisis fisicoquímicos de la especie</b>				
Humedad	Especie Local	Análisis fisicoquímicos realizados en laboratorio de Multianalítica S.A.	74,75	74,75
Proteína				
Grasa				
Ceniza				
Carbohidratos Totales				
Calorías				
Fibra bruta				
Total				74,75

<b>Análisis fisicoquímico del tratamiento óptimo</b>				
Humedad	Especie Local	Análisis fisicoquímicos realizados en laboratorio de Multianalítica S.A.	74,75	74,75
Proteína				
Grasa				
Ceniza				

Carbohidratos Totales				
Calorías				
Fibra bruta				
Total				74,75
<b>Análisis instrumental de perfil de aminoácidos del tratamiento óptimo</b>				
Histidina	Especie Local	Análisis instrumental realizado en laboratorio de Multianalítica S.A.	345,00	345,00
Aspártico				
Prolina				
Metionina				
Glutámico				
Serina				
Fenilalanina				
Lisina				
Treonina				
Leucina				
Glicina				
Triptófano				

Valina				
Cisteína				
Alanina-Tirosina				
Isoleucina				
Arginina				
Total				345,00
<b>Otros gastos</b>				
Internet	3	Meses	20,00	60,00
Alimentación	40	Días	3,50	140,00
Transporte	60	Días	2,50	150,00
Luz	120	KW/h	0,09	10,80
Impresiones	400	Hojas	0,10	40,00
Anillados	4	\$	1,50	6,00
Copias	50	Hojas	0,05	2,50
Total				409,30
<b>Total de presupuesto</b>				
Total				1161,74

**Elaborado por:** (Huilcamaigua y Lanchimba, 2024).

## 5. CONCLUSIONES

- La caracterización de la harina de chocho reveló que esta posee un alto contenido proteico del 37,47 %, lo que la convierte en una fuente valiosa de proteínas vegetales. Además, se identificó un contenido significativo de fibra (8,37 %) y grasa (18,21 %), lo que resalta su potencial como ingrediente funcional en la formulación de productos alimenticios. Estos resultados confirman que la harina de chocho es una excelente opción para el desarrollo de alimentos nutritivos y funcionales.
- La optimización del proceso de aislamiento de proteína de chocho permitió identificar las condiciones óptimas de pH y tiempo para maximizar el rendimiento proteico. Se determinó que un pH de 4,0 y un tiempo de 720 min son las condiciones ideales, logrando un contenido proteico del 52,19 % en el aislado. Este hallazgo es crucial para la producción eficiente de aislados proteicos de alta calidad, que pueden ser utilizados en la elaboración de barras energéticas y otros productos alimenticios.
- La evaluación del aislado de proteína de chocho mostró un perfil nutricional equilibrado, con un contenido proteico del 52,19 %, fibra (4,60 %), grasa (17,02 %)

y carbohidratos (23,50 %). Además, el análisis de aminoácidos reveló la presencia de aminoácidos esenciales como la arginina (0,89 %) y la leucina (0,60 %), lo que subraya el valor nutricional del aislado. Estos resultados demuestran que el aislado de proteína de chocho es una fuente rica en nutrientes esenciales, adecuada para su inclusión en productos alimenticios funcionales.

- El uso del aislado proteico de chocho en la elaboración de barras energéticas, junto con harinas precocidas de cebada y quinua, demostró ser una estrategia efectiva para mejorar el valor nutricional de las barras. Las propiedades sensoriales obtenidas en la barra energética, como sabor, textura y aceptabilidad, indicaron una alta aceptación por parte de los consumidores. Esto sugirió que la combinación de estos ingredientes no solo mejora el perfil nutricional del producto, sino que también asegura su viabilidad comercial y preferencia entre los consumidores. Estos resultados reforzaron la viabilidad de incorporar ingredientes locales y de alto valor nutricional en productos alimenticios funcionales.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Investigar otro tipo de metodologías sobre la extracción de aislados de proteína, potenciando posibles mejoras en el proceso de extracción, así como los diferentes tipos de reactivos que podrían utilizarse en la extracción.
- Realizar análisis proximales sobre las formulaciones de la barra energética debido a que es necesario para comprender los valores energéticos que podría aportar la barra energética en la alimentación dentro de comunidades donde la desnutrición crónica sigue presente.
- Desarrollar nuevas estrategias para la barra energética, aprovechando su perfil nutricional superior y su riqueza en aminoácidos. El aislado proteico de chocho puede ser incorporada en diferentes productos, como galletas entre otros, para ofrecer opciones nutritivas y funcionales a los consumidores, la investigación continúa en la formulación de estos productos puede contribuir a innovaciones en la industria alimentaria, promoviendo la salud y el bienestar de la ciudadanía ecuatoriana.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (2011a). Method 925.10: Solids (Total) and Loss on Drying (Moisture) in Flour. In Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed., p. 1). Gaithersburg.
- AOAC. (2011b). Method 2001.11 Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseed. In Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed., pp. 34–37). Gaithersburg: AOAC International.
- AOAC. (2011c). Methods 2003.05 Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages. In Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed., pp. 41–43). Gaithersburg.
- AOAC. (2011d). Method 923.03 Ash of Flour. In Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed., p. 2). Gaithersburg.
- Armijo Martínez, S. (2022). Análisis de los perfiles de aminoácidos y compuestos fenólicos de mieles de México como estrategia para la determinación del origen geográfico. Universidad Autónoma De Nuevo León. Facultad de Medicina, pp. 18 - 19. <http://eprints.uanl.mx/24004/1/1080328574.pdf>

Burgos, J. (30 de Octubre de 2014). CHOCHO; HARINA DE CHOCHO. Obtenido de

<https://jenifferburgos.weebly.com/el-chocho/harina-de-chocho>

Caiza Ayala, J. E. (2011). Obtención de hidrolizado enzimático de proteína de chocho

(*Lupinus mutabilis sweet*) a partir de harina integral. Revista Politécnica, Vol.

29(1): 70–77. [https://doi.org/RP-No.29%20\(9\)](https://doi.org/RP-No.29%20(9))

Campbell, B., Wilborn, C., La Bounty, P., & Wilson, J. (2012). Nutrient Timing for

Resistance Exercise. *Strength & Conditioning Journal* (Allen Press), 34(4), 2–10

9p. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182558e16>

Castillo-Portela, G., Villar-Delgado, J., Montano-Martínez, R., Martínez, C.,

Pérez-Alfocea, F., Albacete, A., Sánchez-Bravo, J., y Acosta-Echeverría, M. (2011).

Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el

FITOMAS-E ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 45, núm. 1,

pp. 64-67. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223122251008>

Chaquilla-Quilca, G., Balandrán-Quintana, R. R., Mendoza-Wilson, A. M., y Mercado-

Ruiz, J. N. (2017). propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *Biotechnología y ciencias agropecuarias*, 12, 137- 147.

Chen, F., Liu, C., Hao, L., & Yang, C. (2020). Study on Extraction of Peanut Protein and

Oil Bodies by Aqueous Enzymatic Extraction and Characterization of Protein.

*Hindawi*, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2020/5148967>

Ciatej MX. (2023). Ingredientes funcionales en barras energéticas.

<https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Ingredientes-funcionales-en-barras-energeticas/249>

De Piante Vicin, D., y Lopez, M. (s/f). Conservación de Alimentos. Instituto de

Desarrollo Tecnológico para la Industria Química.

[https://intec.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/15/2019/09/depiante\\_conservacion\\_de\\_alimentos\\_201909.pdf](https://intec.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/15/2019/09/depiante_conservacion_de_alimentos_201909.pdf)

Elsouhaimy S, A., Refaay T, M., & Zaytoun M, A. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Science*. 60(2):297-305.

Espinosa Manfugás, J. (2020). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba), pp. 2 - 4.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=heDzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=P6&dq=propiedades+organol%C3%A9pticas+concepto&ots=yjQnYcriZD&sig=NJboY3Pk8W7flPXNgtqKCdBa-JA#v=onepage&q&f=false>

FAO. (2001). El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios. <http://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>.

FAO. (2024). Evaluación nutricional. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/nutrition/evaluacion-nutricional/es/>

FAO. (s/f). Plataforma de información de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao.org. <https://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/biodiversidad-de-la-quinua/es/>

Fon Fay Vásquez, F. M., y Zumbado Fernández, H. (2019). Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales.

[https://www.researchgate.net/profile/Hector-Zumbado-Fernandez/publication/368653469\\_Analisis\\_proximal\\_en\\_alimentos\\_Fundamentos\\_teoricos\\_y\\_tecnicas\\_experimentales/links/63f310cf19130a1a4a92ba7a/Analisis-proximal-en-alimentos-Fundamentos-teoricos-y-tecnicas-experimentales.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hector-Zumbado-Fernandez/publication/368653469_Analisis_proximal_en_alimentos_Fundamentos_teoricos_y_tecnicas_experimentales/links/63f310cf19130a1a4a92ba7a/Analisis-proximal-en-alimentos-Fundamentos-teoricos-y-tecnicas-experimentales.pdf)

- Frías-Navarro y Pascual-Soler (Eds.) (2020). Diseño de la investigación, análisis y redacción de los resultados.
- García Ahued, M. (2014). Análisis sensorial de alimentos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Boletín Científico Pádi Vol 2. No.3. Uaeh.edu.mx.  
[https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/sub\\_menu\\_m.html](https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/sub_menu_m.html)
- Gokhale, J. S., Garg, D., & Chakraborty, S. (2019). Optimizing the extraction of protein from *Prosopis cineraria* seeds using response surface methodology and characterization of seed protein concentrate. LWT - Food Science and Technology, 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108630>
- González Álvarez, Y. A., y Mejías Peña, Y. N. (2018). La leucina en el desempeño deportivo: ejercicios aeróbicos y anaeróbicos. Revista Digital: Actividad Física Y Deporte, 3(2). <https://doi.org/10.31910/rdafd.v3.n2.2017.369>
- Guiipi. (2023). El chocho (*Lupini*) destaca entre los alimentos con proteína. <https://guiipi.org/2023/04/03/alimentos-con-proteina-chocho/>
- Gutierrez, A., Infantes, M., Pascual, G., y Zamora, J. (2022). "Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*)". Agroindustria Science, (Perú).  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1139#:~:text=El%20tarwi%2C%20chocho%20o%20lupino,fibra%2C%20cenizas%20y%20carbohidratos%20respectivamente%3B>
- Hernández, B., Guerra, M., y Rivero, F. (2019). Obtención y caracterización de harinas compuestas de endospermo, germen de maíz y su uso en la preparación de arepas. Revista scielo, 19(2).  
<https://doi.org/10.1590/S0101-20611999000200007>
- Houghton, T. (2021). Aislados proteicos: ¿Tienen cabida en una alimentación basada en plantas sin procesar? Centro de Estudios en Nutrición; T. Colin Campbell Center for Nutrition Studies.

<https://nutritionstudies.org/es/aislados-proteicos-tienen-cabida-en-una-alimentacion-basada-en-plantas-sin-procesar/>

Jaimes, J., Retrepo, D., y Acevedo, D. (2012). Propiedades funcionales de aislados proteicos de leguminosas. *ReCiTeIA*, 11(2), 22-32. Recuperado de: <http://revistareciteia.es.tl>

Juárez, M. y Perote, P. (2010). Alimentos saludables y de diseño específico: alimentos funcionales, pp. 1-210. Madrid, España.

Lamsal, B. P., Rahman, M. M., Byanju, B., & Grewell, D. (2020). High-power sonication of soy proteins: Hydroxyl radicals and their effects on protein structure. *Ultrasonics - Sonochemistry*, 1-10.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105019>

León Morejón, S. E., y Moncayo Palchisaca, D. V. (2022). Influencia Punto Isoeléctrico en el Rendimiento de Aislados Proteicos de Origen Vegetal. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 3(6), 69–78. <https://doi.org/10.56519/paapr542>

Malagié, M., Jensen, G., Graham, J. C., y Smith, D. L. (s/f). *Industria Alimentaria. Visión general y efectos sobre la salud. Procesos de la industria alimentaria. Enciclopedia De Salud y Seguridad En El Trabajo. No.3. Vol 67(2).*  
<https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+67.+Industria+alimentaria>

Manrriquez, J. A. (2024). Control de Calidad de Insumos y Dietas Acuícolas. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos - su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. *Fao.org*.  
<https://www.fao.org/4/ab482s/ab482s08.htm#:~:text=La%20digestibilidad%20es%20una%20forma,sustancias%20%C3%BAtiles%20para%20la%20nutrici%C3%B3n.>

Márquez-Villacorta, L. F., y Pretell-Vásquez, C. C. (2018). Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína.

Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 16(2), 67-78.

<https://doi.org/10.18684/bsaa.16n2.1167>

Melgarejo, M., Galeano, A., Maidana, E., Franco, R., Mendoza, M., Silvero, O., y Da Silva, M. (2020). Efecto de diferentes densidades de siembra sobre las características agronómicas del sésamo (*Sesamum indicum* L.) en el distrito de Curuguaty. Revista IDESIA, 38(3), 107 - 112.  
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v38n3/0718-3429-idesia-38-03-107.pdf>

Mínguez, M. y Pérez, A. (2009). Características químicas nutricionales y funcionales de los alimentos. AGROCSIS, 24(2), 11-20. Recuperado de

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/5756/1/IG\\_AGROCSIS\\_5.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/5756/1/IG_AGROCSIS_5.pdf)

Minkevičius, K., Vengalis, R., Piličiauskienė, G., Poškienė, J., Pilkauskas, M., & Vėlius, G. (2024). Agricultural development in the southeastern Baltic region from the late Bronze Age to the medieval period: a case study of Kernavė, southeast Lithuania. Vegetation History and Archaeobotany.

<https://doi.org/10.1007/s00334-024-01016-5>

Morris Jr, S. M. (2006). Arginine: beyond protein. The American journal of clinical nutrition, 83(2), 508S-512S.

Moreno Sanguña, V. A. (2016). Validación del protocolo de control interno de calidad para la producción de semilla de quinua variedad (INIAP Tunkahuan), bajo dos tipos de fertilización, Cadet. (Trabajo de titulación) (Ingeniería Ciencias Agrícolas) Universidad del Ecuador, Quito, Ecuador. pp. 27-29.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7987/1/T-UCE-0004-18.pdf>.

Olivera, M. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. Revista chilena de

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071775182012000300003&script=sci\\_arttext&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071775182012000300003&script=sci_arttext&tlng=e)

OMS. (2023). Aditivos alimentarios. Who.int; World Health Organization: WHO.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>

- Orgaz Garcia, G. (2020). Adaptación de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) a las condiciones agroecológicas de la zona centro peninsular. (Trabajo de titulación) (Ingeniería Agrícola) Universidad Politécnica de Madrid, España. pp. 10-13.  
[https://oa.upm.es/65953/1/TFG\\_GABRIELA\\_ORGAZ\\_GARCIA.pdf](https://oa.upm.es/65953/1/TFG_GABRIELA_ORGAZ_GARCIA.pdf).
- Palomino Palomino, G. C. (2024). Concentración de aminoácidos en harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de dos edades de rebrote.
- Peralta I., Eduardo, Villacrés, E., y Mazón, N. (2019). Granos andinos: Quinua, chocho, amaranto y ataco valor nutricional y funcional. Iniap.gob.ec.  
[https://doi.org/\\*EC-INIAP-BEESC-MGC.%20Quito%20\(INIAP/BD-430\)](https://doi.org/*EC-INIAP-BEESC-MGC.%20Quito%20(INIAP/BD-430))
- Peranzoni, E., Marigo, I., Dolcetti, L., Ugel, S., Sonda, N., Taschin, E. & Zanovello, P. (2008). Role of arginine metabolism in immunity and immunopathology. *Immunobiology*, 212(9-10), 795-812.
- Pogo Toledo, S. C. (2013). “Análisis de la Quinua como elemento de Identidad Gastronómica y Cultural Andina”. Propuesta innovadora de resurgimiento en la cocina de vanguardia. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias de la Hospitalidad. Carrera de gastronomía.  
<https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8be5c9fd-cbf6-4757-b453-06d996a9ee5d/content>
- Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., y Cruz, E. (2020). La cebada (*Hordeum vulgare L.*): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Manual No.116. Primera Edición.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%2011%20La%20Cebada.pdf>
- Reyes-Ruiz, L. y Carmona Alvarado, F. A. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio.

- Reyna, N. (2018). Formulación de barras nutricionales con proteínas lácteas: índice glucémico y efecto de saciedad. *Nutrición Hospitalaria*, 33 (2), 395-400.
- Rico, D., y Martín-Diana, A. B. (2023). Nutraceuticos y Alimentos Funcionales Aliados Para La Salud: La Necesidad de Un Diseño “a Medida”. *Nutr. Clin. Med.*, 17, 103-118.
- Roldán Acero, D., Omote-Sibina, J. R., Molleda Ordoñez, A., y Olivares Ponce, F. (2022). Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota. *Revista de Investigaciones Altoandina*, 24(1), 17–26. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v24n1/2313-2957-ria-24-01-17.pdf>
- Rosero Bernal, A. (2017). Obtención y purificación de ácido glutámico a partir de hidrolizados de raquis de palma africana (*elaeis guineensis*), por fermentación con la bacteria *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13032. Project Report. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Salazar, D., Arancibia, M., Silva, D., López-Caballero, M., y Montero, M. (2021). Explorando el potencial de los cultivos andinos para la producción de muffins sin gluten. *Agronomía*, 11(8), 1-22. <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/8/1642>
- Seguí, M. (s.f.). Estructura y propiedades de las proteínas. [https://www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/trabajo\\_matilde.pdf](https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/trabajo_matilde.pdf)
- Sifre, M., Peraire, M., Simó, D., Segura, A., Simó, P., La, P., & Harina, L. (2018). Universitat Per A Majors Seu Del Nord - Sant Mateu. <https://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LA-HARINA.pdf>
- Singh, M., Trivedi, N., Kuma, M., Kuppam, C., Parikh, P., Nikolova, M. P., & Chavali, M. (2021). Plant-based meat analogue (PBMA) as a sustainable food: a concise review. Alemania.

- Saqui Guzman, G. P. (2014). Aplicación de las variedades de chocho de mayor consumo en la sierra centro del Ecuador, en preparaciones innovadoras para la gastronomía ecuatoriana. (Trabajo de titulación) (Gastronomía) Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador. pp. 25.  
<http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1073/1/UISRAEL%20-%20EC-%20ADMH%20-%20378.242%20-%20232.pdf>.
- Stein, J., Naithani, S., Monaco, Mk., Wei, S., Dharmawardhana, P., Kumari, S., Amarasinghe, V., YouensClark, K., Thomason, J., Preece, J., Pasternak, S., Olson, A., Jiao, Y., Lu, Z., Bolser, D., Kerhornou, A., Walts, B., Wu, G., D'eustachio, P., Haw, R., Croft, D., Kersey, Pj., Stein, L., Jaiswal, P., & Ware, D. (2013). Gramene 2013: Comparative plant genomics resources. *Nucleic Acids Res.* 42 (1): 1193-1199. <https://goto.now/D1uVS>
- Suca, G y Susa, E. (2015). "Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial". Departamento Académico de Procesos. (Perú), 18(2), pp. 7.  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11791>
- Suquillo Paucar, C. L. (2018). Evaluación del efecto de microgravedad simulada sobre la obtención de germinados de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) (Trabajo de titulación) (Ingeniería Química y Agroindustrial) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. pp. 27-28.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19407/1/CD-8796.pdf>

Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A., Ortiz, R., Otazu, V., Rea, J., Salas, B., y Zanabria, E. (2019). La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. <http://hdl.handle.net/10625/4118>

Tonato, J. (2023). Elaboración de un dulce de leche endulzado con jarabe de jícama (*smallanthus sonchifolius*) [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/39425/1/CAL%20086.pdf>

USDA. (2019). Food details of Barley, hulled. Cereal Grains and Pasta. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/170283/nutrients>

Velasco, A. M., Roldán, A., y Trujillo-Ramírez, D. (2024). Bioproductos a partir de residuos agroindustriales / Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT. [https://www.researchgate.net/publication/383306936\\_Bioproductos\\_a\\_partir\\_de\\_residuos\\_agroindustriales\\_Libro\\_aprobado\\_por\\_el\\_Consejo\\_de\\_Publicaciones\\_UAT](https://www.researchgate.net/publication/383306936_Bioproductos_a_partir_de_residuos_agroindustriales_Libro_aprobado_por_el_Consejo_de_Publicaciones_UAT)

Vilcacundo, R., & Hernández-Ledesma, B. (2017). "Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*)". ELSEVIER. [En línea] 2017, (Ecuador), 14(01), pp. 2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799316301679>.

Yenque Morales, K. S. (2016). Formulación y caracterización de barras energéticas a base de kiwicha (*Amaranthus caudatus linnaeus*) enriquecidas con concentrado proteico de pota.

Zabaleta Pesantes, A. I. (2018). *Lupinus mutabilis* (Tarwi) Leguminosa andina. Primera Edición. Biblioteca Nacional del Perú n.º 2018-05026, 2018. <https://fondoeditorial.unmsm.edu.pe/index.php/fondoeditorial/catalog/download/216/199/900-1?inline=1>.

Zakrzewicz, D., Zakrzewicz, A., Preissner, K. T., Markart, P., & Wygrecka, M. (2012). Protein arginine methyltransferases (PRMTs): promising targets for the treatment

of pulmonary disorders. International journal of molecular sciences.  
<https://doi.org/10.3390/ijms131012383>

Zenteno Pacheco, S. (2019). Barras de cereales energéticas y enriquecidas con 46 otras fuentes vegetales. Revista de Investigación Universitaria, 3, 58-56.  
<http://revistascientificas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/522>