



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO  
(*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
IngenierDs Agroindustriales

**AutorDs:**

Muñoz Almachi Ana Maria  
Toapanta Caiza Wilma Sofía

**Tutor:**

Rojas Molina Jaime Orlando

**LATAACUNGA – ECUADOR Febrero 2025**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Muñoz Almachi Ana Maria, con cédula de ciudadanía No. 1755270210 y Toapanta Caiza Wilma Sofia, con cédula de ciudadanía No. 0550488043, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**, siendo el Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Ana Maria Muñoz Almachi

C.C: 1755270210

**ESTUDIANTE**

Latacunga, 17 de febrero del 2025



Wilma Sofia Toapanta Caiza

C.C: 0550488043

**ESTUDIANTE**

## **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 **MUÑOZ ALMACHI ANA MARIA**, identificada con cédula de ciudadanía **1755270210** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA 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. - LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**, 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: Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**

**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, **LA 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 **LA 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.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

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

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, 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 incluyendo **LA 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 de **LA 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 se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico 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 en la ciudad 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 tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

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



Ana Maria Muñoz Almachi

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**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 **TOAPANTA CAIZA WILMA SOFIA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550488043** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA 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.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**, 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: Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**

**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, **LA 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 **LA 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.



- 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.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

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

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, 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 incluyendo **LA 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 de **LA 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 se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico 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 en la ciudad 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 tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

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



Wilma Sofia Toapanta Caiza

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**. de Muñoz Almachi Ana Maria y Toapanta Caiza Wilma Sofia, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de febrero del 2025



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

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Muñoz Almachi Ana Maria y Toapanta Caiza Wilma Sofia, con el título del Proyecto de Investigación: **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

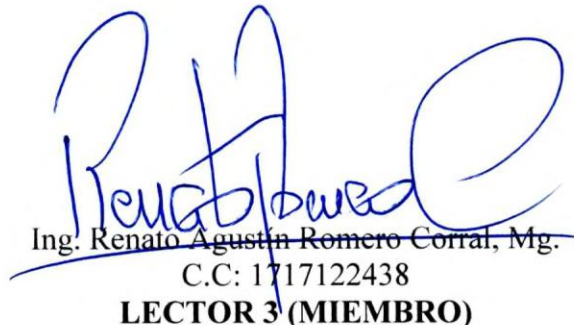
Latacunga, 17 de febrero del 2025



Ing. Franklin Antonio Molina Borja, Mg.  
C.C:0501821433  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg.  
C.C: 0503352122  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.  
C.C: 1717122438  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*En esta tesis quiero agradecer profundamente a todas las personas que me brindaron su apoyo en este camino.*

*Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser el lugar donde crecí intelectualmente y me formé profesionalmente. A mi tutor, Dr. Orlando Rojas por la paciencia y perseverancia que nos brindó dentro de este proceso. A mis profesores que en cada paso por esta prestigiosa institución aportaron sus conocimientos y consejos en mi formación académica.*

*Quiero expresar mi agradecimiento a mi compañera y amiga Sofía Toapanta por su amistad y apoyo en este trabajo de investigación, gracias por ser parte de mi vida y por haber hecho de este viaje académico algo verdaderamente especial.*

**Ana Maria Muñoz Almachi**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios y a la Virgen del Cisne por haberme guiado en este camino tan importante en mi vida, por darme la sabiduría para salir adelante y superar cada obstáculo que se me ha presentado.*

*Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser una institución de excelencia, a mis docentes, quienes compartieron sus conocimientos para contribuir a mi formación profesional, y de manera especial a mi tutor, Dr. Orlando Rojas, por su paciencia y apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto.*

*A mis padres, quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional, sus sabios consejos y su amor infinito. Gracias a su esfuerzo y sacrificio, para yo poder alcanzar este anhelado sueño.*

*A mis hermanos y hermana quienes siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.*

*A mi amiga Ana Muñoz, quien ha sido un pilar fundamental en esta etapa de mi vida, especialmente en los momentos más difíciles. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su capacidad para brindarme fuerzas cuando más las necesitaba han sido invaluable.*

**Wilma Sofía Toapanta Caiza.**

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Lidia Almachi por ser la fuerza y motor de arranque en las situaciones que solo quería arrojar la toalla. Sus palabras de amor y apoyo incondicional siempre me han dado el aliento que necesito para seguir adelante y poder llegar un a ser una mujer tan excepcional como lo es usted.*

*A mi hermana Diana Muñoz por sus consejos y cariño que me alentaban a superarme y no rendirme en el camino.*

*Dedico a mi familia pilar fundamental dentro de este trabajo de investigación a sido un camino duro, pero gracias a su apoyo no he decaído*

*A mi ángel y mayor inspiración que está en el cielo, aunque no este físicamente a mi lado lo está en mi corazón.*

**Ana Maria Muñoz Almachi**

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto de titulación está dedicado con profundo amor y gratitud a mi madre y a mi padre, quienes han sido mi mayor inspiración para alcanzar este importante objetivo en mi vida. A lo largo de este*

*camino, me han brindado su apoyo incondicional y su amor infinito, incluso en medio de nuestras diferencias. Su fortaleza, sacrificio y constante aliento han sido fundamentales para motivarme a luchar por mis metas y superar cada desafío. Gracias por ser mi guía y mi mayor fuente de inspiración.*

*A mis hermanos y hermana por ser un pilar fundamental y demostrarme su apoyo incondicional y amor.*

*A mis queridos abuelitos, que desde el cielo me acompañan y guían con su amor eterno. Siempre soñaron con verme convertida en una profesional, y aunque físicamente ya no estén a mi lado, su recuerdo y sus enseñanzas viven en mi corazón. Sus sabios consejos me inculcaron valores fundamentales, como el respeto, la humildad y la perseverancia, que han sido pilares en mi formación y crecimiento. Hoy, en cada logro alcanzado, los llevo conmigo, honrando su memoria y todo el amor que me brindaron.*

***Wilma Sofia Toapanta Caiza***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA”.**

**Autores:**  
Muñoz Almachi Ana Maria  
Toapanta Caiza Wilma Sofia

## RESUMEN

El chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) es una leguminosa de los Andes del Ecuador, se destaca por su alto contenido de proteínas, fibra y minerales, siendo un alimento clave para la seguridad alimentaria y la nutrición. El objetivo fue obtener un aislado proteico de chocho para su aplicación en la fortificación de galletas. Específicamente, se realizó la caracterización proximal de la harina de chocho. Para la obtención del aislado proteico de chocho se empleó la metodología por ajuste de pH. Se realizaron 16 corridas experimentales basadas en un diseño de superficie de respuesta IV optimal, evaluando los efectos del tiempo (120-180 min) y pH (4,5). Obteniendo los mejores resultados en la corrida experimental 11 con 57,83% de proteína a unas condiciones de tiempo (180 min) y pH (4). Las técnicas incluyeron determinación de humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra y carbohidratos mediante métodos estandarizados (AOAC). El aislado proteico de chocho presentó un perfil nutricional altamente favorable con un 57,8% de proteínas, 40,5% de fibra y 24,2% de carbohidratos. Se realizó un análisis de aminoácidos en donde presentó aminoácidos esenciales como la valina (0,378%) la isoleucina (0,196%) la leucina (0,272%) y la treonina (0,136%) presentes en cantidades moderadas. La galleta fortificada desarrollada mostró un equilibrio sensorial adecuado, con una textura, color y sabor aceptables. El proceso de horneado a 180°C durante 15 minutos conservó las propiedades sensoriales del producto final. Se concluye que la harina y el aislado proteico de chocho demostraron ser ingredientes altamente funcionales y nutritivos, con aplicaciones viables en la fortificación de alimentos.

**Palabras clave:** Proteínas vegetales, fortificación de alimentos, alimentos funcionales, ciencia de los alimentos, nutrición humana.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME:** ‘OBTAINING A CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) PROTEIN ISOLATE FOR COOKIE’S ENRICHMENT’.

**AUTHORS:** Muñoz Almachi Ana Maria  
Toapanta Caiza Wilma Sofia



## ABSTRACT

Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) is a legume from the Andes of Ecuador, known for its high protein, fiber and mineral content, and is a key food for food security and nutrition. The objective was to obtain a protein isolate from chocho for its application in the fortification of biscuits. Specifically, the proximal characterization of chocho flour was carried out. To obtain the chocho protein isolate, the pH adjustment methodology was used. Sixteen experimental runs were carried out based on an optimal IV response surface design, evaluating the effects of time (120-180 min) and pH (4-5). The best results were obtained in experimental run 11 with 57.83 % protein at time (180 min) and pH (4). The techniques included determination of moisture, ash, fat, protein, fiber and carbohydrates by standardized methods (AOAC). The chocho protein isolate presented a highly favorable nutritional profile with 57.8 % protein, 40.5 % fiber and 24.2 % carbohydrate. An amino acid analysis was carried out where essential amino acids such as valine (0.378 %), isoleucine (0.196 %), leucine (0.272 %) and threonine (0.136 %) were present in moderate amounts. The fortified biscuit developed showed an adequate sensory balance, with acceptable texture, color and taste. The baking process at 180°C for 15 minutes preserved the sensory properties of the final product. It is concluded that chocho protein isolate proved to be a highly functional and nutritious ingredient with viable applications in food fortification.

**KEYWORDS:** Plant proteins, Food fortification, Functional foods, Food science, Human nutrition.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....                               | ii   |
| CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR ..... | iii  |
| 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 .....   | xvii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | xviii |
| ÍNDICE DE ECUACIÓN .....   | xviii |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....   | xix   |
| INTRODUCCIÓN.....  | 1     |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL.....  | 2     |
| 2. DISEÑO DE PROYECTO .....  | 3     |
| 2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                   | 3     |
| 2.2. MARCO CONTEXTUAL.....   | 6     |
| 2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                                     | 7     |
| 2.4. OBJETIVOS.....  | 7     |
| 2.4.1. Objetivo general .....  | 7     |
| 2.4.2. Objetivos específicos .....                                     | 7     |
| 2.5. ACTIVIDADES Y TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS ..... | 8     |
| 2.6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....                                      | 11    |
| 2.6.1. Antecedentes .....  | 11    |
| 2.6.2. <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet .....                            | 13    |
| 2.6.3. Taxonomía .....   | 13    |
| 2.6.4. Morfología .....  | 14    |
| 2.6.5. Composición química .....                                       | 14    |
| 2.6.6. Contenido nutricional.....                                      | 15    |
| 2.6.7. Desamargado del chocho .....                                    | 16    |
| 2.6.8. Alcaloides del chocho .....                                     | 16    |
| 2.6.9. Tipos de alcaloides .....                                       | 17    |
| 2.6.10. Harina de chocho .....   | 17    |
| 2.6.11. Beneficios de la harina de chocho.....                         | 18    |
| 2.6.12. Valor nutricional de la harina de chocho .....                 | 18    |
| 2.6.13. Tipos de aislado.....  | 19    |
| 2.6.14. Métodos para obtener el aislado proteico .....                 | 20    |
| 2.6.15. Galleta.....   | 22    |
| 2.6.16. Fortificación de alimentos .....                               | 22    |
| 2.6.17. Enriquecimiento de alimentos .....                             | 24    |
| 2.6.18. Interacción de las proteínas con otros ingredientes .....      | 24    |

|  |    |
|--|----|
| 2.6.19. Impacto de la Adición de Aislado de Proteína en la Calidad de las Galletas .....                                   | 25 |
| 2.6.20. MARCO CONCEPTUAL .....   | 26 |
| 2.7. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.....   | 27 |
| 2.7.1. Tipos de investigación .....  | 27 |
| 2.7.2. Investigación bibliográfica .....   | 28 |
| 2.7.3. Investigación descriptiva.....  | 28 |
| 2.7.4. Investigación experimental.....   | 28 |
| 2.7.5. Técnicas e instrumentos de investigación.....   | 29 |
| 2.7.6. Metodología .....   | 29 |
| 2.7.7. Determinación de ceniza .....   | 30 |
| 2.7.8. Determinación de grasa.....   | 31 |
| 2.7.9. Determinación de proteína .....   | 32 |
| 2.7.10. Determinación de fibra.....  | 33 |
| 2.7.11. Determinación de carbohidratos .....   | 33 |
| 2.7.12. Determinación del perfil de aminoácidos (HPLC).....  | 33 |
| 2.7.13. Diagrama de flujo de la elaboración de harina de chocho INIAP-450 Andino .....                                     | 38 |
| 2.7.14. Metodología para la obtención de harina de chocho INIAP-450 Andino .....   | 39 |
| 2.7.15. Diagrama de flujo elaboración de aislado metodología ajuste de pH .....  | 41 |
| 2.7.16. Metodología para la obtención del aislado proteico .....   | 42 |
| 2.7.17. Diagrama de flujo elaboración de galletas.....   | 44 |
| 2.7.18. Metodología para la elaboración de las galletas fortificadas con aislado proteico de chocho INIAP-450 Andino ..... | 45 |
| 2.8. HIPÓTESIS O PREGUNTAS CIENTÍFICAS .....   | 46 |
| 2.8.1. Extracción de aislado proteico de chocho en función al tiempo y pH .....  | 46 |
| 2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL .....   | 46 |
| 2.9.1. Corridas experimentales.....  | 48 |
| 2.9.2. Cuadro de variables .....   | 49 |
| 2.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....   | 50 |
| 2.10.1. Análisis proximal de la harina de chocho .....   | 50 |
| 2.10.2. Matriz experimental para la obtención de un aislado de proteína de chocho .....                                    | 52 |
| INIAP-450 Andino.....  | 52 |
| 2.10.3. Análisis proximal del aislado de proteína de chocho .....  | 58 |
| 2.10.4. Análisis de aminoácidos del aislado de proteína de chocho INIAP - 450 Andino. 59 .....                             | 60 |
| 2.10.5. Análisis de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho .....   | 63 |
| 2.10.6. Nivel de aceptación de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho66 .....                            | 67 |
| 3. IMPACTOS DEL PROYECTO.....  | 70 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 4. RECURSOS Y PRESUPUESTO..... | 72 |
| 5. CONCLUSIONES .....          | 80 |
| 6. RECOMENDACIONES .....       | 81 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA .....          | 82 |
| 8. ANEXOS .....                | 84 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Sistema de tareas planteadas.  | 8  |
| Tabla 2. Taxonomía del chocho   | 13 |
| Tabla 3. Contenido nutricional del chocho   | 14 |
| Tabla 4. Alcaloides presentes en el chocho.   | 16 |
| Tabla 5. Composición nutricional de la harina de chocho   | 18 |
| Tabla 6. Tipos de fortificación   | 22 |
| Tabla 7. Formulación para elaboración de galletas   | 44 |
| Tabla 8. Descripción del diseño de superficie respuesta para el proceso de extracción de aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino | 46 |
| Tabla 9. Cuadro de variables para la obtención de aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino.                                       | 49 |
| Tabla 10. Caracterización química proximal de la harina de chocho   | 50 |
| Tabla 11. Matriz experimental para la obtención de un aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino                                    | 52 |
| Tabla 12. Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína  | 54 |
| Tabla 13. Pronóstico de optimización para la obtención del aislado de proteína de chocho en función del tiempo y pH                     | 56 |
| Tabla 14. Caracterización química proximal del aislado de proteína de chocho  | 57 |
| Tabla 15. Aminoácidos identificados en el aislado proteico de chocho INIAP 450 Andino   | 59 |
| Tabla 16. Formulación para la elaboración de galletas   | 62 |
| Tabla 17. Análisis organoléptico de la galleta  | 64 |
| Tabla 18. Resultados obtenidos en la encuesta de aceptación de la galleta fortificada.  | 66 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Contenido de proteína   | 55 |
| Figura 2. Cromatografía de aminoácidos identificados en el aislado proteico de chocho INIAP |    |

**INDICE DE GRAFICOS**

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 Nivel de aceptación de las galletas fortificadas       | 67 |
| Gráfico 2. Porcentaje de aceptación de las galletas fortificadas | 68 |

**ÍNDICE DE ECUACIÓN**

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 1. Fórmula para calcular humedad                                       | 29 |
| Ecuación 2. Fórmula para determinar el contenido de ceniza                      | 30 |
| Ecuación 3. Fórmula para determinar el contenido de ceniza en base seca         | 30 |
| Ecuación 4. Fórmula para determinar el contenido de extracto seco               | 31 |
| Ecuación 5. Fórmula para determinar el contenido del extracto de base seca      | 31 |
| Ecuación 6. Fórmula para determinar el contenido de proteína                    | 32 |
| Ecuación 7. Fórmula para la determinación de carbohidratos                      | 33 |
| Ecuación 8. Costo de producción de la galleta con aislado de proteína de chocho | 76 |

## INTRODUCCIÓN

Los aislados proteicos según (Urias, 2020) son de gran importancia para la industria de los alimentos debido a su alto contenido de proteína, el cual puede alcanzar hasta un 90 %, siendo una alternativa para el desarrollo de nuevos productos o bien para la mejora de las características de productos ya existentes. La utilidad de los aislados proteicos depende de las propiedades funcionales que pueda presentar. Los aislados proteicos se pueden extraer mediante el ajuste de pH la cual consiste en una extracción de las proteínas en un rango de pH de 8 a 11, seguido de una precipitación de las principales reacciones proteicas en el punto isoeléctrico 4 a 5.

El chocho, es una leguminosa andina de alto valor nutricional, se caracteriza por su elevado contenido de proteína hasta un 40 % y su perfil equilibrado de aminoácidos esenciales. Tradicionalmente asociado a la alimentación en sectores marginalizados, este grano ha cobrado mayor relevancia gracias a sus beneficios nutricionales y su potencial para combatir la inseguridad alimentaria en poblaciones marginales (Ipial, 2022).

El aprovechamiento del chocho enfrenta desafíos técnicos, como la eliminación de alcaloides amargos y la optimización de métodos para la extracción de proteínas. Estas limitaciones implican tanto su aceptación por parte de los consumidores como su valor agregado en la industria alimentaria (Larenas, 2022).

Por otra parte, la desnutrición infantil representa uno de los mayores retos para la salud pública a nivel global, afectando el desarrollo físico, mental y funcional en los niños (Vassilakou, 2020). Este problema, de gran relevancia social está asociada a factores como el acceso limitado a alimentos de calidad, inequidades ecológicas y sociales, así como a deficiencias en la salud pública (Weisstaub et al., 2024)

Considerando a Cortez et al., 2023 el aislado proteico de chocho es una alternativa viable como ingrediente en la formulación de galletas, es por ello, que se concluye la incorporación hasta en un 25 %

de aislado proteico de chocho en su elaboración permite obtener un producto con buenas características texturales. Además, es una buena fuente de proteína, grasa y fibra cruda; posee un bajo contenido de carbohidratos y buen aporte energético, lo que hace que el aislado proteico de chocho es una excelente materia prima a nivel industrial, por su alto valor nutricional.

Guerra (2020) en su investigación “Análisis proximal y perfil de aminoácidos del aislado proteico de chocho andino ecuatoriano (Fabácea: *Lupinus mutabilis*)” menciona que los aminoácidos de cadena ramificada y el ácido glutámico fueron identificados en un contenido considerable, lo que hace que el aislado sea un candidato para el desarrollo de suplementos nutricionales.

El objetivo de esta investigación es evaluar la composición química proximal y aminoácidos presentes en el aislado proteico de chocho para su aplicación en una galleta identificando el proceso óptimo de extracción.

Por ende, esta investigación busca contribuir significativamente el conocimiento y mejoramiento de los procesos de extracción de proteína de chocho optimizando su valor nutricional y funcionalidad en alimentos procesados como las galletas. Este tipo de alimento, ampliamente aceptados y consumidos se perfilan como medio eficaz para la fortificación nutricional con fines de consolidar su lugar en la dieta moderna y en el mercado de alimentos saludables.

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título de Proyecto:**

“Obtención de un aislado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) para la fortificación de galleta”

**Fecha de inicio:** Octubre del 2024 **Fecha**

**de finalización:** Marzo del 2025

**Lugar de ejecución:**

**Barrio:** Salache Bajo

**Parroquia:** Eloy Alfaro

**Cantón:** Latacunga

**Provincia:** Cotopaxi

**Zona:** 3

**Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Agroindustria

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor de Titulación:** Quim, Rojas Molina Jaime Orlando. Mg.

**Estudiantes:** Muñoz Almachi Ana Maria/ Toapanta Caiza Wilma Sofia

**Línea de investigación:** Desarrollo y seguridad alimentaria

**Sub-Líneas de investigación de la carrera:** Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales

## **2. DISEÑO DE PROYECTO**

### **2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La desnutrición infantil es un desafío para la salud pública, lo que afecta el crecimiento social y el desarrollo mental del niño. La desnutrición infantil es un problema de alcance social que mata la capacidad y el desarrollo integral de una persona. Por lo tanto, es una enfermedad capaz que se manifiesta a través del bajo consumo de alimentos de calidad. Esto se relaciona con un mayor riesgo de enfermedades y lesiones, así como menoscabar el estado nutricional de los niños (Calle, 2021). Latinoamérica es una de las regiones clave donde se perciben las mayores



causas de enfermedades y muertes prevenibles en la infancia, vinculadas a factores sociales, financieros y a una mala salud pública en numerosos países de la región (Gutiérrez, 2022).

En Ecuador, el 27,2 % de los infantes que tienen menos de 2 años enfrentan problemas de desnutrición, consecuencia de una alimentación inadecuada o insuficiente (World Visión Ecuador, 2023). Además, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2023), en el país, el 27,7 % de los niños menores de 2 años sufre de Desnutrición Crónica Infantil (DCI), siendo la región rural de la sierra la que presenta el porcentaje más elevado. En las familias más vulnerables del país, particularmente en el 20 % más desfavorecido, el DCI impacta al 24 % de los niños de esa misma edad, lo que establece una notable diferencia con el 15,2 % de los niños en el 20 % de las viviendas con mayor riqueza. Adicionalmente, las jurisdicciones con mayor DCI son Chimborazo, Bolívar y Santa Elena con 35,1 %, 30,3 % y 29,8 % respectivamente, y aquellos con los índices más inferiores de DCI son El Oro, Los Ríos y Sucumbíos con 9,8 %, 13,3 %, y 14,4 % respectivamente.

Este problema se vincula con el grado de pobreza, la inequidad en el acceso a la alimentación, la deficiente distribución de alimentos en términos de cantidad y calidad, y la falta de acceso y calidad insuficiente de los servicios básicos de higiene. Adicionalmente, la ausencia de educación e información empeora la circunstancia (Castañeda, 2024).

En este caso, los granos originarios de la región andina, como la quinua, el amaranto, el ataco y el chocho, son conocidos por su alto valor nutricional y sus beneficios funcionales para la salud. Estos alimentos se destacan por su rica composición en nutrientes esenciales, lo que los convierte en una opción valiosa para mejorar la alimentación. En particular, el chocho es un grano con excepcionales propiedades nutritivas, lo que lo hace una alternativa viable para las personas con bajos recursos en Ecuador, contribuyendo a la lucha contra la desnutrición y la inseguridad alimentaria en las poblaciones (Navas, 2021).

En Ecuador, el chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) es una leguminosa que se ha cultivado durante millones de años. Sin embargo, durante la época colonial, su consumo disminuyó considerablemente y en las pocas zonas donde se mantenía su ingesta, se le asociaba con una "comida para indígenas", siendo consumido principalmente por los sectores más marginales de la sociedad. No obstante, con el paso del tiempo y con el apoyo de diversas organizaciones nacionales, internacionales y algunas entidades gubernamentales, se ha trabajado en la mejora del manejo del cultivo (FAO, 2016).

Sin embargo, uno de los factores que afectan el consumo del chocho es su cantidad de alcaloides del espécimen quinolizidina, que le otorga un gusto amargo, por lo que, para descartar este sabor, la industria alimentaria ha desarrollado tecnologías de remojo y lavado (Camposano y Delgado, 2019). La falta de metodologías optimizadas para el tratamiento de alcaloides amargos y la precocción eficiente limita las oportunidades económicas de los agricultores y su acceso a mercados lucrativos.

Uno de los métodos de consumo del chocho es mediante extracción de proteínas. Este método contribuye para mejorar la salud de los niños siendo considerado como un super alimento facilitando su incorporación en diversas preparaciones culinarias, mejorando su valor nutricional (Moposita, 2023). Los métodos de extracción de proteína de chocho requieren optimización para asegurar la calidad nutricional y la eficiencia en el uso de recursos. Es así que, la proteína de chocho es un ingrediente versátil que puede incorporarse en diversos alimentos, como pan integral, batidos, galletas, pastas y barras energéticas, mejorando su perfil nutricional al aportar gran porcentaje de proteína. Además, es ideal para productos de panadería sin gluten, ofreciendo una mejor textura y valor nutricional en comparación con otras harinas (Benavides, 2023).

## 2.2.MARCO CONTEXTUAL

Los granos andinos se caracterizan por su excepcionalidad agronómica y adaptabilidad ecológica a las duras condiciones de la zona andina. Pero también, por su alto valor nutritivo, Su importancia no radica solo en su interés como fuente de recursos económicos, sociales, ecológicos y funcionales (Juárez, 2022).

El chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), es una leguminosa autóctona de los Andes, particularmente cultivada en países como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. (RodríguezOrtega et al., 2023). El chocho es una excelente fuente en proteínas, fibra, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales, lo que lo convierte en una alternativa potencialmente valiosa para mejorar la calidad nutricional de la dieta humana. El contenido proteico de (*Lupinus mutabilis Sweet*) es notable, con una concentración de hasta el 40% de proteína en sus semillas, lo que lo coloca como una fuente vegetal de alta calidad (González, 2022).

Además, esta proteína posee un perfil aminoacídico bien equilibrado, lo que le otorga una alta biodisponibilidad y digestibilidad, en comparación con otras fuentes vegetales. Estas propiedades lo hacen una opción perfecta para la obtención de un aislado proteico que pueda ser utilizado en la fortificación de productos alimenticios procesados, como las galletas.

De acuerdo con Benavides (2023), menciona que la extracción y purificación de proteínas a partir de estas leguminosas exhiben un considerable potencial para la obtención de aislados proteicos con aplicaciones en la industria alimentaria y nutricional.

La fortificación de alimentos ha sido una estrategia ampliamente utilizada para combatir deficiencias nutricionales, particularmente en regiones en las que los nutrientes esenciales no están disponibles en cantidades suficientes (Romero, 2021).

En este contexto, las galletas se presentan como un medio accesible y popular que podría beneficiarse de la incorporación de proteínas vegetales, como la del chocho, para aumentar su valor nutricional (Gutiérrez, 2022).

El uso de aislados proteicos de fuentes vegetales en la industria de la panificación no solo tiene el potencial de mejorar la calidad nutricional de los productos, sino también de diversificar las opciones disponibles para consumidores que buscan alternativas alimenticias más saludables y sostenibles (Calle, 2021).

Juárez (2022) menciona que el aislado de proteína de chocho constituye una alternativa factible como componente en la formulación de galletas, por lo que concluye que la inclusión de hasta un 25 % de aislado proteico de chocho en su elaboración permite obtener un producto con excelentes características texturales. Además, constituye una excelente fuente de proteína, grasa y fibra cruda; tiene un contenido reducido de carbohidratos y una adecuada provisión de energía, lo que convierte al aislado proteico de chocho en una materia prima destacada a nivel industrial, debido a su elevado valor nutricional.

El objetivo principal de este estudio es obtener un aislado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) con el propósito de utilizarlo en la fortificación de galletas. Este estudio tiene como finalidad contribuir al desarrollo de productos alimenticios innovadores que sean capaces de ofrecer beneficios nutricionales a un costo accesible y con un impacto ambiental reducido.

### **2.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cómo actúa el tiempo de precipitación y el pH en las fases de extracción por ajuste de pH en la obtención del aislado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet)?

### **2.4.OBJETIVOS**

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

- Obtener un aislado de proteína de chocho (*lupinus mutabilis Sweet*) para la fortificación de una galleta

#### **2.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características proximales de la harina de chocho (*lupinus mutabilis Sweet*).

- Obtener el proceso de extracción de un aislado proteico de harina de chocho (*lupinus mutabilis Sweet*) mediante un proceso de extracción eficiente.
- Caracterizar las propiedades proximales del aislado proteico de chocho (*lupinus mutabilis Sweet*) para evaluar su aplicación en la fortificación de una galleta.
- Desarrollar una formulación base para la fortificación de una galleta con aislado proteico de chocho.

## 2.5.ACTIVIDADES Y TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1.** Sistema de tareas planteadas.

| Objetivos específicos | Actividades | Metodología | Resultados |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|
|-----------------------|-------------|-------------|------------|

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p>Determinar las características proximales de la harina de chocho (<i>lupinus mutabilis Sweet</i>).</p> | <p>Proceso de lavado del chocho variedad INIAP-450 Andino. Deshidratado del chocho INIAP-450 Andino. Molienda del Chocho INIAP.450 Andino. Obtener harina de chocho variedad INIAP-450 Andino.</p> <p>Realizar el análisis químico proximal de la harina de chocho (<i>lupinus mutabilis Sweet</i>).</p> | <p>Humedad. (AOAC/Gravimétrico/AOAC 925.10)</p> <p>Materia seca (AOAC/Gravimétrico/AOAC 925.10)</p> <p>Fibra (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15)</p> <p>Grasa (AOAC/Kjeldahl/AOAC 2000.12)</p> <p>Ceniza. (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03)</p> <p>Proteína. (AOAC/Kjeldahl/AOAC 930.15)</p> <p>Material orgánico (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03)</p> <p>Carbohidratos (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03)</p> | <p>En la tabla 9 se demuestra los resultados del análisis químico proximal de la harina de chocho INIAP-450 Andino</p> |
|---|--|--|--|

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <p>Obtener el proceso de extracción de un aislado proteico de harina de chocho (<i>lupinus mutabilis Sweet</i>) mediante un proceso de extracción eficiente.</p> | <p>Realizar un diseño experimental.</p> <p>Determinación del mejor tratamiento experimental óptimo para la extracción de Aislado Proteico</p> | <p>Metodología de ajuste de pH</p> <p>Aplicación del modelo de optimización numérica de superficie respuesta.</p> | <p>En la tabla 12 se evidencia los resultados del proceso óptimo de extracción de aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino</p> |
|--|---|---|--|

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <p>Caracterizar las propiedades proximales del aislado proteico de chocho (<i>lupinus mutabilis Sweet</i>) para evaluar su aplicación en la fortificación de una galleta.</p> | <p>Realizar un análisis proximal del aislado proteico</p> <p>Caracterización del perfil de aminoácidos presentes en el aislado.</p> | <p>Humedad.<br/>(AOAC/Gravimétrico/AOAC 925.10) Materia seca.</p> <p>Cenizas.<br/>(AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03)</p> <p>Carbohidratos.<br/>(AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03)</p> <p>Proteínas.<br/>(AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11)</p> <p>Fibra.<br/><br/>(AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15)</p> <p>Grasa.<br/><br/>(AOAC/Goldfish/AOAC 920.39)</p> <p>Ceniza.<br/><br/>(AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03)</p> <p>Aminoácidos.<br/>HPLC N°:PA-PH-03</p> | <p>En la tabla 13 se evidencia los resultados del análisis proximal del aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino.</p> <p>En la tabla 14 se evidencia los resultados del perfil de aminoácidos del aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino.</p> |
|---|---|---|---|

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <p>Desarrollar una formulación base para la fortificación de una galleta con aislado proteico de chocho.</p> | <p>Identificar una formulación base.</p> <p>Elaboración de la galleta fortificada con el aislado proteico de chocho</p> <p>Evaluación de aceptabilidad sensorial de la galleta fortificada</p> | <p>Identificar estudios previos sobre la incorporación de proteínas en productos horneados.</p> <p>Análisis sensorial de la Galleta Fortificada mediante escala hedónica en estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi</p> | <p>En la tabla 15 se evidencia la formulación base para la elaboración de galletas fortificadas con aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino.</p> <p>En la tabla 18 se evidencia los resultados de aceptación de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino.</p> |
|--|--|---|---|

Fuente: (Muñoz & Toapanta.,2025)

## 2.6.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.6.1. Antecedentes

La utilización de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), en la obtención de aislados proteicos ha sido objeto de varias investigaciones en los últimos años, debido a sus propiedades nutricionales sobresalientes. Esta leguminosa es rica en proteínas de alta calidad, con un contenido que puede superar el 40% en peso, lo que la convierte en una excelente alternativa para la fortificación de alimentos. Su alto contenido de aminoácidos esenciales, como la lisina, y su bajo nivel de anti nutrientes, como los alcaloides, hacen del chocho una fuente viable para la obtención de proteínas funcionales (Villacrés et al., 2019).

Un estudio con tales características ya fue realizado por Acuña et al (2010) Estos autores determinaron las condiciones óptimas en el laboratorio para obtener los porcentajes más altos de extracción de los aislados e hidrolizados enzimáticos de proteína a partir de harina integral de chocho *Lupinus Mutabilis Sweet*. Las variables evaluadas en la obtención de aislado fueron: pH (8,5; 9,5; 10,5); relación sólida: líquido agua destilada (1/7, 1/9, 1/11) y temperatura de 20



C. Se encontró que la proteína del chocho se precipita en el punto isoelectrico pH 4,5. La proteína se obtuvo por extracción básica pH 10,5 en dos etapas, la primera con relación sólido: líquido 1/11 y la segunda 1/5. El aislado proteico obtenido por acidificación de los dos filtrados a pH 4,5 presentó un contenido de proteína de 78,96 % b.s., y humedad de 4 %. El rendimiento del proceso fue de 42,6 % con una recuperación de proteína del 72,22 %.

También se tiene el respectivo estudio de Paz et al (2022) en el cual se hace el intento de obtener aislados proteicos de quinua obtenida en Boyacá, Colombia, utilizando como materia prima a esta *Chenopodium quinua* variedad blanca Junín en Boyacá, Colombia. Este estudio se realizó sobre 4 métodos: 1) método enzimático en harina precocida de quinua desengrasada con éter de petróleo, 2) precipitación isoelectrica en harina precocida de quinua desengrasada con éter de petróleo, 3) precipitación isoelectrica con aplicación de ultrasonido en harina de quinua desalmidonada, y 4) precipitación isoelectrica en harina precocida de quinua desalmidonada; el que dio mejor resultado fue el tercero, con un 72,4 % recomendado para su uso, ya que los solventes usados en su extracción, que son más eficientes, pueden dejar residuos perjudiciales para el consumidor de alimentos. Con este aislado podrán sacarse suplementos no solo para pacientes desnutridos sino para suplementación a deportes, entre otros.

En la investigación “Análisis proximal y perfil de aminoácidos del aislado proteico de chocho andino ecuatoriano (*Lupinus mutabilis Sweet*)” realizada por Guerra y Pozo (2018), el estudio pretendió aislar el contenido proteico total de los granos del chocho Fabaceae: *Lupinus mutabilis Sweet*. El contenido de macronutrientes ha sido medido a través del análisis proximal: proteína total, carbohidratos, grasa, ceniza y humedad porcentual, 67,25%, 18,67%, 5,95%, 4,12% y 4,01%, respectivamente. El resto de los componentes nutricionales son agua y otros. Se han examinado siete aminoácidos esenciales en el aislado proteico por cromatografía en capa fina y presentar ácido glutámico; treonina; valina; isoleucina; leucina; metionina y triptófano,

esta investigación también predice la presencia de ácido glutámico y aminoácidos de cadena ramificada.

### **2.6.2. *Lupinus mutabilis Sweet***

El chocho, cuyo nombre científico es (*Lupinus mutabilis Sweet*), es una planta leguminosa oriunda de la franja andina de América. Este grano se destaca por su riqueza en proteínas, fibras, minerales y vitaminas, lo cual lo clasifica como un alimento con un notable potencial para fortificar la seguridad alimentaria y nutricional de las colectividades (Tarwi, 2020). En su forma de harina, el chocho contiene entre un 41 % y un 50 % de proteína, además de grasas, carbohidratos, minerales como calcio, fósforo, hierro, y vitaminas como riboflavina (Vitamina B2), niacina (Vitamina B3) y ácido ascórbico (Vitamina C). No obstante, su consumo directo está limitado debido a la presencia de un alcaloide amargo y tóxico llamado lupanina, que se encuentra en toda la planta. Este alcaloide es sintetizado en la parte aérea de la planta y se transfiere a los frutos y semillas a medida que maduran, con una concentración que tiende a disminuir a medida que envejece la hoja, según detallan (Romero, 2021).

### **2.6.3. *Taxonomía***

A Continuación se presenta una tabla de la taxonomía del chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) donde los demuestra al reino que pertenece partiendo desde la división, clase, orden, suborden, familia y género.

**Tabla 2.** *Taxonomía del chocho*

|          |                      |
|----------|----------------------|
| Reino    | Plantae              |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase    | <i>Magnoliopsida</i> |
| Orden    | <i>Fabales</i>       |
| Suborden | <i>Leguminosae</i>   |
| Familia  | <i>Fabácea</i>       |
| Género   | <i>Lupinus</i>       |

Especie

*Lupinus mutabilis* Sweet

---

**Fuente:** (Rodríguez et al., 2024)

En la tabla 2 nos describe la taxonomía del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) de manera jerárquica utilizadas en la biología. El chocho o lupina es una planta perteneciente a la familia Fabaceae, cuyo nombre científico es conocido como *Lupinus spp.*

#### **2.6.4. Morfología**

Es un vegetal anual erguido, con una altura que fluctúa entre 1 y 2,5 metros. Sus hojas presentan una forma desordenada, compuestas por ocho folículos que varían entre formas ovaladas y lanceoladas. El tono de las hojas oscila desde un amarillo verdoso hasta un verde profundo, dependiendo del contenido de antocianina presente en ellas. Las flores son multicolores y exhiben una atractiva coloración púrpura azulado con manchas de color amarillo que resaltan por arriba del follaje, atrayendo a insectos polinizadores como abejas y mariposas, debido al aroma dulce característico de dichas flores. Las vainas son vellosas, aplanadas, con una longitud de 5,0 a 12,0 cm y un diámetro de 2,0 cm, conteniendo de 2 a 6 semillas ovaladas que se calibran entre 0,5 y 1,5 cm .

#### **2.6.5. Composición química**

Los nutrientes que se encuentran en el chocho son proteínas, lípidos, fitoquímicos y alcaloides. Esto contiene carbohidratos oligosacáridos (estaquiosa y rafinosa) donde esta semilla o tiene almidón. Esta semilla es apreciada gracias a su gran cantidad de aminoácidos, fibra dietética y ácidos grasos (Guacho, 2023).

En el chocho el alcaloide afecta en la concentración del contenido de proteína, donde el chocho presenta bajo nivel de relación de eficiencia proteica debido a estos niveles aumentan y estabilizan al suplemento con metionina, lo que hace que la proteína sea similar a la caseína. Por otro lado, el chocho es rico en aminoácidos ayudando a potencializar su calidad nutricional y ser muy apreciado en la nutrición de las personas (Hernández, 2023).

### 2.6.6. Contenido nutricional

Se encuentran cantidades adecuadas de nutrientes en el chocho, uno de los cuales es la proteína que, al combinarse con ciertos tipos de cereales en la dieta diaria; el aminoácido se completa, con lo que el valor proteico es comparable al de la carne y los productos lácteos (González, 2022).

Taramuel (2021) destaca el alto contenido de proteína del chocho amargo y desamargado en el contenido nutricional.

Se presenta el contenido nutricional del chocho tomando en cuenta los parámetros de proteína, grasa, fibra, cenizas, humedad, extracto libre de nitrógeno (ELN), alcaloides, azúcares totales, azúcares reductores, almidón, potasio, magnesio, calcio, hierro, zinc y cobre en el chocho amaro y en el chocho desamargado.

**Tabla 3.** *Contenido nutricional del chocho*

| <b>Parámetros</b>   | <b>Unidades</b> | <b>Chocho amargo</b> | <b>Chocho desamargado</b> |
|---------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|
| Proteína            | %               | 47.8                 | 54.05                     |
| Grasa               | %               | 18.80                | 21.22                     |
| Fibra               | %               | 11.07                | 10.37                     |
| Cenizas             | %               | 4.52                 | 2.54                      |
| Humedad             | %               | 10.13                | 77.05                     |
| ELN                 | %               | 17.02                | 11.62                     |
| Alcaloides          | %               | 3.26                 | 0.03                      |
| Azúcares Totales    | %               | 1.95                 | 0.73                      |
| Azúcares reductores | %               | 0.42                 | 0.61                      |
| Almidón total       | %               | 4.34                 | 2.88                      |
| K                   | %               | 1.22                 | 0.02                      |
| Mg                  | %               | 0.24                 | 0.07                      |
| P                   | %               | 0.12                 | 0.48                      |
| Ca                  | %               | 0.60                 | 0.43                      |
| Fe                  | Ppm             | 78.45                | 74.25                     |

|    |     |       |       |
|----|-----|-------|-------|
| Zn | Ppm | 42.84 | 63.21 |
| Mn | Ppm | 36.72 | 18.47 |
| Cu | Ppm | 12.05 | 7.99  |

---

Fuente:(Arellano, 2021)

En la tabla 3, se puede observar la composición nutricional del chocho componiendo tres minerales importantes. En la alimentación de sectores sociales de nivel económico bajo del Ecuador hay déficit sobre todo en calcio y hierro que ha generado el aumento de anemia crónica y alteraciones debido al bajo aporte de calcio en la alimentación.

### ***2.6.7. Desamargado del chocho***

Este procedimiento es simple y no requiere máquina ni métodos costosos. Para consumo familiar, se remojan aproximadamente tres kilos de chocho en una vasija de 18 litros de agua durante 6 días, periodo en el cual, los granos se hinchan debido al remojo y luego se cocinan aproximadamente durante 3 horas, cambiando el agua cada 30 minutos. El agua amarilla y 17 amarga que se produce puede ser utilizada como repelente de plagas una vez enfriada y embotellada (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2015). Para excluir completamente el sabor amargo luego de realizar la cocción, los granos se escurren, enfrían y sumergen en agua corriente (como un lago, río o manantial) durante 6 días. En áreas urbanas, el proceso se realiza en vasijas de 18 litros con agua potabilizada, cambiando el agua cada seis horas, lo que extiende el proceso a cinco días. El resultado es un grano de chocho con un sabor agradable y sin olor, listo para ser consumido directamente o preparado con otros ingredientes (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2015).

### ***2.6.8. Alcaloides del chocho***

Los alcaloides se encuentran de 1 – 4 % general un sabor amargo en el chocho y es tóxico. Por tal razón. Esto debe ser eliminado de manera adecuada antes de ser consumida. En el caso de la eliminación de los alcaloides consiste en realizar tres procesos importantes: Hidratación de

14 horas, cocción de 50 minutos y desamargado de 3 días con agua en movimiento constante utilizando agua potable (Lisintuña, 2023).

### **2.6.9. Tipos de alcaloides**

A continuación, se presenta una tabla con los tipos de alcaloides presentes en el chocho dándonos valores en porcentajes.

**Tabla 4.** *Alcaloides presentes en el chocho.*

| <b>Alcaloides</b> | <b>Porcentaje</b> |
|-------------------|-------------------|
| Lupanina          | 60 %              |
| 13-hidroxlupanina | 15 %              |
| Esparteina        | 7,5 %             |
| 4-Hidroxlupanina  | 9 %               |
| Isolupanina       | 3 %               |

**Fuente:** (Quitio et al., 2020)

La tabla 4 da a conocer los tipos de alcaloides presente en el chocho siendo la lupanina el que mayor contenido presenta con un 60% y la isolupanina con menor presencia conteniendo un 3%.

### **2.6.10. Harina de chocho**

A pesar de que la harina de chocho no goza de gran popularidad, es bastante utilizada como complemento para varios tipos de productos, como concentrados proteicos, productos de panadería, pastelería, entre otros. Esto se debe a la calidad nutritiva y a las propiedades funcionales que posee la harina de chocho. Además, se conoce que la harina de chocho contiene grandes cantidades de fibra dietética, tanto de fracciones solubles como insolubles, representando aproximadamente el 27-31 % del peso del grano. Incluso posee un envidiable contenido proteico que ronda entre 41-44 %, convirtiendo a la harina en un ingrediente con un valor nutricional y comercial significativamente alto (Cevallos, 2023).

### ***2.6.11. Beneficios de la harina de chocho***

Los beneficios que contiene la harina de chocho para el consumo humano son muchos. Según los autores: fortalece los huesos y los dientes, en una gran parte se ayuda a la etapa de crecimiento de los niños; apto para las personas inhibidas a la lactosa; controla los niveles de glucosa que hay en la sangre; favorece al desarrollo óptimo del sistema nervioso y fortalece la respuesta inmunológica contra enfermedades e infecciones. Disminuye los grados de colesterol y protege al corazón (Calle, 2021).

### ***2.6.12. Valor nutricional de la harina de chocho***

El chocho es propio de leguminosa andino, desarrollada en áreas montañosas con condiciones meteorológicas extremas, los beneficios del chocho incluyen cuerpos tanto para individuos como animales; el chocho pelado tiene una estructura del 50% de proteínas; la composición de los cuerpos oleicos en chocho es de un 14% a un 24 %, en la misma leguminosa posee ácidos grasos Omega 3 y 6. A causa de su utilización de grasas saludables, en cualquier caso, es similar al aceite de oliva. Los investigadores en la Universidad de Milán en Italia aseguran que sus interesantes resultados ayudan a reducir el colesterol y juegan un papel central en la prevención de serios inconvenientes para la salud, como la hipertensión arterial y la diabetes. Sirve para dolores reumáticos, artritis, gota, hinchazón, neuralgias, riñones y dolor hepático, repara tejidos y células, ayuda al desarrollo, previene la osteoporosis, la anemia y es excelente para el sistema nervioso (Benavides, 2023).

A continuación, se presenta un desglose específico de la composición nutricional de la harina de chocho, poniendo énfasis en los principales nutrientes y beneficios que aporta este alimento en su forma procesada.

### **Tabla 5. Composición nutricional de la harina de chocho**

| Componentes   | Porcentajes |
|---------------|-------------|
| Calorías      | 463 kcal    |
| Proteínas     | 56.40 %     |
| Grasas        | 25.20 %     |
| Fibra         | 2.50 %      |
| Calcio        | 8.40 %      |
| Hierro        | 7.20 %      |
| Carbohidratos | 13.90 %     |

**Fuente:** (Aguagallo, 2023)

La tabla 5 da a conocer la composición nutricional de la harina de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) la cual presenta un contenido de 56.40 % de proteína y un 2.50 % de fibra además posee un 8.40 % de calcio, esto representa un elevado nivel nutricional presente en la harina de chocho.

### **2.6.13. Tipos de aislado**

#### **2.6.13.1. Aislados proteicos**

La proteína aislada es la proteína más prominente que existe. Se preparan a partir de harinas, mediante un proceso de obtención que supone una serie de etapas a cargo de eliminar o reducir sus componentes no proteicos para obtener un producto con alto contenido proteico de un 80 % a 90 % de proteína que les otorgan ventajas para su aplicación en muchos productos alimenticios con respecto a las proteínas originales. La aplicación más importante de los aislados proteicos es su utilización como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas completas para la alimentación infantil y / o de enfermos. Estas dietas enterales son formulaciones que han de ser absorbidas en el intestino sin necesidad de previa digestión estomacal y son imprescindibles en el tratamiento de los enfermos con desordenes estomacales o problemas de la mucosa intestinal y lactantes con síndromes de mal absorción, mal nutrición.



La proteína aislada a la que debe cumplir con este conjunto de características para integrar una dieta enteral es no han de producir desequilibrios osmóticos ni alergias, han de presentar un alto valor nutritivo, no muy inferior al de la proteína de partida, y no presentar un sabor sumamente desagradable ya que causarían rechazo en el consumidor (Sosa, 2023).

#### **2.6.13.2. Aislado enzimática**

El aislamiento de proteínas es un proceso en el que las proteínas se descomponen en péptidos más pequeños y aminoácidos mediante la acción de enzimas como las proteasas. Este proceso ocurre a través de la ruptura de los enlaces peptídicos entre los aminoácidos con la adición de una molécula de agua. Es ampliamente utilizado en industrias como la alimentaria y farmacéutica para mejorar la digestibilidad de las proteínas, potenciar sabores, reducir la alergenicidad y modificar la funcionalidad de los productos alimentarios (Guacho, 2023). Este proceso también tiene aplicaciones importantes en la producción de aislados proteicos para alimentos funcionales, suplementos nutricionales y fórmulas infantiles hipoalergénicas. Las enzimas más comunes utilizadas para el aislado proteico incluyen la pepsina, tripsina, y quimotripsina, cada una con un rango óptimo de pH y temperatura (Cevallos, 2023).

#### **2.6.14. Métodos para obtener el aislado proteico**

##### **2.6.14.1. Extracción alcalina**

La extracción alcalina y la precipitación isoeléctrica son métodos que se utilizan para separar la fracción proteica de una materia vegetal, como la harina de chocho.

Según Álvarez (2022), afirma que esta es la primera fase para la obtener el aislado proteico el cual consiste en disolver las proteínas en una solución acuosa con un pH alto (generalmente entre 9 y 12), lo que permite solubilizar la mayor parte de las proteínas y dejar en el residuo los componentes no proteicos, como los carbohidratos, las fibras y los lípidos. En este proceso, la materia prima se coloca en agua y se ajusta el pH hasta crear un ambiente alcalino. Esto facilita la solubilización de las proteínas presentes en el material. Luego, se agita la mezcla para

asegurar una buena dispersión y se centrifuga para separar el líquido, que contiene las proteínas disueltas, del residuo sólido, que principalmente consiste en componentes insolubles (Sosa, 2023).

#### **2.6.14.2. Precipitación isoelectrica**

Consiste en ajustar el pH de la solución proteica a un valor cercano al punto isoelectrico de las proteínas (generalmente entre 4 y 6), lo que provoca la formación de un precipitado que se puede separar por filtración o centrifugación. El precipitado se denomina aislado proteico, y tiene un alto contenido de proteína (más del 80 %) y una buena solubilidad y funcionalidad. Después de la primera centrifugación que se realiza en la fase de la extracción alcalina el líquido resultante se somete a un ajuste adicional de pH para optimizar las condiciones de extracción de las proteínas. Luego se vuelve a centrifugar para separar cualquier residuo sólido remanente o partículas indeseadas, dejando un líquido más limpio y concentrado en proteínas (Castañeda, 2024).

#### **2.6.14.3. Aplicaciones de los aislados**

Otra de las más importantes aplicaciones de los aislados de proteínas es la utilización de los mismos como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas entéricas que van a ser destinadas a la alimentación infantil y/o a adultos enfermos. Las dietas entéricas se definen como aquellas unidades nutricionales que se proyectan para palabras a nivel de intestino sin ser previamente digeridas en el estómago. Son de importancia capital en el tratamiento de pacientes con desórdenes estomacales o con problemas de la mucosa intestinal, y en lactantes con cuadros nutricionales de malabsorción-malnutrición (Barrionuevo, 2021).

Las características que deben cumplir estos aislados de proteínas para formar parte de una dieta enteral son: no producir desequilibrios osmóticos ni alergias, presentar un alto valor nutritivo, no muy inferior al de la proteína de partida y tener un sabor aceptable. Los aislados de proteínas se utilizan en la producción de alimentos funcionales, suplementos deportivos y alimentos para

bebés, gracias a su alta biodisponibilidad y facilidad de absorción. Son especialmente importantes en productos diseñados para personas con intolerancias alimentarias o problemas digestivos, como aquellos con alergias a la proteína de la leche o problemas de absorción. Según Chalamaiah et al. (2022), los aislados de proteínas pueden mejorar la funcionalidad de los alimentos al proporcionar propiedades emulsificantes y texturizantes.

#### **2.6.15. Galleta**

Los productos horneados son considerados de “consumo masivo” y las galletas tienen uno de los productos horneados más versátiles. Hoy en día, dada la alta aceptabilidad de los grupos de todas las edades, son considerados un producto de primera necesidad, de aquí que la investigación se centre no solo en la reducción de las calorías a través de la sustitución de las harinas o grasas por reemplazadores de menor contenido calórico, sino también en el incremento del contenido de fibras dietéticas. El sabor, la textura y la apariencia de los productos horneados se ven afectados por el tipo de sustitución, más aún cuando la humedad del producto final está entre 3 y 4 %. Las características de calidad que se toman en cuenta en una galleta son el esparcimiento, la granulosis superficial, la compactación, fragilidad y la fuerza de rompimiento. La textura, en particular el descriptor sensorial que determina el grado de sustitución de las grasas y harinas, porque es el principal atributo en la determinación de la aceptabilidad en todos los productos horneados. Por lo tanto, estará influenciado por la combinación de los ingredientes y factores de procesamiento (Lisintuña, 2023).

#### **2.6.16. Fortificación de alimentos**

El término "fortificación de alimentos" se refiere al proceso de agregar nutrientes esenciales (como proteínas, vitaminas y minerales) a los alimentos con el fin de mejorar su valor nutricional y ayudar a combatir las deficiencias dietéticas. Este método es especialmente crucial en lugares donde la dieta puede carecer de nutrientes esenciales (Barba, 2021).

##### **2.6.16.1. Razones y objetivos de la fortificación**

Prevención de Deficiencias Nutricionales: usándolas para abordar la hiperpobreza de la población contra la anemia ferropénica y la deficiencia de vitamina D, que son comunes en grupos de riesgo, niños, mujeres embarazadas y personas mayores, cinco.

Mejora de la Salud Pública: reduciendo la carga de enfermedades causadas por deficiencias nutricionales, mejora la salud y disminuye el gasto en atención médica (World Health Organization, 2023).

Promoción de Hábitos Alimentarios Saludables: fortaleciendo los nutrientes esenciales en los alimentos básicos, estimula su consumo habitual y mejora la calidad de la dieta (Juárez, 2022).

### 2.6.16.2. Tipos de fortificación

Además, se puede enriquecer el producto con vitamina y minerales de varias alternativas de fortificación para aumentar el contenido de micronutrientes esenciales y, por lo tanto, promover una nutrición más equilibrada y adecuada. Diferentes alternativas incluyen:

**Tabla 6.** *Tipos de fortificación*

| <b>Fortificación Masiva.</b>   | <b>Fortificación Focalizada.</b>                       | <b>Fortificación Comercial.</b>  |
|--|--|--|
| Regulación de alimentos son la población nutrientes a los alimentos de la población. | Para grupos específicos de iniciativa de la población. | Industrias toman la fortificados y añadir consumidos por la mayoría procesados |

Fuente: INCAP (2015)

La Tabla 6 exhibe los diversos tipos de fortificación en alimentos, detallando los métodos más empleados para incorporar nutrientes y optimizar su valor nutricional.

### 2.6.16.3. Proteínas en la fortificación de productos horneados

Cualquier proteína horneada puede mejorarse efectivamente mediante la fortificación con proteínas a fin de mejorar el valor nutricional, especialmente en alimentos populares y de alto consumo, como las galletas.

Añadido de proteínas en horneables productos aumentar el aporte alimentario, adecuado para grupos de alto consumo proteico como niños, atletas y personas mayores. También influyen en las proteínas textura de los productos horneados, lo cual es determinante para su aceptación por parte de los consumidores, al ayudar a mejorar la cohesión y masticabilidad (Castañeda, 2024). A su vez, la inclusión de diferentes tipos de proteínas puede modificar la percepción en boca de los productos: por ejemplo, algunos tipos proteicos crean una sensación en la boca más rica, mientras que hidrolizados proteicos puede suavizar un sabor intenso para mejorar la palatabilidad. Desde el punto de vista de las propiedades funcionales, las proteínas mejoran la textura de los productos horneables, además de promover la crujencia y prolongar la longevidad y la estabilidad de los productos.

#### ***2.6.17. Enriquecimiento de alimentos***

La FAO (2016) menciona que los alimentos variados y suficientes no satisface los requerimientos de micronutrientes en la población, esto ha generado realizar alimentos con adiciones para mejorar su valor nutricional. La Organización Mundial de la Salud (2018) menciona que el enriquecimiento puede implicar la adición de vitaminas, minerales, o incluso los componentes como proteína o ácidos grasos, que puede no estar presentes en los alimentos consumidos. Este método está siendo muy utilizado en la industria alimentaria para mejorar alimentos como en la salud pública para mejorar la nutrición y evitar enfermedades relacionadas con deficiencia de micronutrientes, como la desnutrición por deficiencia de hierro o la falta de vitamina D.

#### ***2.6.18. Interacción de las proteínas con otros ingredientes***

La incorporación de proteínas en productos horneados tiene un impacto significativo en las propiedades sensoriales y funcionales de los alimentos, así como en su valor nutricional.

##### **2.6.18.1. Efectos en las propiedades sensoriales**

- **Textura:** las proteínas presentes pueden afectar la textura de los productos finales. Mientras que algunas proteínas pueden hacer que la masa sea más gruesa, otras pueden hacer que la masa sea más masticable o más crujiente, dependiendo del tipo de proteína usada y cómo interactúa con los otros ingredientes.
- **Sabor:** algunas proteínas pueden agregar un sabor diferente a los productos horneados. Esto puede llevar a un aumento de la palatabilidad al agregar aún más sabor o disminuir los sabores desagradables al usar proteínas hidrolizadas.

#### **2.6.18.2. Efectos en las propiedades funcionales**

- **Crujencia:** De alguna manera, la presencia de las proteínas puede cambiar la crujencia de los productos horneados. La interacción de las proteínas con los otros ingredientes como azúcares y grasas influye la textura del producto final. En consecuencia, una formulación adecuada puede llegar la crujencia y el agradable del consumidor.
- **Conservación:** además, la implementación de las proteínas tiene un impacto en la vida útil de los productos horneados. Las proteínas pueden actuar como agente conservador natural al reducir la actividad de agua. Por ende, previene su deterioro y alarga la frescura.

#### **2.6.19. Impacto de la Adición de Aislado de Proteína en la Calidad de las Galletas**

La incorporación de aislados de proteína en galletas puede tener un impacto significativo en diversas características sensoriales y nutricionales del producto final.

**Efectos en la textura:** La adición de un aislado de proteína puede mejorar la textura de las galletas al incrementar su suavidad y masticabilidad. Esto se debe a que los hidrolizados pueden interactuar con otros componentes de la masa, lo que afecta la estructura final de la galleta (González, 2022).

**Efectos en el sabor:** Los aislados de proteína pueden influir en el perfil de sabor de las galletas. Dependiendo del origen de la proteína, se pueden obtener sabores umamis o más sutiles, que

pueden enriquecer el sabor general del producto. Además, su capacidad para suavizar sabores intensos puede mejorar la palatabilidad (Calle, 2021).

**Efectos en el color:** La adición de un aislado de proteína también puede tener un efecto en el color de las galletas. La reacción de Maillard, que se produce durante la cocción, puede verse afectada por la presencia de aminoácidos libres derivados de los hidrolizados, lo que puede resultar en un color más atractivo y apetitoso (Barba, 2021).

**Efectos en el Valor Nutricional:** El uso de un aislado de proteína en galletas no solo enriquece el contenido proteico, sino que también puede aumentar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes. Esto es particularmente beneficioso en el desarrollo de productos dirigidos a poblaciones con requerimientos nutricionales específicos.

#### 2.6.20. MARCO CONCEPTUAL

- **Absorción de agua:** Es considerada una propiedad funcional de las proteínas, particularmente en alimentos viscosos tales como miel, sopas, gelatina, entre otros, productos que demandan una adecuada capacidad de interacción de la proteína con el agua (Sosa, 2023).
- **ANOVA:** Se trata de un enfoque estadístico que se emplea para analizar las medias de tres o más grupos, lo que facilita determinar si los resultados de un experimento son significativos o no (Barrionuevo, 2021).
- **Aislado proteico:** Producto derivado de una fuente proteica (animal o vegetal) mediante un proceso que elimina gran parte de los elementos no proteicos, alcanzando así una elevada concentración de proteínas, que usualmente supera el 90 % (Castañeda, 2024).
- **Maillard:** Conocida como glucosilación no enzimática de proteínas, es en realidad un conjunto de reacciones químicas en las que participan proteínas y azúcares. Esta reacción comienza a baja temperatura y aumenta gradualmente (Romero, 2021).

- **Aminoácido:** Moléculas que actúan como como estructuras fundamentales de las proteínas desempeñando roles esenciales en los procesos biológicos contando con un grupo amino (NH<sub>2</sub>) y un grupo carboxilo (- COOH) (Navas, 2021).
- **Enzima:** Son proteínas complejas que favorecen una reacción químico específico, ayudando a descomponer los alimentos en nuestro cuerpo para una mejor digestión (Álvarez, 2022). - **Extracción alcalina:** Procedimiento empleado para extraer componentes de materiales biológicas aislando proteínas de origen vegetal (Moposita, 2023).
- **Leguminosa:** Plantas de la familia (Fabáceas) que agrupa diversas especies como frijoles, garbanzos, lentejas, habas soya y arvejas. Son conocidas por sus semillas ricas en proteínas, fibra y su valor en alimentos saludables (Barba, 2021).
- **Manipulación:** Es la capacidad de un movimiento que consiste en ejercer fuerza sobre un objeto o recibir fuerza de él, lo cual usualmente ocurre en desacuerdo con su voluntad o intereses (Lisintuña, 2023).
- **Precipitación isoelectrica:** Es una técnica que se manipula para separar proteínas basándose en su punto isoelectrico, el pH al cual la proteína tiene carga neta cero y precipita fuera de la solución (González, 2022).
- **Solubilidad:** Es la cantidad de una sustancia (solute) que se puede disolver en una cantidad determinada de disolvente. En el contexto de proteínas, se refiere a la facilidad con la que una proteína puede disolverse en una solución.

## **2.7.METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

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

El presente trabajo se propuso utilizar metodologías que facilitarán la respuesta a las preguntas y la generación de conocimientos a lo largo del proyecto de investigación. Se utilizó los siguientes tipos de investigación específicos: bibliográfica, experimental y descriptiva; al



mismo tiempo, se consideraron los datos que se obtuvieron durante el período en que se estudió el fenómeno dentro del proyecto de investigación.

### ***2.7.2. Investigación bibliográfica***

La presente investigación tuvo como propósito la recopilación de datos reales y muy específicos a través de artículos científicos, manuales, revistas, libros, entre otros, así también el encargado de estos análisis de datos obtenidos. Para el caso, este tipo de investigación se realizó para recopilar y analizar información preliminar acerca de las metodologías para la obtención de un aislado proteico y su análisis. A través del resumen, la comparación y evaluación de los análisis de diferentes estudios se propuso como objetivo mediante el cual se generará la guía para el proceso de obtención de un aislado proteico de chocho, en la que me aseguraré de que dichas técnicas fueron aplicables al análisis a realizar.

### ***2.7.3. Investigación descriptiva***

La investigación descriptiva versó en la descripción de procesos, para esta investigación, con métodos que permiten la recolección de datos claros y precisos. En ella, se fundamenta no solo en una descripción detallada de las propiedades del aislado proteico de chocho, basada en los métodos analíticos y en las propiedades bromatológicas apropiadas, sino que se describa el porcentaje de contenido proteico del aislado.

### ***2.7.4. Investigación experimental***

Este tipo de investigación involucró a alterar deliberadamente las variables independientes de modo que el investigador pueda observar su impacto en la variable dependiente en condiciones controladas. La investigación se distinguió por la meticulosidad en la recolección de datos y el uso metodológico de pruebas estadísticas para determinar la significancia de los resultados. La investigación experimental fue vital en este caso para determinar cómo las variaciones en las condiciones de precipitación impactan la calidad de la proteína aislada de chocho. Al manipular al tiempo de precipitación y el pH, se permitió que los investigadores observaran directamente

incluyen; indique cómo influyen en la eficacia de la extracción de proteínas. Por el proceso experimental, el equipo se aseguró de que las conjeturas hechas sobre las propiedades de la proteína aislada. Este trabajo permitió un entendimiento agudo de las variables involucradas y sus efectos en la obtención de proteínas dietéticas genuinas.

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

#### **2.7.5.1. Técnica de observación**

La recolección de datos e información fue posible a través de esta técnica, que también permitirá el uso de los sentidos para un examen de hechos y realidades. La observación fue una técnica importante que formó parte de la metodología que se empleó para la vigilancia y adaptación del proceso de adquisición del aislado proteico de chocho. Una observación compuesta de cambios en la textura y la composición durante el tratamiento térmico ayudó a establecer las condiciones ideales que maximizan el equilibrio entre la preservación de nutrientes y la eliminación de compuestos no deseados, en particular alcaloides.

### ***2.7.6. Metodología***

#### **2.7.6.1. Determinación de humedad**

Se colocaron los recipientes secos y limpios de porcelana con 5 g de muestra en una estufa a 105 °C durante 3 horas, luego se dejaron enfriar en un desecador durante 1 hora. Seguidamente, se procedió a pesar los recipientes en una balanza analítica (Marca: A&D Weighing; Modelo: GR-300) y se registró el peso. A continuación, se pesó 2 g adicionales de la muestra, con una precisión de 1 mg, y se registró el peso. Las cápsulas con la muestra húmeda se colocaron en la estufa (Marca: Memmert; Modelo: UF 55) a 105 °C durante 11 horas, luego se colocó en el desecador (Marca: Corning; Modelo: Borosilicate Glass) durante 1 hora. Finalmente, se pesaron las cápsulas con la muestra seca y se registró el peso (AOAC 925.10).

#### **Ecuación 1. Fórmula para calcular humedad**

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\square 2 - \square 3)}{(\square 2 - \square 1)} \times 100 \quad (\text{Ec 1})$$

Donde: **m1**= masa del crisol vacío **m2**= masa del crisol con la muestra sin secar en g **m3**= masa del crisol con la muestra seca en g

### 2.7.7. Determinación de ceniza

Los crisoles se colocaron en la mufla durante 4 horas para su desinfección. Posteriormente, se retiraron y dejó enfriar en un desecador (Marca: Corning; Modelo: Borosilicato Glass) durante 1 hora antes de continuar con el siguiente paso del procedimiento. Luego, se pesaron los crisoles en una balanza analítica (Marca: A&D Weighing; Modelo: GR-300) y se registró su peso. Se pesó 1 g de la muestra con una precisión de 0.1 mg. A continuación, los crisoles con la muestra fueron colocados en la plancha precalcinadora (Marca: Nabertherm; Modelo: LHT 02/17) y luego se trasladaron a la mufla (Marca: Carbolite Gero; Modelo: CMF 12/25) a 550 °C durante 4 horas. A continuación, los crisoles fueron colocados nuevamente en el desecador durante 30 minutos. Finalmente, se procedió a pesar los crisoles con las cenizas y se registró el peso obtenido, conforme al método (AOAC 923.03)

**Ecuación 2.** Fórmula para determinar el contenido de ceniza

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(\text{PC} + \text{C}) - (\text{PC})}{(\text{PC} + \text{C}) - (\text{PC})} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

**Donde:**

**PC**= peso del crisol

**C**= Ceniza

**M**= Muestra

**Ecuación 3.** Fórmula para determinar el contenido de ceniza en base seca

$$\% \text{ Ceniza en Base seca} = \frac{100 \times \% \text{ C}}{\% \text{ M}} \quad (\text{Ec. 3})$$

### 2.7.8. Determinación de grasa

Se inició con el lavado del material, seguido de su secado en una estufa (Marca: Memmert; Modelo: UF 55) a 105 °C durante 12 horas. Posteriormente, se pesó aproximadamente 1 g de muestra, la cual se colocó en papel aluminio junto con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Luego, el papel con la muestra se introdujo en un dedal, que se tapó con algodón desengrasado y se situó en un anillo metálico del equipo Goldfish (Marca: NOVATECH; Modelo: GG-6; Procedencia). Los vasos de precipitación, previamente calentados a 105 °C, se transfirieron a un desecador (Marca: Corning; Modelo: Borisilicate Glass) durante 30 minutos. A continuación, se agregó el solvente (éter dietílico) y se permitió que el solvente hirviera, extrayendo el contenido etéreo durante 4 horas. Posteriormente, se recuperó el solvente orgánico y el vaso de precipitación con el extracto etéreo se colocó nuevamente en la estufa (Marca: Memmert; Modelo: UF 55) a 105 °C durante al menos 4 horas. Una vez transcurrido el tiempo, el vaso de precipitación se dejó enfriar en un desecador (Marca: Corning; Modelo: Borisilicate Glass) durante 30 minutos, luego se pesó el vaso de precipitación con el extracto etéreo y se registró el peso obtenido, siguiendo el protocolo (AOAC 920.39).

**Ecuación 4.** Fórmula para determinar el contenido de extracto seco

$$\% \text{ E.E} = \frac{(\text{peso del vaso con extracto} - \text{peso del vaso vacío}) - (\text{peso del vaso con extracto} - \text{peso del vaso vacío})}{(\text{peso de la muestra} + \text{peso del solvente}) - (\text{peso del vaso con extracto} - \text{peso del vaso vacío})} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

**Ecuación 5.** Fórmula para determinar el contenido del extracto de base seca

$$\% \text{ E. E Base seca} = \frac{100}{\% \text{ E.E}} \times \% \text{ E.E}$$

(Ec. 5) %□□ Donde:

**E. E**= Extracto etéreo

**MS**= Muestra seca

### 2.7.9. Determinación de proteína

**Digestión:** Se pesó 1 g de muestra y se introdujo en un balón de Kjeldahl de 500 ml con papel vegetal. Se añadieron 22 ml de ácido sulfúrico concentrado y 8 g de Sulfato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), seguido de 2 ml de Dióxido de Selenio ( $\text{SeO}_2$ ) al 2%. Los balones se colocaron en la sección de digestión del equipo Macro Kjeldahl (Marca: VIRESA; Modelo: NT-KJ6C) y se dejó reposar durante 45 minutos, durante los cuales la solución adquirió una apariencia transparente. Luego, los balones se enfriaron hasta que la muestra cristalizó.

**Destilación:** Se preparó una solución de 110 ml de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) al 2,5 % en un matraz de 200 ml, colocándola en la sección de destilación del equipo Kjeldahl. La muestra cristalizada se transfirió a una probeta de 200 ml, añadiendo 300 ml de agua destilada. Luego, se incorporaron 3 lentejas de zinc (Zn) y 100 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 50 % en cada balón de Kjeldahl. Los balones se montaron en el equipo de destilación y se puso en marcha el proceso, recolectando 300 ml de destilado. Finalmente, la solución de ácido bórico al 2,5 % se dejó reposar durante 30 minutos.

**Titulación:** Se retiraron los matraces con el destilado y se preparó el equipo de titulación, utilizando ácido clorhídrico (HCl) 0,1 N, previamente estandarizado, en la bureta. A continuación, se añadieron 3-4 gotas del indicador de Macro Kjeldahl al matraz con el destilado, resultando en una coloración verde. Se colocó una barra magnética para agitación mecánica y se procedió a titular el destilado, vigilando el cambio de color hasta que se tornara incoloro, evitando que adquiriera tonalidades rojas. Finalmente, se registró la cantidad de HCl consumido durante la titulación, conforme al estándar (NTE INEN-519).

**Ecuación 6.** Fórmula para determinar el contenido de proteína

$$\% \text{ Proteína} = \frac{V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 0.014 \times 6.25 \times 100}{(V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 0.014 \times 6.25 \times 100) - (V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 0.014 \times 6.25 \times 100)} \quad (\text{Ec. 6})$$

6)

**Donde:**

14,01 = Constante

6,25= Constante

#### **2.7.10. Determinación de fibra**

En un recipiente limpio y hermético, se pesaron 2 g de muestra, con una precisión de 0,2 mg, en papel aluminio. Posteriormente, la muestra se trasladó a un vaso de precipitados de alta capacidad. Se pesó el papel aluminio con el excedente de muestra en una probeta correspondiente. A continuación, se añadieron 200 ml de ácido sulfúrico al 7 por mil a los vasos de precipitación Berzelius que contenían la muestra, junto con 2 ml de alcohol n-amílico. Los vasos de precipitación fueron colocados en las hornillas del equipo de extracción de fibra (Marca: VELP SCIENTIFICA; Modelo: SA30540200 FIWE6 115), ajustando las parrillas para alinearlas con los tubos refrigerantes, y se inició la ebullición de la solución mediante el ajuste de la perilla de temperatura, abriendo el grifo de agua del refrigerante. Después de 30 minutos de digestión ácida con agitación periódica, se añadieron 20 ml de NaOH al 22 % en cada vaso de precipitación Berzelius, y se continuó con la digestión alcalina durante otros 30 minutos. Mientras tanto, se preparó el equipo de filtración al vacío y los crisoles de Gooch, según el método (AOAC 930.15).

#### **2.7.11. Determinación de carbohidratos**

Consistió en restar la sumatoria de los % de humedad, ceniza, grasa, proteína, y fibra del 100 % (AOAC 985.29).

**Ecuación 7.** Fórmula para la determinación de carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100\% (\% \text{ } \square\square\square\square\square\square - \% \square\square\square\square - \% \square\square\square\square \text{ } \dot{\square} \square - \% \square\square\square\square\square - \% \square\square\square\square) \quad (\text{Ec.}$$

7)

#### **2.7.12. Determinación del perfil de aminoácidos (HPLC)**

Se utilizó un método avanzado para separar y analizar el perfil de aminoácidos mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con un equipo de la (Marca: Agilent, Modelo: VWD 1100). En este procedimiento, se hizo pasar una fase móvil (solvente) a través de una

columna llena de microesferas recubiertas con una fase estacionaria. La fase estacionaria retuvo selectivamente los componentes de la muestra, mientras que la fase móvil los transportaba a través de la columna a una velocidad diferencial. Gracias a la alta presión aplicada durante la HPLC, se garantizó un flujo constante y uniforme de la fase móvil, lo que mejoró significativamente la separación de los componentes. A medida que los compuestos se eluyeron de la columna, fueron detectados y analizados con distintos tipos de detectores, lo que permitió una identificación precisa de los aminoácidos presentes (Castañeda, 2024).

### **Materia prima, Materiales, Equipos y Reactivos de laboratorio**

#### **Materia prima**

- Grano de chocho INIAP-450 Andino
- Harina de chocho

#### **Materiales de laboratorio**

- Bandejas
- Frascos de vidrio 500 ml
- Cápsulas de aluminio
- Pinzas universales
- Espátula 31
- Crisoles de porcelana
- Balones de Kjeldahl 600 ml
- Pipetas 10 ml
- Probeta de 100 ml
- Probeta de 200 ml
- Matraz Erlenmeyer
- Varilla de vidrio
- Barra de agitación magnética

- Papel bond
- Papel aluminio
- Vaso de Berzelius
- Crisoles
- Probetas graduadas 200 ml
- Lana de vidrio
- Reloj de laboratorio
- Pissetas o frasco lavador
- Pipetas volumétricas 2 ml
- Vasos de precipitación para el solvente orgánico
- Dedales de extracción
- Porta-dedales
- Tubos para la recuperación de hexano
- Rosca goldfish
- Papel filtro
- Algodón de desengrasado
- Tamiz 300 um
- Fundas plásticas zipper
- Platos desechables
- Fundas industriales
- Bowls de aluminio
- Bureta de destilación

### **Equipos**

- Estufa de gravedad



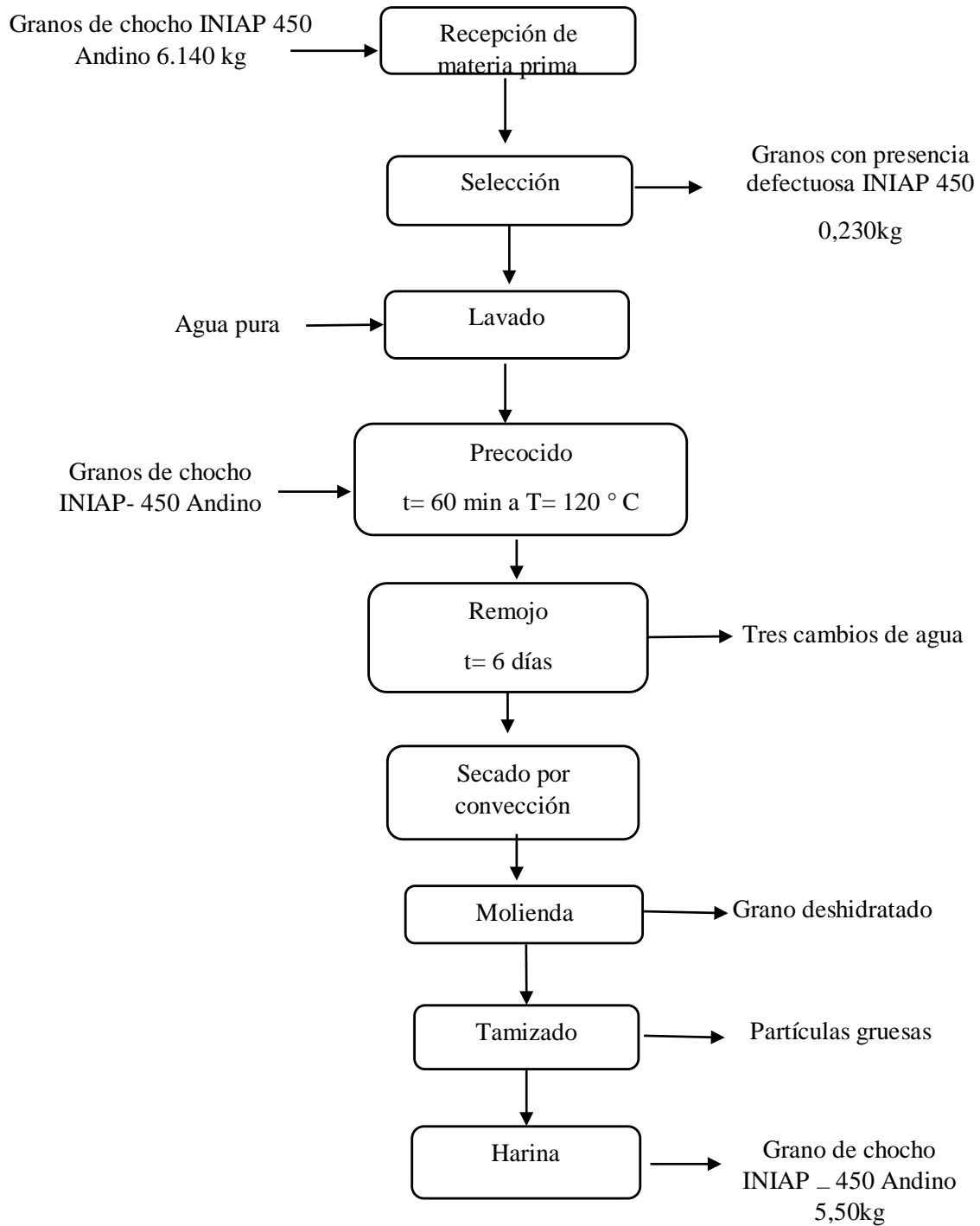
- Balanza analítica
- Desecador
- Mufla
- Plancha precalentadora
- Aparato macro Kjeldahl
- Aparato para la extracción de grasa (Goldfish)
- Autoclave
- Deshidratador
- Molino industrial
- Extractor de fibra

### **Reactivos**

- Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )
- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- Hidróxido de sodio ( $NaOH$ )
- Sulfato de sodio ( $Na_2SO_4$ )
- Sulfato de cobre ( $CuSO_4$ )
- Ácido bórico ( $H_3BO_3$ )
- Zinc en lentejas ( $Zn$ )
- Indicador para proteínas
- Etanol ( $C_2H_6O$ )
- Ácido clorhídrico ( $HCl$ )
- Carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ )
- Dióxido de selenio ( $SeO_2$ )
- Hidróxido de sodio ( $NaOH$ ) al 22%

- Alcohol-n-amílico ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$ )
- Acetona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )
- Éter di etílico ( $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ )
- Hexano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )
- Sodio sulfato anhídrido ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )
- Agua destilada
- Ácido acético ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ).
- Hidrogenocarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ).

**2.7.13. Diagrama de flujo de la elaboración de harina de chocho INIAP-450 Andino**



**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

#### ***2.7.14. Metodología para la obtención de harina de chocho INIAP-450 Andino***

El proceso de obtención de la harina de chocho INIAP-450 Andino se llevó a cabo siguiendo la metodología de Chávez et al., (2024) que abarca varias etapas críticas para asegurar la calidad del producto final. Estas etapas incluyen:

**Recepción:** En esta fase inicial del proceso, las semillas de chocho INIAP-450 Andino fueron recibidos y sometidos a una meticulosa inspección para garantizar que cumplen con los estándares de calidad establecidos.

**Selección:** Después de la recepción, se realizó un riguroso proceso de control de calidad para cada semilla de chocho, eliminando aquellas que presentaban daños o colores atípicos. Las semillas fueron seleccionadas minuciosamente para garantizar su calidad

**Lavado:** las semillas previamente seleccionadas se lavaron con agua corriente para eliminar la suciedad superficial y otras impurezas. El procedimiento posterior a la limpieza no solo garantiza la disminución de impurezas, sino que también reduce la carga microbiana, ya que las semillas se preparan para la precocción;

**Precocción:** las semillas de chochos precocidas se sometieron a este proceso en autoclave (Marca: Tuttnauer; Modelo: 2540 M) para pretratamiento durante 60 minutos a 110°C. La proporción de agua específica utilizada fue de 200 g de material vegetal a 300 mL de agua.

**Remojo (desamargado):** las semillas fueron empapadas en agua durante 6 días con cambio de agua cada 8 horas. Durante este proceso, se siguió la cantidad estándar de tiempo y esta cantidad suele ser comúnmente utilizada para preparar alimentos con una cantidad adecuada de agua. Sin embargo, para determinar si el tiempo se puede optimizar sin comprometer la calidad y la seguridad del producto, requerirían prueba repetida;

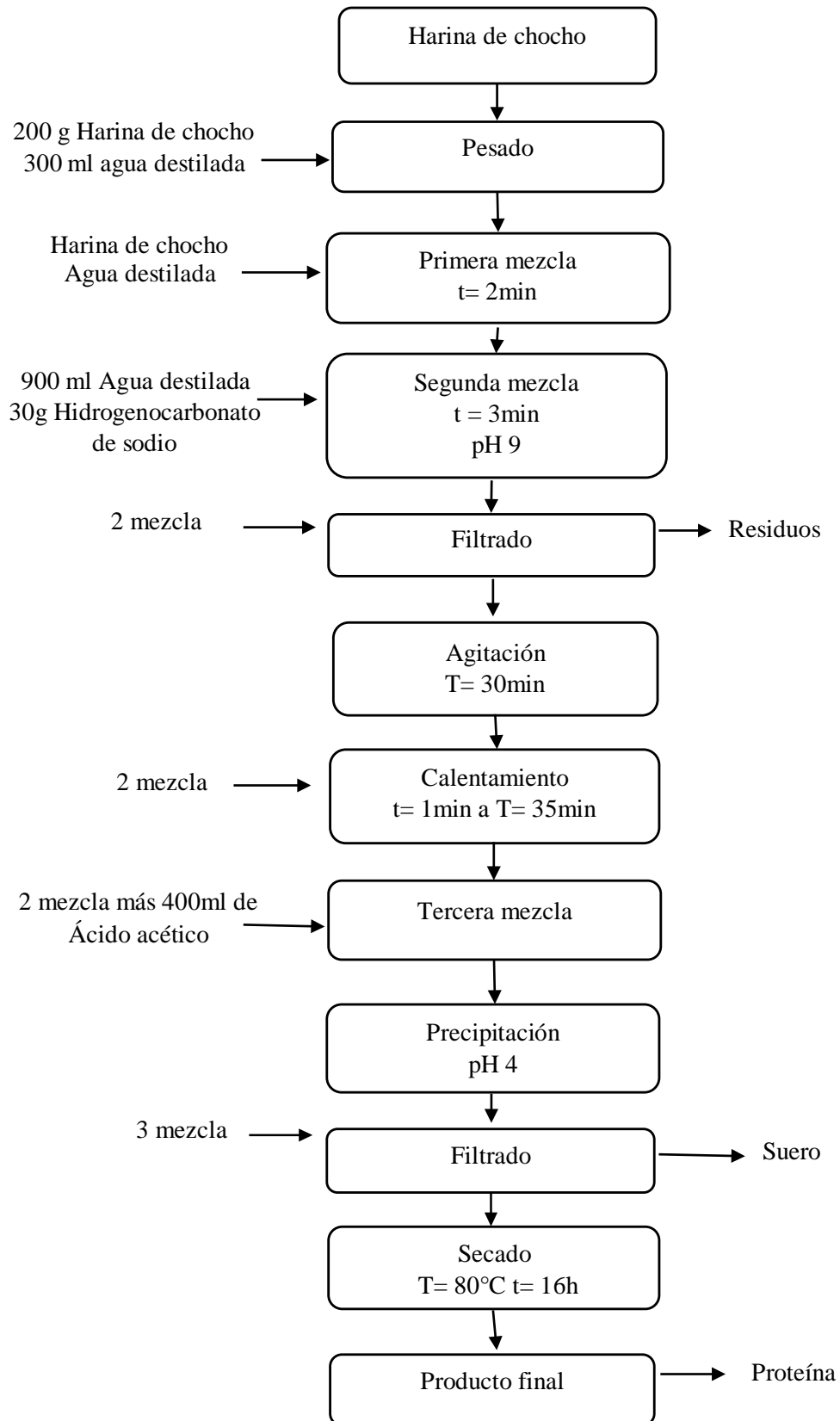
**Secado:** después de 6 días de remojo constante, las semillas se secaron en una estufa a 80°C durante un total de 42 horas. Este tratamiento permitió eliminar toda la humedad restante y luego envasar las semillas para mejorar la vida útil y el valor nutricional del producto.

**Molienda:** después del secado, las semillas precocidas se introdujeron en el molino para obtener harina de alta calidad con homogeneidad y suavidad. La molienda es responsabilidad del nivel de textura gruesa o fina y la resistencia de los fabricantes de chips al masticar el material.

**Tamizado:** la harina obtenida se tamizó con un tamiz de 300  $\mu\text{m}$  para garantizar que no haya grandes piezas.

**Empacado:** la harina obtenida se envasó en bolsas con cierre tipo ziplock, con una capacidad de 250 g de producto por envase.

**2.7.15. Diagrama de flujo elaboración de aislado metodología ajuste de pH**



**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

### ***2.7.16. Metodología para la obtención del aislado proteico***

El procedimiento para la obtención del aislado proteico se llevó a cabo siguiendo la metodología de ajuste de pH propuesta por Wang et al. (2011),

**Recepción y pesado de materia prima:** para la realización de cada tratamiento 200 g de harina de chocho INIAP-450 Andino procedente del envase ya pesado en el paso anterior fue pesado; de esta cantidad se preparó una suspensión diluyendo el polvo en 500 ml de agua destilada. Se utilizó la misma cantidad de polvo y de la proporción de agua para todos los tratamientos para asegurar una uniformidad; el procedimiento fue repetido para 4 diferentes tratamientos.

**Adición de hidrógeno carbonato de sodio:** inicialmente, 20 g de hidrógeno carbonato de sodio ( $\text{NaH}_2\text{CO}_3$ ) homogenizado en 900 ml de agua destilada. Se agitó la mezcla para un intervalo de 1 minuto para facilitar que el hidrogenocarbonato se disolviera completamente antes de ser anexado a la suspensión de una mezcla de harina de chocho; aunque finalmente, se ajustó el pH del mezclado más dicho fue añadiendo a la mezcla de harina de chocho ya disuelta en micro. Luego el pH de la solución ajustada a 9 utilice la solución de hidrogenocarbonato.

**Filtración:** Luego de que se ajustara el pH, la solución con el precipitado se filtró mediante un lienzo de malla fina para eliminar cualquier impureza garantizando que solo las proteínas solubles quedarán en la solución, cualquier impureza o partícula no disuelta fue eliminada por la filtración.

**Agitación constante:** La mezcla se agitó constantemente en un espacio de 30 minutos; el paso era fundamental ya que garantiza que las proteínas se disuelvan uniformemente con lo cual no se dejan partículas de proteína sin disolver que pueden interferir con el proceso de aislamiento.

**Temperatura elevada:** la solución de la etapa anterior fue calentada a 35°C utilizando la estufa Marca: Memmert, Modelo: Single DISPLAY. La medida podría obtenerse de manera eficiente de modo que la mezcla pueda alcanzar la temperatura deseada y las condiciones fueran óptimas para el proceso de extracción.

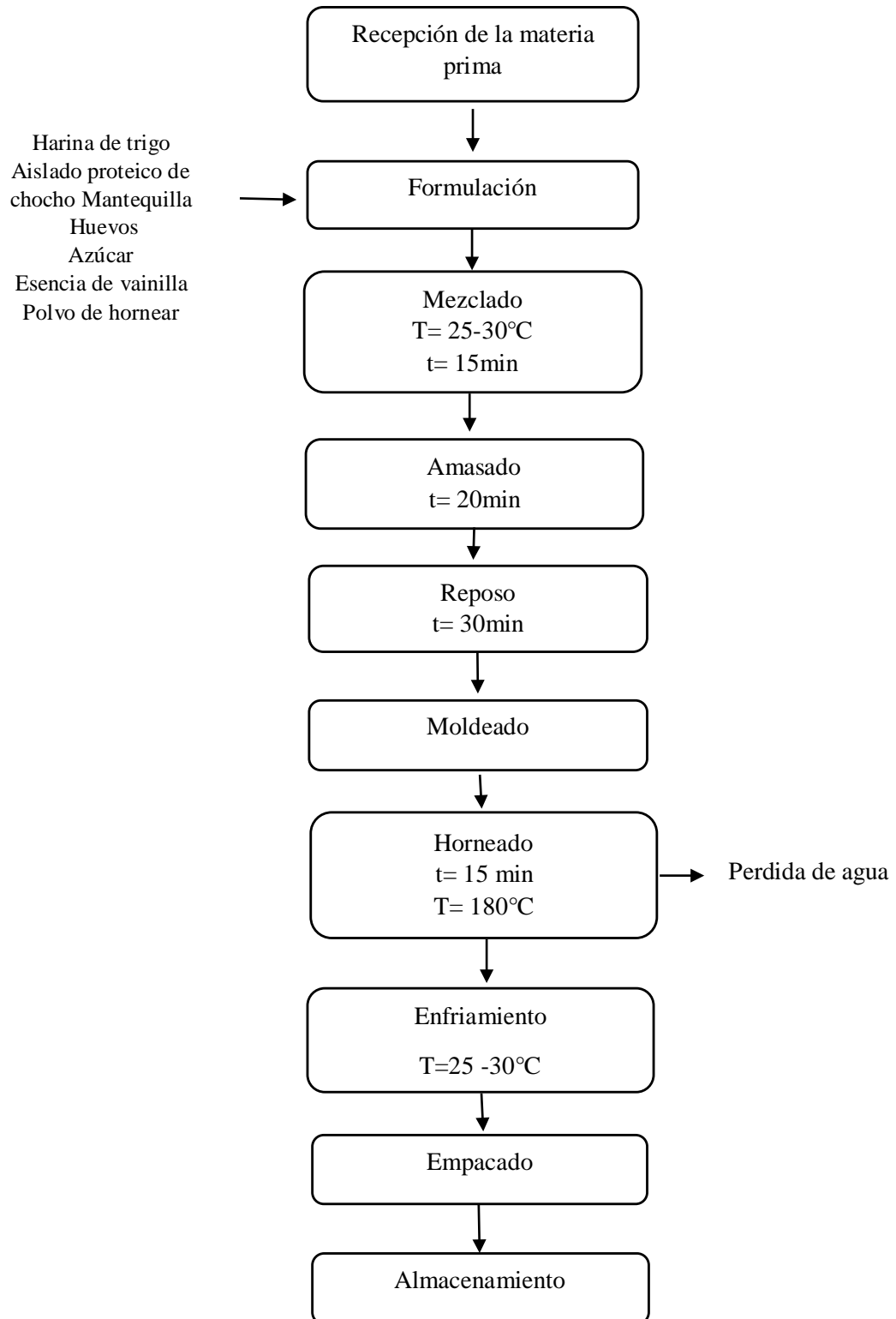
**Ajuste a pH para precipitación:** se añadieron 400 ml de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) para ajustar el pH de la solución a 4; 4,5 y 5. Este ajuste indujo la reacción de formación de espuma debido a la interacción química siguiente al inductivo de la acidosis que facilitó la precipitación de proteínas.

**Reposo y separación de fases:** la solución reposó durante 120; 150 y 180 minutos muy bien conservado en lugar fresco para permitir la separación clara entre el líquido y el precipitado proteico. Asegúrese de que después de 2 horas ya haya una separación clara entre los dos, la fase que cubija el aislado proteico se va a producir en los próximos minutos.

**Separación y deshidratación:** después del periodo, el precipitado proteico vino separado de forma ordenada del sólido en líquido; posteriormente el precipitado fue deshidratado a  $80^\circ\text{C}$  durante 24 horas para quitar ubicuidad residual y tener el aislado proteico en su forma final.



### 2.7.17. Diagrama de flujo elaboración de galletas



*Fuente: (Muñoz & Toapanta.,2025)*

**2.7.18. Metodología para la elaboración de las galletas fortificadas con aislado proteico de chocho INIAP-450 Andino.**

El procedimiento para la elaboración de las galletas fortificadas con aislado proteico INIAP450 Andino se llevó a cabo siguiendo la formulación propuesta por López (2007).

**Recepción y preparación de materia prima:** En esta etapa inicial, se recibió la materia prima necesaria para la producción, asegurando que todos los ingredientes cumplieran con los estándares de calidad establecidos. Se verificaron las especificaciones de cada insumo antes de iniciar el proceso, garantizando la frescura y calidad de los mismos.

**Formulación y preparación de los ingredientes:** Se procedió con la formulación de los ingredientes. Para ello, se pesaron y midieron los ingredientes de forma precisa, organizando de manera ordenada para asegurar la correcta integración en las siguientes etapas del proceso.

La formulación de la receta es la siguiente:

**Tabla 7.** *Formulación para elaboración de galletas*

| Insumos                       | Gramos (g) |
|-------------------------------|------------|
| Harina de trigo               | 450 g      |
| Aislado proteico de chocho    | 135 g      |
| Mantequilla                   | 90 g       |
| Huevos                        | 63 g       |
| Azúcar                        | 90 g       |
| Esencia de vainilla           | 45 g       |
| Leudante (Polvo para hornear) | 27 g       |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

**Mezclado de los ingredientes:** Se mezclaron los ingredientes secos (harina de trigo, aislado proteico del chocho, azúcar y polvo para hornear) y los líquidos (mantequilla a temperatura, huevo, esencia de vainilla) a temperatura ambiente de 25 al 30 °C durante 15 min.

**Reposo:** Se dejó reposar la mezcla obtenida durante 30 min. La masa para galletas debe reposar ya que las masas para la mayoría de alimentos deben reposar para que los ingredientes se asienten, lo que mejora la textura y la consistencia posterior de la galleta final.

**Moldeo de las galletas:** Transcurrido el tiempo, morder las croquetas asegurando que tengan un diseño uniforme lo que garantiza un grosor adecuado para una cocción adecuada. Tiene suma importancia para que todas lleven la misma proporción y textura favoreciendo al mismo horneado.

**Horneado:** Se llevó a horno precalentado a 180 °C durante 15 min de cocción.

**Enfriamiento, guarda y almacenamiento:** Luego de la cocción se ponen a enfriar a temperatura.

## **2.8.HIPÓTESIS O PREGUNTAS CIENTÍFICAS**

### ***2.8.1. Extracción de aislado proteico de chocho en función al tiempo y pH***

#### **2.8.1.1.Hipótesis Nula**

El tiempo de precipitación y pH en la extracción de aislado no afectan al contenido de proteína.

#### **2.8.1.2.Hipótesis alternativa**

El tiempo de precipitación y pH en la extracción de aislado afecta al contenido de proteína.

#### **2.8.1.3.Validación de hipótesis**

Las cifras sugieren que, a medida que aumenta el tiempo de precipitación y disminuye el pH, se obtiene una mayor extracción de proteína. Esto demuestra que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alterna, ya que tanto el tiempo de precipitación como el pH influyen significativamente en la cantidad de proteína extraída.

## **2.9.DISEÑO EXPERIMENTAL**

El proceso de extracción de aislado de proteína se realizó utilizando el software Design Expert, el cual emplea un modelo de superficie respuesta. Este modelo se diseñó con 16 corridas experimentales para evaluar diferentes combinaciones de tiempo de precipitación ( $X_{TI}$ ) y pH

( $X_P$ ). Las  $X_{TI}$  consideradas fueron 120 min, 150 min y 180 min, mientras que los  $X_P$  fueron de 4; 4,5 y 5. El fin principal fue determinar los escenarios óptimos que permitieran la mayor extracción de aislado de proteína. Para este análisis se tomaron en cuenta las variables de tiempo ( $X_{TI}$ ) y pH ( $X_P$ ). A continuación, se detalla el proceso de optimización de extracción de aislado proteico de chocho INIAP-450 Andino. El proceso de extracción de aislado de proteína de chocho se efectuó utilizando un diseño de superficie de respuesta, este se estructuró con el propósito de valorar la huella de diferentes combinaciones de tiempo de precipitación y pH sobre la extracción de aislado de proteínas. Se muestra la descripción detallada de los factores considerados en este estudio.

**Tabla 8.** Descripción del diseño de superficie respuesta para el proceso de extracción de aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino

| Factor | Nomenclatura | UM  | Tipo     | Subtipo  | Mínimo | Máximo |
|--------|--------------|-----|----------|----------|--------|--------|
| Tiempo | $X_{TI}$     | Min | Numérico | Discreta | 120    | 180    |
| pH     | $X_P$        | -   | Numérico | Discreta | 4      | 5      |

Fuente: (Muñoz & Toapanta.,2025)

Se pueden observar los dos principales factores de diseño de superficie de respuesta que se utilizaron para extraer aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino. Los dos factores principales,  $X_{TI}$  y  $X_P$ , se propusieron con diferentes áreas definidas de forma numérica y discreta. Los valores de las concentraciones de  $X_P$  seleccionados para este estudio se presentaron en 4; 4,5 y 5, mientras que los tiempos de  $X_{TI}$  se presentaron en 120 minutos, 150 minutos y 180 minutos.

Este enfoque traerá un resultado tan bueno que nos brindará las condiciones ideales para realizar Aislado de proteína, lo que significa que la proteína necesita preservarse. La experimentación de estos factores se controla durante la variación y sus valores presentaron la robustez que

tomamos como un modelo para predecir, con base en esto. Se descubrió cómo mejorarlo. Esto asegurará la repetibilidad y la eficiencia del proceso de extracción de proteína.

### ***2.9.1. Corridas experimentales***

En la Tabla 9 se presenta la matriz experimental del diseño de superficie de respuesta que se empleó para la obtención del aislado proteico de chocho a partir de la variedad INIAP-450 Andino. Dicho diseño cuenta con 16 corridas experimentales en las que se combinaron varios niveles de las variables XTI y XP, con la finalidad de determinar las condiciones que permitan maximizar la extracción del aislado proteico.

**Tabla 9.**

*Descripción de la matriz experimental del diseño de superficie respuesta para la extracción de aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino*

| <b>Corrida</b> | <b>Tiempo (min)</b> | <b>pH</b> |
|----------------|---------------------|-----------|
| <b>1</b>       | 150                 | 4.5       |
| <b>2</b>       | 120                 | 4         |
| <b>3</b>       | 120                 | 4.5       |
| <b>4</b>       | 150                 | 5         |
| <b>5</b>       | 180                 | 4.5       |
| <b>6</b>       | 180                 | 5         |
| <b>7</b>       | 150                 | 4.5       |
| <b>8</b>       | 150                 | 4         |
| <b>9</b>       | 120                 | 4.5       |
| <b>10</b>      | 150                 | 4.5       |
| <b>11</b>      | 180                 | 4         |
| <b>12</b>      | 150                 | 5         |
| <b>13</b>      | 180                 | 4.5       |
| <b>14</b>      | 120                 | 5         |
| <b>15</b>      | 150                 | 4         |

16

150

4.5

---

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

Se muestran las 16 corridas experimentales en la Tabla 9 de la planificación del diseño superficie de respuesta utilizado para optimizar el proceso de extracción del aislante de proteína del chocho de la variedad INIAP-450 Andino. Las combinaciones de los niveles de las variables XTI y XP se le asignaron niveles mínimos y máximos de XTI de 120, 150 y 180 minutos, y los niveles mínimos y máximos de XP de 4, 4.5 y 5, respectivamente. El diseño de un diseño experimental factorial compuesto permite explorar el espacio de condiciones de proceso, que conllevan a identificar la combinación óptima de para maximizar la extracción del aislado de proteína de chocho. Este tipo de procesos en la producción capital importancia debe realizarse siempre y permiten desarrollo de procedimientos de producción eficientes, consistente y seguro uno por medio de los cuales se asegura la calidad y excelencia del producto final.

### **2.9.2. Cuadro de variables**

Las variables que intervienen en el presente procedimiento para la obtención del aislado de proteína de chocho establecen las variables independientes, quién es XTI y XP además de los indicadores clave que miden la calidad del producto final. Optimizing estos factores es crítico para maximizar el valor nutricional, especialmente en términos de proteínas, ya que afecta directamente a las propiedades organolépticas y la aceptabilidad del producto en el mercado. De esta forma se garantiza la obtención de un producto final viable y competitivo.

**Tabla 10.** *Cuadro de variables para la obtención de aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino.*

| <b>Variable dependiente</b> | <b>Variable Independiente</b> | <b>Variable respuesta</b> |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|

---

|  |   |                        |
|--|---|------------------------|
| Obtención de un aislado de proteína de chocho ( <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> ) | <ul style="list-style-type: none"> <li>● pH (4; 4.5; 5)</li> <li>● Tiempo de precipitación (120 min, 150 min, 180 min)</li> </ul> | Porcentaje de proteína |
|--|---|------------------------|

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

En la Tabla 10 se presentan las variables germinativas clave precisas que intervienen en el proceso de obtención del aislado de proteína de chocho. La variable dependiente es obtener el aislado de proteína, mientras que las variables independientes son XTI. El rango de codificación para esta variable fue 120 – 180 minutos y XFP. Para el pH se ejecutó entre 4 y 5. El indicador es el contenido de aislado de proteína obtenido en porcentaje. Este diseño experimental permite acercar la influencia de la variabilidad de estos factores a la perfección del producto final, describiendo todos los datos necesarios para ajustar las condiciones de procesamiento adecuadamente.

## 2.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 2.10.1. Análisis proximal de la harina de chocho

En la tabla 11 se muestra la caracterización química proximal de la harina de chocho, se da a conocer mediante plantas, cifras que dan una vista detallada de los componentes nutricionales básicos presentes en la harina, siendo este aspecto fundamental para saber su valor nutritivo y el posible uso que generara en la obtención del aislado de proteína.

**Tabla 11.** Caracterización química proximal de la harina de chocho

| Parámetro     | Valor en % |
|---------------|------------|
| Humedad Total | 2.90       |
| Materia seca  | 95.05      |
| Proteína      | 45         |

|                  |       |
|------------------|-------|
| Fibra            | 11.2  |
| Grasa            | 18    |
| Ceniza           | 1.5   |
| Materia orgánica | 98.5  |
| Carbohidratos    | 14.47 |

---

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La Tabla 11 muestra que el contenido de proteína alcanza el 45 %, siendo un valor alto, lo que resalta a la harina de chocho como una fuente rica en proteínas vegetales (Llerena, 2022; Suca y Suca, 2015; Villacrés et al., 2006). Este nivel de proteína es particularmente relevante en dietas que buscan aumentar la ingesta de proteínas de origen vegetal, esenciales para la reparación y el crecimiento de tejidos, así como para las funciones enzimáticas y hormonales del cuerpo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016). En cuanto al contenido de grasa, este alcanza un 18 %, lo cual es relativamente alto para una harina (Apunte y León, 2012). No obstante, las grasas son cruciales en una dieta equilibrada (Caizaguano y Carpio, 2022), ya que proporcionan energía y facilitan la absorción de vitaminas liposolubles. Es fundamental considerar la calidad de las grasas, pues las insaturadas son más beneficiosas para la salud cardiovascular (Arráiz y Quispe, 2024).

Respecto a la humedad total de la harina, esta es de 2.90 %, un valor bajo y deseable para productos secos (Toapanta, 2023). Sin embargo, Graziani et al. (2013) advierten que contenidos inferiores al 10 % pueden afectar la composición proximal de las harinas. En consecuencia, la materia seca constituye el 95.05 % del producto, lo que refleja una alta concentración de nutrientes sólidos, similar a los valores reportados por (Castañeda, 2024).

La fibra dietética, con un 11.2 %, es beneficiosa para la salud digestiva, ya que un adecuado contenido de fibra en la dieta favorece la regulación del tránsito intestinal, reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares y mejora la sensación de saciedad, lo que puede ayudar en el



control del peso corporal (González, 2022). El contenido de ceniza, que refleja la cantidad de minerales presentes, es del 1.5 %, lo que indica la presencia de minerales esenciales para diversas funciones corporales. Sin embargo, (Calle, 2021) sugiere que una mayor cantidad de ceniza (3.50 %) podría estar asociada con un mayor valor nutricional en las harinas. En cuanto a la materia orgánica, ésta constituye un 98.5 % de la harina INIAP-450 Andino, lo que indica que casi toda la composición del producto es de origen orgánico.

Finalmente, el contenido de carbohidratos es de 14.47 %, lo que constituye una fuente importante de energía, siendo un valor adecuado para una harina de leguminosa (Graziani et al., 2013). Al comparar estos resultados con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2012), se concluye que la harina de chocho INIAP-450 Andino cumple con las especificaciones de calidad correspondientes. Los resultados obtenidos indican que el producto es nutricionalmente rico y equilibrado en proteínas, fibra, grasas y carbohidratos. Estos hallazgos coinciden con los de (Sosa, 2023) y (Castañeda, 2024), quienes también confirmaron el cumplimiento de estos parámetros con la normativa INEN 616 (2015).

### ***2.10.2. Matriz experimental para la obtención de un aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino***

En la tabla 11, se muestra la matriz experimental utilizada para la obtención de un aislado de proteína de chocho INIAP-450. Esta matriz incluye las combinaciones de tiempo (□□I) y pH (□□), aplicadas, así como los resultados obtenidos en términos de contenido de proteína. A continuación, se realiza un análisis específico de las corridas para evaluar sus resultados y su relevancia dentro del estudio.

**Tabla 12.** *Matriz experimental para la obtención de un aislado de proteína de chocho INIAP450 Andino*

| <b>Corrida</b> | <b>Tiempo (min)</b> | <b>pH</b> | <b>Proteína (%)</b> |
|----------------|---------------------|-----------|---------------------|
| <b>1</b>       | 150                 | 4.5       | 52.23               |
| <b>2</b>       | 120                 | 4         | 50.02               |
| <b>3</b>       | 120                 | 4.5       | 48.13               |
| <b>4</b>       | 150                 | 5         | 50.13               |
| <b>5</b>       | 180                 | 4.5       | 55.24               |
| <b>6</b>       | 180                 | 5         | 53.23               |
| <b>7</b>       | 150                 | 4.5       | 52.34               |
| <b>8</b>       | 150                 | 4         | 55.12               |
| <b>9</b>       | 120                 | 4.5       | 48.75               |
| <b>10</b>      | 150                 | 4.5       | 52.01               |
| <b>11</b>      | 180                 | 4         | 57.83               |
| <b>12</b>      | 150                 | 5         | 49.99               |
| <b>13</b>      | 180                 | 4.5       | 55.18               |
| <b>14</b>      | 120                 | 5         | 46.13               |
| <b>15</b>      | 150                 | 4         | 55.32               |
| <b>16</b>      | 150                 | 4.5       | 53.13               |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

En la Tabla 12 se realizaron 16 corridas, cada una con combinaciones específicas de los factores ( $X_{TI}$ ) y ( $X_P$ ), y se evaluó el contenido de proteína como variable respuesta. La corrida 11 presentó el mayor contenido de proteína, alcanzando un 57.83 %. Este alto valor se atribuye a las condiciones de mayor tiempo de precipitación y un pH más bajo. Según Gualotuña & Quindiles (2024) en su investigación "Obtención de un aislado proteico de la harina de dos variedades de haba (*Visia Jaba*): haba sultana y haba peruana mediante las fases de extracción alcalina y precipitación isoelectrica", se concluye que someter la muestra a un tiempo de precipitación prolongado y un pH reducido favorece la extracción de proteínas.

El mayor tiempo de precipitación y el pH bajo favorecen la extracción de proteínas por varios motivos:

El mayor tiempo de precipitación y un pH bajo mejoran la extracción de proteínas debido a la precipitación isoelectrica, un proceso en el que las proteínas se agregan y se separan del líquido cuando alcanzan su punto isoelectrico, es decir, el pH en el que su carga neta es cero. A medida que el pH disminuye, las proteínas se desproporcionan, facilitando su agregación y posterior precipitación. Además, un tiempo de precipitación prolongado permite que las proteínas restantes tengan más oportunidad de precipitarse, lo que aumenta el rendimiento global del proceso (Barba, 2021).

**Tabla 13.** *Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína*

| <b>Indicador</b> | <b>Modelo codificado</b> |
|------------------|--------------------------|
| Intercepto       | 52.49                    |
| $X_{TI}$         | 3.56*                    |
| $X_P$            | -2.35*                   |
| $X_{TI} X_P$     | -0.18*                   |
| $X_{TI^2}$       | -0.72*                   |
| $X_{P^2}$        | 0.095*                   |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| R <sup>2</sup>          | 0.9890  |
| R <sup>2</sup> ajustado | 0.9835  |
| F modelo                | 179.31* |
| F falta de ajuste       | 1.76    |

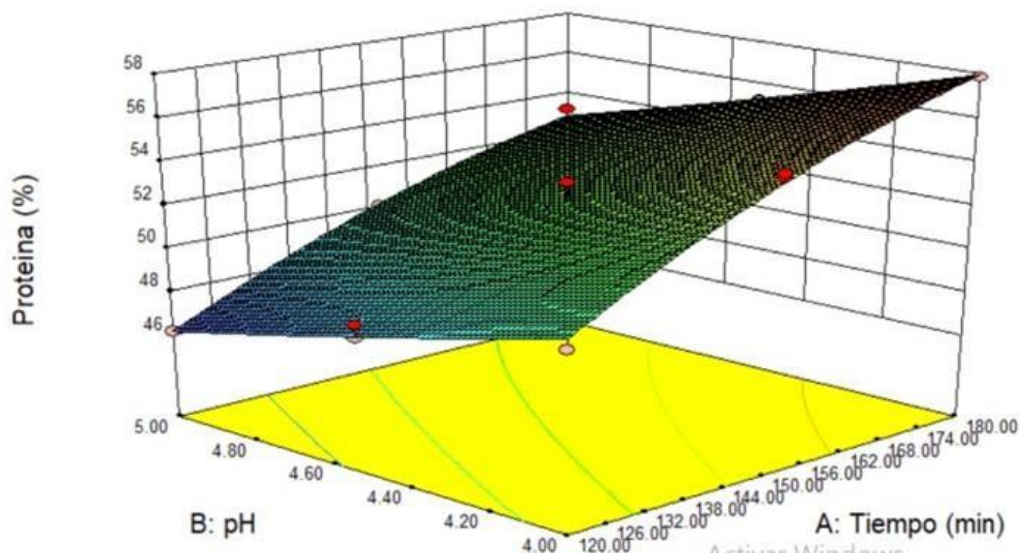
**TI:** tiempo de precipitación, **P:** pH \*Valor significativo para  $p \leq 0,001$ . **Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025).

El modelo se adapta a un modelo cuadrático. El intercepto determinado es 52,49, representa el rendimiento esperado cuando todas las variables codificadas, tiempo ( $\square_{\square I}$ ) y pH ( $\square_{\square}$ ), son cero. La temperatura ( $\square_{\square I} = 3.56$ ) y su significancia ( $p \leq 0,001$ ) sugiere que un incremento en el tiempo de precipitación aumenta el contenido de proteína (Cevallos, 2023). Este hallazgo es consistente con la información de que al trabajar con un mayor tiempo de precipitación y menor pH se obtiene una mayor cantidad de proteínas (Benavides, 2023). El pH ( $\square_{\square} = 0.095$ ) también es significativo ( $p \leq 0,001$ ), este coeficiente indica que a un menor pH mayor extracción de contenido de proteína, sugiriendo que tanto el aumento de tiempo de precipitación y menor pH tienen efectos tridimensionales sobre la preservación de la proteína (Álvarez, 2022). El coeficiente de correlación ( $\square^2 = 0.9890$ ) y  $\square^2_{\square\square\square\square\square\square\square\square} = 0.9835$  son muy altos, lo que muestra que el modelo expone una gran proporción de la variabilidad en el contenido de proteína; esto sugiere que las variables tiempo ( $\square_{\square\square}$  y pH ( $\square_{\square}$ ) son buenos predictores del contenido de proteína en la harina de chocho. El F modelo 179.31 indica su significancia total. Los valores con asteriscos representan diferencias significativas. La falta de ajuste 1.76 indica que puede haber falta de ajuste en el modelo.

La figura 1, presenta un modelo de superficie de respuesta que ilustra cómo la ( $\square_{\square I}$ ) y ( $\square_{\square}$ ) obtención del aislado afectan el contenido de proteína en la harina de chocho INIAP-450. Este modelo visualiza la interacción entre estas dos variables independientes y su impacto en la

preservación de la proteína, proporcionando una comprensión clara de las condiciones óptimas para maximizar el contenido de proteína.

**Figura 1.** *Contenido de proteína*



**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

En la Figura 1, muestra una representación tridimensional que muestra la relación entre variables, donde el eje Y muestra el porcentaje de proteína (%), eje X el tiempo, eje Z el pH. El eje de porcentaje de proteína indica el resultado o variable dependiente, mientras que el pH y el tiempo son variables independientes que influyen en la cantidad de proteína observada. El gráfico tiene una superficie en colores degradados que representa cómo cambia el porcentaje de proteína en función de los valores de tiempo y pH.

Se observa que, a valores más bajos de pH, el porcentaje de proteína tiende a disminuir. A medida que el pH aumenta, hay una tendencia de incremento en el porcentaje de proteína. En tiempos más cortos (valores más bajos en el eje X), el porcentaje de proteína es menor.

Conforme aumenta el tiempo, el porcentaje de proteína también aumenta de manera progresiva.

**Tabla 14.** *Pronóstico de optimización para la obtención del aislado de proteína de chocho en función del tiempo y pH*

|   | <b>Tiempo (min)</b> | <b>pH</b> | <b>Proteína (%)</b> | <b>Deseabilidad</b> |
|---|---------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 1 | 179.54              | 4.01      | 57.83               | 1.00                |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta, 2025).

En la Tabla 14 se presenta el pronóstico obtenido para la combinación de los diversos niveles de condiciones que maximizan el rendimiento proteico en un 57.83%. En suma, se trata de una combinación de las condiciones mencionadas anteriormente en un tiempo de extracción de 179.54 minutos y a un pH de 4,01. Específicamente, el valor bajo del pH se acerca al punto isoeléctrico de las proteínas del chocho, lo que facilita su precipitación y posterior separación como aislado proteico. Tenga en cuenta que  $D = 1.00$  significa que el perfection recomendado cumple con éxito los objetivos del proceso optimizado.

Además, trabajar a un pH cercano al punto isoeléctrico de las proteínas es una estrategia común en la mayoría de los procesos de extracción, porque a pH bajo estas moléculas presentan muy baja cantidad de solvatación y, como consecuencia, ceden su solubilidad natural para precipitarse. Por lo tanto, la elección y ajuste cuidadoso del pH en la escala siguiente resulta ser esencial para un máximo rendimiento sin deteriorar la funcionalidad de la proteína extraída, ni de su calidad.

### 2.10.3. Análisis proximal del aislado de proteína de chocho

Para la determinación de los componentes principales y la calidad nutricional del aislado proteico de chocho se llevó a cabo un análisis proximal, en el se midió humedad, ceniza, grasa, fibra, carbohidratos y proteínas con los siguientes resultados:

**Tabla 15.** Caracterización química proximal del aislado de proteína de chocho

| Parámetro     | Valor en % |
|---------------|------------|
| Humedad Total | 0.65       |
| Proteína      | 57.8       |
| Fibra         | 40.50      |
| Grasa         | 5.87       |
| Ceniza        | 4.89       |
| Carbohidratos | 24.2       |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La tabla 15 muestra el análisis proximal del aislado de proteína de chocho este reveló una composición química balanceada, destacando un alto contenido de proteína y fibra dietética, lo que resalta su potencial como ingrediente funcional en productos alimenticios. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Estos datos, obtenidos indican que el aislado de proteína de chocho posee un bajo contenido de humedad, lo que favorece su estabilidad y conservación. Además, su elevado nivel de proteína (57.8 %) lo posiciona como un ingrediente clave para la fortificación proteica de alimentos. Por otro lado, la significativa cantidad de fibra (40.50 %) aporta beneficios funcionales adicionales,

como mejora de la salud digestiva y reducción del índice glucémico en formulaciones alimenticias.

Asimismo, el bajo contenido de grasa (5.87 %) y la proporción moderada de carbohidratos (24.2 %) lo hacen adecuado para aplicaciones en productos bajos en calorías o diseñados para dietas específicas. El contenido de cenizas (4.89 %) sugiere una buena presencia de minerales, lo cual también puede contribuir a enriquecer el perfil nutricional de los alimentos en los que se incorpore esté aislado.

Barrionuevo (2021) menciona que el pH de extracción y precipitación son factores claves en el rendimiento de la obtención del aislado proteico. En el caso del contenido de proteína, en su investigación “Análisis proximal y perfil de aminoácidos del aislado proteico de chocho andino ecuatoriano (*Lupinus mutabilis*)” (González, 2022) obtuvieron los siguientes datos 67,25 % de proteína, 18,67 % de carbohidratos totales y 5,95 % de grasa. El contenido de proteína analizado del aislado en este estudio fue de 57.8 %, mientras que Guerra y Pozo reportaron un valor superior, de 67.25 %. Estas diferencias podrían atribuirse a variaciones en las técnicas de extracción utilizadas, como el tipo de solvente, el pH de extracción o las condiciones de procesamiento. Además, la pureza del aislado y la presencia de otros componentes residuales, como la fibra, pueden influir en la concentración proteica.

El contenido de humedad en este estudio fue significativamente menor (0.65 %) en comparación con el 4.01%. Esto indica que el aislado de este estudio tiene una mayor estabilidad y un menor riesgo de deterioro microbiológico, lo que podría ser ventajoso para su almacenamiento y vida útil. Sin embargo, un nivel de humedad extremadamente bajo también podría influir en la manejabilidad del producto durante su procesamiento.

Los valores de grasa y cenizas fueron similares en ambos estudios, con pequeñas variaciones: este estudio reportó un contenido graso de 5.87 % y cenizas de 4.89 %, mientras que se encontró 5.95 % de grasa y 4.12 % de cenizas. Estas diferencias menores podrían deberse a las



condiciones de procesamiento o a la composición inicial de las semillas utilizadas, que pueden variar según el lugar de cultivo y las condiciones ambientales.

El contenido de carbohidratos fue de 24.2 % en este estudio, en comparación con el 18.67 %.

Las diferencias podrían estar relacionadas con la inclusión de fibra como parte de los carbohidratos totales o con variaciones en el método de cálculo de este parámetro.

#### ***2.10.4. Análisis de aminoácidos del aislado de proteína de chocho INIAP - 450 Andino.***

***Tabla 16. Aminoácidos identificados en el aislado proteico de chocho INIAP 450 Andino***

| <b>Aminoácidos</b>         | <b>Valor en %</b> |
|----------------------------|-------------------|
| Histidina                  | 0.061             |
| Arginina                   | 0.641             |
| Serina                     | 0.000             |
| Aspártico                  | 0.125             |
| Glutámico                  | 0.791             |
| Lisina                     | 0.000             |
| Glicina                    | 0.228             |
| Valina                     | 0.378             |
| Alanina - Tirosina         | 0.237             |
| Prolina                    | 0.406             |
| Metionina                  | 0.014             |
| Fenilalanina               | 0.181             |
| Treonina                   | 0.136             |
| Isoleucina                 | 0.196             |
| Leucina                    | 0.272             |
| <b>Aminoácidos Totales</b> | <b>3.667</b>      |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La tabla 16 indica que la composición de aminoácidos obtenida del aislado proteico muestra un contenido total del 3.667 %, con una distribución heterogénea entre los distintos aminoácidos. Entre los más abundantes se encuentran el ácido glutámico (0.791 %) y la arginina (0.641 %). Estos compuestos destacan por sus propiedades funcionales: el ácido glutámico contribuye al sabor umami, un atributo valioso en aplicaciones sensoriales, mientras que la arginina está relacionada con beneficios metabólicos, como la síntesis de óxido nítrico, que favorece la salud cardiovascular y el desempeño muscular (Romero, 2021).

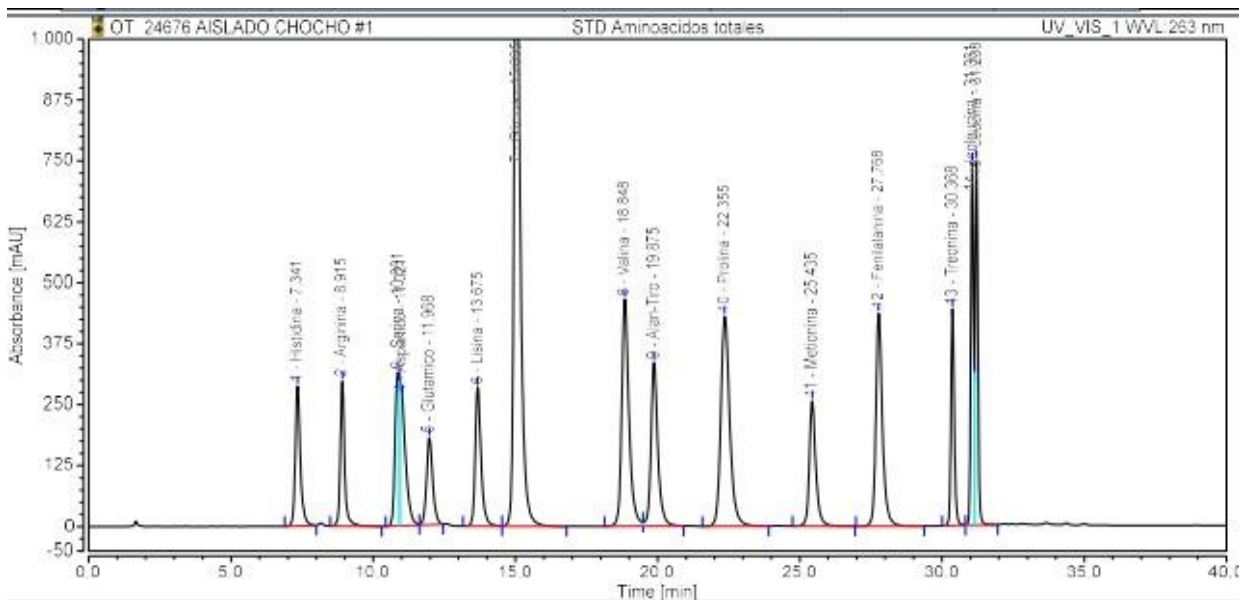
Por otro lado, algunos aminoácidos esenciales, como la valina (0.378 %), la isoleucina (0,196 %), la leucina (0.272 %) y la treonina (0.136 %), están presentes en cantidades moderadas. Estos compuestos son fundamentales para funciones como la síntesis de proteínas y el mantenimiento del tejido muscular (Castañeda, 2024), lo que sugiere que el aislado puede ser útil en aplicaciones alimenticias específicas. La ausencia de lisina (0.000 %), un aminoácido esencial clave para la síntesis de colágeno, la absorción de calcio y el sistema inmunológico, representa una importante limitación nutricional que podría impactar negativamente su valor como fuente proteica principal (Barba, 2021).

El contenido extremadamente bajo de metionina (0,014%), otro aminoácido esencial, también sugiere que este aislado no puede satisfacer los requisitos de aminoácidos esenciales cuando se consume como única fuente de proteína. La metionina es crucial para la síntesis de cisteína y compuestos antioxidantes como el glutatión, que son esenciales para la función celular y la protección contra el estrés oxidativo. La falta de serina (0,000%), otro aminoácido no esencial, también podría afectar su aplicabilidad, ya que participa en procesos metabólicos clave, como la síntesis de fosfolípidos. Desde la perspectiva funcional, el perfil de aminoácidos sugiere que este aislado tiene limitaciones críticas cuando se busca como la única fuente de proteína en productos alimenticios. Sin embargo, su alta concentración de ácido glutámico y arginina lo convierte en una base significativa para aplicaciones específicas, como suplementos

alimenticios especializados para deportistas diseñados para promover la salud cardiovascular. En tales aplicaciones, el aislado complementaría otras fuentes de proteína más completas para crear un perfil de aminoácidos equilibrado.

Aunque el aislado proteico de chocho presenta ciertas limitaciones nutricionales, principalmente debido a la ausencia de lisina y los bajos niveles de metionina, su perfil de aminoácidos lo hace adecuado para ser utilizado en combinaciones con otras proteínas. Su alta proporción de glutámico y arginina podría explotarse en productos funcionales o especializados. Para optimizar su uso, sería necesario complementar su perfil nutricional mediante la adición de otras proteínas o aminoácidos esenciales.

**Figura 2.** Cromatografía de aminoácidos identificados en el aislado proteico de chocho INIAP 450 Andino



**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

En la figura 2 se identifica el perfil de aminoácidos obtenido a partir de la cromatografía del aislado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) revela un contenido total de aminoácidos del 3.667 %, lo que indica una extracción efectiva de la fracción proteica. Entre los aminoácidos presentes, el ácido glutámico (0.791 %) es el más abundante, lo que sugiere un

potencial para mejorar las propiedades organolépticas del aislado, ya que este aminoácido está asociado con la intensificación del sabor umami en productos alimenticios.

En este sentido, se recomienda su combinación con fuentes proteicas complementarias, como cereales, que son ricos en lisina, pero deficientes en otros aminoácidos como la metionina (Cevallos, 2023).

En cuanto a los aminoácidos esenciales, se identificaron valina (0.378 %), leucina (0.272 %) e isoleucina (0.196 %), los cuales son importantes para la síntesis muscular y el metabolismo energético. La presencia moderada de estos aminoácidos sugiere que el aislado de proteína de chocho podría tener aplicaciones en formulaciones nutricionales.

La cromatografía de aminoácidos permite evaluar la calidad del aislado proteico en términos de su valor nutricional y su posible funcionalidad en la industria alimentaria (González, 2022).

A pesar de la limitación en ciertos aminoácidos esenciales, el contenido de aminoácidos totales y la alta presencia de ácido glutámico resaltan el potencial del aislado de chocho como un ingrediente funcional en la fortificación de productos alimenticios.

#### ***2.10.5. Análisis de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho***

Para la elaboración de las galletas fortificadas con aislado proteico de chocho INIAP 450 Andino se tomó en cuenta una formulación base, basada en la formulación establecida por (Juárez, 2022) la misma que no altere las características organolépticas del producto final. A continuación, se muestra un desglose detallado de los insumos utilizados en el proceso de elaboración de la galleta:

**Tabla 17.** *Formulación para la elaboración de galletas*

| <b>Insumos</b>             | <b>Porcentaje (%)</b> | <b>Gramos (g)</b> |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Harina de trigo            | 50 %                  | 450 g             |
| Aislado proteico de chocho | 15 %                  | 135g              |
| Mantequilla                | 10 %                  | 90 g              |

|                             |      |      |
|-----------------------------|------|------|
| Huevos                      | 7 %  | 63 g |
| Azúcar                      | 10 % | 90 g |
| Esencia de vainilla         | 5 %  | 45 g |
| Leudante (Polvo de hornear) | 3 %  | 27 g |

---

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

En la tabla 17 se muestra la formulación de una galleta fortificada con 450 g de harina de trigo y un total de 900 gr de mezcla. Muestra un enfoque equilibrado entre funcionalidad, sabor y valor nutricional. Cada ingrediente desempeña un papel específico en la estructura, el sabor y las características finales del producto.

La harina de trigo (50 %) constituye la base estructural de la galleta, aportando carbohidratos y permitiendo la formación de gluten para dar cohesión a la masa (Rodríguez-Sandoval et al., 2020). Según López (2007), el análisis químico proximal de la harina de trigo suave reveló un contenido proteico de 9.09 %, lo que indica que la harina contribuye moderadamente al contenido de proteínas. Además, presentó un 1.2 % de fibra, 0.59 % de grasa, 0.96 % de cenizas y un 13.71 % de humedad. Estos valores pueden influir en la textura y la estabilidad de la masa, afectando la absorción de agua y la cohesión durante el proceso de mezcla y horneado. El aislado proteico de chocho (15 %) añade un valor nutricional significativo al aumentar el contenido de proteínas, manteniendo una proporción que evita problemas como una textura demasiado densa o sabores amargos, habituales en cantidades mayores de este ingrediente.

La mantequilla (10 %) y los huevos (7 %) complementan la textura y la cohesión de la galleta (Capurro y Huerta, 2016). La mantequilla aporta suavidad y mejora el sabor, mientras que los huevos actúan como aglutinantes, añaden proteínas y ayudan a retener humedad, proporcionando un equilibrio que asegura una textura tierna pero crujiente (Montesinos et al., 2024).

El azúcar (10 %) aporta dulzor y desarrollo de color, sabor mediante la caramelización y la reacción de Maillard durante el horneado. La esencia de vainilla (5 %) enriquece el perfil sensorial, enmascarando cualquier nota amarga residual del aislado proteico. Finalmente, el polvo para hornear (3 %) asegura un leve leudado, ayudando a que la galleta tenga una textura más ligera y atractiva (Romero, 2021).

El proceso de horneado, establecido a 180 °C, es adecuado para preservar las características funcionales de los ingredientes sin sobre cocinar las proteínas. Sin embargo, es crucial un monitoreo preciso del tiempo de horneado para evitar que la galleta se seque o endurezca en exceso.

**Tabla 18.** *Análisis organoléptico de la galleta*

| <b>Características</b> | <b>Descripción</b>  |
|------------------------|---|
| <b>Textura</b>         | La galleta presenta una textura suave en su interior, ligeramente densa debido al aislado proteico, con una capa exterior crujiente gracias a la mantequilla.   |
| <b>Elasticidad</b>     | Baja elasticidad, debido a la limitada formación de gluten y la influencia del aislado proteico de chocho, lo que hace que la galleta sea más firme y compacta. |
| <b>Sabor</b>           | Sabor equilibrado, con dulzura moderada gracias al azúcar y la esencia de vainilla, que contrarrestan el amargor del aislado proteico de chocho.                |
| <b>Aroma</b>           | Aroma cálido y agradable, típico de las galletas recién horneadas, con notas de vainilla que mejoran la percepción sensorial.                                   |

**Apariencia**

Superficie dorada y ligeramente crujiente por la caramelización del azúcar y la reacción de Maillard durante el horneado.

**Sensación en la boca**

Suave, ligeramente untuosa por la mantequilla, pero más densa debido al aislado proteico, ofreciendo una sensación menos ligera que las galletas tradicionales.

---

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La tabla 18 presenta las principales características de la galleta fortificada. En cuanto a textura, la combinación de harina de trigo, aislado proteico de chocho, mantequilla y huevos genera una galleta con un interior suave y ligeramente denso, mientras que su exterior tiene una textura crujiente, lo que la hace atractiva tanto en sabor como en sensación al masticar. La elasticidad es baja, lo cual es esperado en este tipo de galletas, ya que no requieren una gran expansión o estiramiento. Esto se debe a la cantidad moderada de harina y la presencia del aislado proteico, que contribuye a una mayor firmeza.

En términos de sabor, la mezcla de azúcar y esencia de vainilla equilibra el amargor potencial del aislado proteico de chocho, creando una galleta con un sabor dulce y agradable, con un toque aromático distintivo. El aroma será también cálido y tentador, lo que refuerza la aceptación sensorial del producto. La apariencia de la galleta, dorada por la reacción de Maillard, es visualmente atractiva y consistente con lo esperado en un producto de galleta tradicional. Por último, la sensación en boca será suave y algo densa debido a la presencia del aislado proteico, lo que ofrece una experiencia de consumo más sustanciosa comparada con las galletas convencionales.

En conjunto, la formulación logra un equilibrio entre valor nutricional y características sensoriales agradables, lo que hace que esta galleta fortificada tenga un perfil sensorial atractivo y una textura adecuada para su propósito.

Castañeda (2024) menciona que la incorporación de harina y concentrado de *Lupinus mutabilis* Sweet al 20 %, 12 %, y 30 % en las mezclas de harina de trigo permitió mejorar el contenido proteico y el perfil de aminoácidos de las galletas, sin afectar significativamente las características sensoriales como el sabor y la textura. Esto sugiere que una fortificación moderada (entre 12 % y 30 %) con harina o concentrado de chocho tiene un impacto positivo en el valor nutricional sin comprometer demasiado las cualidades sensoriales.

En este estudio se incorporó un 30 % de aislado proteico de chocho y un 50 % de harina de trigo en la formulación de las galletas. El aislado proteico es una forma más concentrada de *Lupinus mutabilis sweet*, lo que implica que el impacto en el contenido proteico y el perfil de aminoácidos será más significativo que en el caso del concentrado o la harina, que contienen más componentes no proteicos. El uso de 30 % de aislado es una cantidad alta y probablemente produce una mayor densidad y firmeza en las galletas debido al alto contenido proteico. Sin embargo, en este caso, el uso de un 30 % de aislado proteico resulta un contenido proteico más alto y probablemente una textura más densa y firme que en el estudio de López, donde el concentrado y la harina de chocho (en menores proporciones) permitieron mantener una sensación sensorial más cercana a las galletas tradicionales. Ambos enfoques sugieren que el chocho es un ingrediente efectivo para la fortificación de galletas, aunque en este estudio muestra un nivel de fortificación más alto que podría influir más en la textura y el sabor y componentes nutricionales.

#### **2.10.6. Nivel de aceptación de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho**

Con el fin de conocer el nivel de aceptación de las galletas fortificadas con aislado proteico de chocho, se llevó a cabo una encuesta sensorial en la que se calificaron diversos aspectos de la galleta, tales como apariencia, color, olor, sabor y textura. Los catadores asignaron puntuaciones utilizando una escala de 5 parámetros, lo que permitió obtener una visión detallada sobre la percepción de las galletas en cuanto a estos aspectos.



**Tabla 19.** Resultados obtenidos en la encuesta de aceptación de la galleta fortificada.

|                   | Me gusta mucho | Me gusta    | Ni me gusta ni me disgusta | Me disgusta | Me disgusta poco | Total        |
|-------------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|------------------|--------------|
| Apariencia        | 25             | 5           | 2                          | 1           | 2                | 35           |
| Color             | 20             | 6           | 5                          | 2           | 2                | 35           |
| Olor              | 17             | 15          | 3                          | 0           | 0                | 35           |
| Sabor             | 28             | 4           | 2                          | 1           | 0                | 35           |
| Textura           | 15             | 4           | 3                          | 6           | 7                | 35           |
| <b>Porcentaje</b> | <b>60 %</b>    | <b>19 %</b> | <b>6 %</b>                 | <b>6 %</b>  | <b>6 %</b>       | <b>100 %</b> |

Fuente: (Muñoz & Toapanta.,2025)

La Tabla 19 presenta los resultados de la encuesta aplicada a 35 estudiantes de la carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi. En esta encuesta, se clasificaron cinco atributos sensoriales de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho: apariencia, color, aroma, sabor y textura. Para ello, se utilizó una escala hedónica de cinco niveles: "Me gusta mucho", "Me gusta", "Ni me gusta ni me disgusta", "Me disgusta" y "Me disgusta mucho".

**Gráfico 1** Nivel de aceptación de las galletas fortificadas

Fuente: (Muñoz & Toapanta.,2025)

En el gráfico 1 refleja el nivel de aceptación de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho, permitiendo visualizar de manera clara la percepción de los participantes en cada uno de los atributos evaluados teniendo como resultado los siguientes datos.

**Gráfico 2.** Porcentaje de aceptación de las galletas fortificadas



**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

El Gráfico 2 muestra el porcentaje de aceptación de la galleta fortificada con aislado de proteína de chocho. Los resultados indican que el **60 %** de los encuestados calificó la galleta con "**Me gusta mucho**", mientras que el **19 %** eligió "**Me gusta**". Los niveles de menor aceptación

fueron "**Ni me gusta ni me disgusta**" (9 %), "**Me disgusta poco**" (6 %) y "**Me disgusta**" (6 %).

Los resultados de la evaluación sensorial indican que la galleta enriquecida con aislado de proteína de chocho goza de un alto nivel de aceptación. La mayoría de los encuestados brindó calificaciones positivas en aspectos como apariencia, color, aroma, sabor y textura, lo que sugiere que este producto tiene un gran potencial para ser bien recibido por los consumidores. En referencia a la investigación de Flores (2016) en su estudio titulado “Evaluación del efecto del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedad blanca juli en las características sensoriales de galletas enriquecidas”, se señala que el grado de aceptabilidad de las galletas con aislado proteico de quinua alcanzó un 88.75%, lo cual indica que este enriquecimiento no afecta negativamente la aceptación del producto.

Además, la presencia de proteína en las galletas mejora la coloración de su corteza. Los cambios que ocurren durante el proceso de horneado se asocian con un fenómeno conocido como pardeamiento o reacción de Maillard, que implica la interacción entre las proteínas y los azúcares.

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

#### **3.1. IMPACTOS TÉCNICOS**

Utilizar aislado de proteína de chocho para fortificar las galletas mejora su valor nutricional incorporando alimento proteico vegetal de alta calidad. Desde el punto de vista funcional, influye en la estabilidad de la masa, el contenido de humedad y la capacidad emulsionante, pero puede promover una textura más densa y un sabor terroso, cuestiones que exigen ajustes en la producción. A nivel de proceso, es fundamental controlar la temperatura para no desnaturalizar las proteínas y optimizar la calidad sensorial. Si bien supone desafíos, la inclusión sitúa al alimento como saludable, funcional y sostenible para la respuesta a las expectativas del mercado actual.

### **3.2. IMPACTOS SOCIALES**

Por otra parte, el uso de aislado de proteína de chocho en galletas fortificadas impacta socialmente a través de una alimentación más saludable y accesible, especialmente en poblaciones con alta deficiencia proteica. Al incluir chocho fomenta el cultivo del mismo en áreas rurales, lo que pack secunda la economía de esta area y aumenta el empleo en las comunidades agropecuarias. Además, al considerar un tipo de proteína vegetal se incorpora a las demandas contemporáneas de opciones sostenibles, veganas y éticas, reduciendo el impacto ambiental. Por su parte, este tipo de innovación alimentaria permitirá que productos funcionales estén más a la mano de la población, facilitando la incorporación de opciones saludables en la mayoría de las dietas.

### **3.3. IMPACTOS AMBIENTALES**

De esta manera, el uso de aislado de proteína de chocho en galletas fortificadas con micronutrientes impacta de forma positiva al ambiente, ya que su huella de carbono es reducida dada su naturaleza como proteína vegetal con menor requerimiento en recursos hídricos y de tierras comparados a las fuentes animales. Por otro lado, la naturaleza del cultivo del chocho mejora la fertilidad del suelo debido a su capacidad de fijación de nitrógeno y se disminuye la necesidad de fertilizantes químicos industriales. Asimismo, la transformación de chocho permite una mejor utilización de subproductos aplicando economía circular y reduciendo desechos. Por lo tanto, esta alternativa representa una opción sostenible para la industria alimentaria.

### **3.4. IMPACTOS ECONÓMICOS**

El uso de aislado de proteína de chocho en galletas fortificadas tiene un impacto económico positivo al fomentar el desarrollo de economías locales mediante el cultivo de chocho, generando empleo y beneficios para comunidades rurales. Al incrementar el valor agregado de las galletas, estas pueden posicionarse en mercados de alimentos funcionales y saludables,

aumentando su competitividad. Asimismo, la exportación de productos con ingredientes nativos como el chocho abre oportunidades en mercados internacionales interesados en opciones sostenibles, beneficiando la economía nacional.

#### 4. RECURSOS Y PRESUPUESTO

##### 4.1.COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO INIAP -450 ANDINO.

En la tabla 20 se presentan los recursos utilizados para la obtención de MP para adquirir proteína aislada de chocho INIAP-450 Andino En el análisis financiero realizado en la tabla 20, se muestra en detalle los recursos utilizados para adquirir la materia prima que permitió la generación de proteína aislada de chocho a partir de la variedad INIAP-450 Andino. Por tanto, este estudio resulta esencial para comprender todos los gastos iniciales sobre el proceso de producción. De igual manera, brinda bases para la planificación y gestión de recursos económicos.

**Tabla 20.** *Materia prima, INIAP-450 Andino.*

| <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo Total</b> |
|-------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Chocho INIAP-450 Andino | Kg            | 9               | \$ 1,80               | \$ 16,20           |
| <b>Total (\$)</b>       |               |                 |                       | <b>\$ 16,20</b>    |

**Fuente:** *(Muñoz & Toapanta.,2025)*

La Tabla 20 resume uno de los elementos claves sobre la factibilidad económica de la producción de harina de chocho INIAP-450 Andino. La inversión sobre la semilla fue de \$ 16.20 para 9 kilogramos del chocho seleccionado. Asimismo, en contra de los costos de producción se puede observar la realidad existente que afirma la correlación directa de la inversión económica requerida y la calidad de la materia prima.

A pesar del alto volumen de la semilla necesaria, lo cual podría parecer alto en primera instancia, no debe considerarse de tal manera ya que la calidad de la semilla seleccionada, en este caso, el chocho INIAP-450 Andino, es un factor clave del producto final. Cuando seleccionamos un

cultivo con un rendimiento superior y calidad final nutricional, justifica plenamente la inversión en s por kilogramo.

El precio por unidad de volumen, en este caso, es de \$ 1.80 por kilogramo, lo cual es una inversión en una materia prima de calidad superior, conocida por sus propiedades superiores y adecuada selección y adaptación a las condiciones locales los cuales resaltan su precio en el mercado. Además, mejora la competencia del producto final en el mercado en caso de que se distribuye la rama en alta parten y baja parte etc. Ya que solo representa un aspecto del componente financiero del proyecto, este nivel de inversión en la materia prima bajo rendimiento es. Es importante considerar otro aspecto, cómo la eficiencia del proceso de producción, el costo de operación, calidad y recurso, el cual no afecte en la rentabilidad. Cada cambio en el precio de cada kilogramo del chocho afectaría directamente en la ganancia. Por lo que, asegurarse del precio justo y sustentable sería implicante.

La Tabla 21 muestra la sección financiera, el gasto sobre el aislado de proteína de chocho INIAP-450 Andino. Porque cada sección importante para entender del gasto es crucial para asegurar la economica y entender detenido de beneficios sobre el proyecto.

**Tabla 21.**

*Reactivos*

| <b>Descripción</b>          | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|-----------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Hidrogenocarbonato de sodio | g             | 500             | \$ 2,00               | \$ 2,00            |
| Ácido acético               | l             | 6               | \$ 2,50               | \$ 15,00           |
| Agua destilada              | l             | 10              | \$ 1,15               | \$ 11,50           |
| <b>Total</b>                |               |                 |                       | <b>\$ 28,00</b>    |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La tabla 21, factibilidad económica para producir aislado de proteína de chocho. En la tabla se obtiene que los costos totales que se incurrieron en la adquisición de 3 libras de aislado de

chocho INIAP-450 Andino fueron de \$28,00. Los reactivos utilizados como materia prima para obtener el aislado de proteína mostraron una relación directa con el costo de producción, mostrando que el proceso era económicamente viable.

La tabla 22, costos de materiales utilizados en aislado de proteína. La tabla presenta un desglose detallado y fundamental de los costos asociados con los materiales usados en la producción del aislado de proteína. Por lo tanto, permite el análisis integral de los gastos en cada etapa del proceso, lo que es crítico para la evaluación de la viabilidad económica. El análisis no solo proporciona una visión clara de los recursos requeridos, como reactivos y su costo total, sino que también es crucial para optimizar el uso de los insumos en la producción.

**Tabla 22.**

*Materiales*

| <b>Descripción</b>       | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|--------------------------|-----------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| Lienzo                   | m               | 1             | \$ 1,00               | \$ 1,00            |
| Papel filtro             | u               | 1             | \$ 1,80               | \$ 1,80            |
| Cucharas                 | u               | 12            | \$ 0,05               | \$ 0,60            |
| Recipientes<br>plasticos | u               | 10            | \$ 0,15               | \$ 1,50            |
| <b>Total</b>             |                 |               |                       | <b>\$ 4,90</b>     |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La tabla 22 refiere al costo total de \$4,90 asociado con los materiales utilizados en el proceso de producción de aislado de proteína. Como resultado, se demuestra que la producción en cuestión es económicamente factible. Asimismo, un análisis detallado demuestra mi la

naturaleza directa y en gran medida, independiente de cada insumo en relación con el costo total. Por lo tanto, resulta esencial para la evaluación de la rentabilidad de proceso de producción. Por un lado, la presentada información también proporciona perspectivas sobre las áreas en las que brinda optimización de recursos. Por otro lado, esta oportunidad permite reducir los costos y mejorar la eficacia de cada etapa del proceso de producción. Este factor garantiza la sostenibilidad y competitividad a largo plazo del producto final.

La tabla 23 a continuación representa evidencia acerca de la estructura de costos que se encuentran asegurados en las etapas de distribución y almacenamiento.

**Tabla 23.**

*Costos de empaque*

| <b>Descripción</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|--------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Fundas Zipper      | U             | 10              | \$ 0,20               | \$ 2,00            |
| <b>Total (\$)</b>  |               |                 |                       | <b>\$ 2,00</b>     |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La tabla 23 establece el uso de 11 fundas plásticas con cierre Zipper, con un costo unitario de \$0,20 cada una, por un total de \$2,00 bolsas para el empaque. Aunque puede pensarse en un costo relativamente bajo, es necesario pensar en el efecto total en cuanto al empaque de producción. Asimismo, cabe resaltar que, en economías a gran escala, los costos del empaque juegan un papel esencial en la competitividad del producto final.

Por otro lado, la tabla 24 establece la clasificación del desglose en el costo indirecto de producción, y aunque no está directamente relacionado con el proceso de fabricación del producto, tiene un efecto sustancial en el costo total de la producción. Según ello, el desglose posee aspectos tales como el agua potable y la electricidad para referir sus factores, y esta información de los costos de electricidad fue dada por ELEPCOSA COTOPAXI donde tienen plasmados los costos de la luz por el kWh.

**Tabla 24.**



*Costos indirectos de producción.*

| <b>Costo Indirecto</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Costo Unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Agua potable           | L             | 215             | \$ 0,00031            | \$ 0,066           |
| Electricidad           | kWh           | 8               | \$ 0,13               | \$ 1,04            |
| <b>Total (\$)</b>      |               |                 |                       | <b>\$ 1,10</b>     |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

El desglose de los costos indirectos de producción representados en la tabla 24 se acerca a un total de 1,10 dólares. Aunque este valor parece moderado, hay que recordar que se vuelve más significativo en caso de operaciones a gran escala o en presencia de sitios de producción que requieren monetización para el funcionamiento. Además, hay que subrayar que mis datos solo cubrieron dos categorías de costos indirectos, excluyendo otros gastos posibles, como los dirigidos al mantenimiento o la depreciación de los equipos y los costos administrativos. En consecuencia, esta revelación podría carecer de la representación completa de los costos indirectos total de producción.

**Tabla 25.**

*Costos de análisis*

| <b>Descripción</b>             | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|--------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Análisis Proximal de la harina | u             | 1               | \$ 60,00              | \$ 60,00           |
| Análisis proximal del aislado  | u             | 1               | \$ 50,00              | \$ 50,00           |
| Análisis de aminoácidos        | u             | 1               | \$, 200,00            | \$, 200,00         |
| <b>Total</b>                   |               |                 |                       | <b>\$ 310,00</b>   |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

Se resume en la tabla 25 el desglose del costo de todos los análisis realizados tanto en la harina de chocho como en el aislado de proteína de chocho. En esta, se explica cuánto costó cada una

de las distintas partes y procesos implicados en los análisis y, sumado todo, resulta un costo total acumulado de \$310,00.

**Tabla 26.**

*Materia prima en la elaboración de la galleta.*

| <b>Descripción</b>  | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|---------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Harina de trigo     | lb            | 2               | \$ 0,65               | \$ 1,30            |
| Mantequilla         | lb            | 1               | \$ 1,25               | \$ 1,25            |
| Huevos              | u             | 4               | \$ 0,15               | \$ 0,60            |
| Azúcar              | lb            | 1               | \$ 0,50               | \$ 0,50            |
| Polvo para hornear  | u             | 2               | \$ 0,30               | \$ 0,60            |
| Esencia de vainilla | u             | 1               | \$ 2,50               | \$ 2,50            |
| <b>Total</b>        |               |                 |                       | <b>\$ 6,75</b>     |

**Fuente:** (Muñoz & Toapanta.,2025)

La tabla 26 detalla el costo asociado a la materia prima, el cual asciende a un total de \$6,75.

Este monto representa una proporción significativa dentro del costo total de producción, destacándose como un factor clave en el análisis de viabilidad económica del producto. La competitividad de este valor dependerá en gran medida de la productividad alcanzada durante el proceso de fabricación, así como del rendimiento final obtenido en las galletas fortificadas con aislado de proteína de chocho. En este sentido, un mayor aprovechamiento de los insumos y una optimización en las etapas del proceso productivo podrían contribuir a reducir el impacto de este costo en el precio final, favoreciendo así la competitividad del producto en el mercado. Además, este análisis permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y evaluar el impacto económico de los insumos en el desarrollo de productos funcionales con valor agregado.

#### 4.2. Costos de producción de las galletas fortificadas con aislado de proteína de chocho

##### INIAP 450 Andino.

**Ecuación 8.** Costo de producción de la galleta con aislado de proteína de chocho

$$\text{Costo de Producción Total} = \text{CMP} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CE} + \text{CIP} + \text{MPG} \quad (\text{Ecu } 8)$$

$$\text{Costo de Producción Total} = \$16,20 + \$28 + \$4,90 + \$2,00 + \$1,10 + \$6,75$$

$$\text{Costo de Producción Total} = \$ 58,95$$

Donde

CMP = Costos de materia prima

CR = Costo de reactivos

CM = Costos de materiales

CE = Costo de empaque

CIP = Costos indirectos de producción

MPG = Materia prima de la galleta

Los costos de producción total se obtienen sumando (CMP) Costos de materia prima, (CR) Costo de reactivos, (CM) Costos de materiales, (CE) Costo de empaque, (CIP) Costos indirectos de producción y (MPG) Materia prima de la galleta. Al ser sumada los valores totales de producción se obtuvo el costo total de \$58,95 de galleta con aislado de proteína de chocho INIAP - 450 Andino.

En este análisis contable, cabe resaltar que aproximadamente el 75 % del costo total de producción corresponde a los costos de los reactivos utilizados en la obtención del aislado de proteína. De hecho, este porcentaje hace que valga la pena revisar la optimización de las categorías de gastos, ya que, de disminuirlos, cualquier estrategia contribuiría significativamente a la viabilidad del proceso en términos económicos. No solo sería más rentable, sino que también el precio del producto final podría ser ajustado, es decir, reducirse para que este sea más atractivo para los consumidores.

Por otro lado, otro aspecto importante sería el cálculo del costo unitario de una galleta aproximada de 10 gramos fortificada con aislado proteico de chocho INIAP-450 Andino. Como se explica en la ecuación 8, el costo total de producción se divide entre el número de unidades producidas para determinar el costo por unidad.

Por lo tanto, el costo unitario no solo es importante para fijar el precio de venta, sino también para medir la eficiencia del proceso de fabricación y la relación entre los insumos utilizados. Por consiguiente, el costo unitario es una herramienta útil para la toma de decisiones, ya que muestra si la producción es rentable o no.

Asimismo, posibilita la identificación de oportunidades de mejora, la verificación de la eficiencia en la utilización de los recursos y la adecuación del producto a los estándares de calidad que buscan los consumidores. Esta herramienta de toma de decisiones facilita la sostenibilidad a largo plazo, modificación y perfeccionamiento del costo unitario con el tiempo y la generación de beneficios económicos y de valor agregado en el producto final.

### 4.3.Costo Unitario

**Ecuación 9.** Fórmula para calcular el costo unitario

$$\frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Cantidad producida}} = \frac{58,95}{90}$$

(Ecu 9)

$$\text{Costo unitario} = \frac{58,95}{90}$$

$$\text{Costo unitario} = 0,65$$

La ecuación 9 refleja que es en base al costo total de producción cuyo valor asciende a \$58.95 y, esa cantidad, divide entre la cantidad producida, es decir, 90 galletas. Eso implica que el AG izquierda es un costo unitario de \$0.65 por galleta. Ese dato constituye un indicador crucial

debido a que indica el promedio de costo efectuado por unidad, pero en cálculo de la fabricación toma en consideración todos los costos que hay en el proceso que van desde la materia prima hasta el indirecto. Dicho AG izquierda es el precio base de la fijación de precios de venta que garantiza que el producto de fabricación no solo alcance los costos de producción sino también, contribuya a la generación de la utilidad en cantidad razonable y, por lo tanto, al carácter economicidad del proyecto.

## 5. CONCLUSIONES

- Para concluir, la harina de chocho *Lupinus mutabilis* Sweet. INIAP-450 Andino ofrece un perfil nutricional excepcionalmente equilibrado en el que se observa un alto contenido de proteínas con 45 %, fibra con 11.2 %, carbohidratos con 14.47 %; igualmente, su contenido de grasa se indica como 18 %, el cual está en un rango elevado, aunque significativo en una dieta equilibrada, siempre que se trate de grasas insaturadas. Baja humedad entorno al 2.90 % y alta concentración de materia seca superior al 95.05 %, la hacen ideal para productos secos; además cumple con los parámetros de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616:2012, lo cual le otorga calidad a este producto, lo cual hace que es una excelente opción para ser utilizada como una ingrediente saludable y funcional en varias aplicaciones alimentarias.
- Así, se implementaron ajustes en cuanto a la relación material/agua, mayor tiempo de agitación, ajustes rigurosos de pH en las etapas de solubilización y precipitación, y control de temperatura en la etapa de deshidratación, las mismas que lograron mejorar la eficiencia de extracción, maximizar el rendimiento de proteínas y garantizar la calidad del aislado proteico final, resultando en un producto más concentrado apto para ser incorporado en aplicaciones alimenticias y nutricionales.
- *Lupinus mutabilis* Sweet, por su nombre común Chocho, presenta un perfil

bromatológico altamente favorable para la fortificación de galletas. En particular, este aislado tiene un contenido excepcionalmente alto de proteína 57.8 %, fibra 40,50 % y carbohidratos 24.2 %; es, por lo tanto, una fuente extremadamente rica y equilibrada de nutrientes esenciales. A su vez, sus bajos niveles de grasa 5.87 % y humedad 0.65 % lo hacen adecuado para aplicaciones fortificadas. Su composición de aminoácidos, que tiene altos niveles de ácido glutámico y arginina, no solo confiere características sensoriales mejoradas, como el sabor umami, sino también beneficios metabólicos. Por lo tanto, este aislado en particular es una fuente altamente nutritiva y funcional adecuada para la fortificación de galletas.

- La formulación de la galleta fortificada con aislado proteico de chocho no presento daños a la textura ni el sabor, puesto que la mantequilla y los huevos proporcionaron cohesión y suavidad, el azúcar y la esencia de vainilla mejoraron el sabor y la apariencia, y el (leudante) polvo para hornear aseguro una textura ligera. El proceso de horneado a 180°C fue clave para mantener la calidad de los ingredientes y evitar la deshidratación excesiva de la galleta.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Un aspecto clave en este proceso es mantener una proporción adecuada de agua a harina, una vez que la cantidad excesiva de agua aumenta la solubilización de las proteínas. No obstante, un exceso de agua también podría diluir el extracto proteico, lo cual minaría la eficacia del proceso de separación.
- Debe mantenerse una estricta vigilancia del pH durante el proceso en cada una de las etapas, debido a que las variaciones no controladas del parámetro pueden inducir desnaturalización de las proteínas y deterioro de sus propiedades de solubilidad en las condiciones acidas de los sueros, lo que afectaría tanto la cantidad recuperada de proteínas como la calidad funcional del aislado. Los umbrales adecuados de pH en todo

el procedimiento aseguran una recuperación efectiva, por lo que se logra preservar tanto el material valioso como las propiedades funcionales obtenidas al final.

- La duración de la fase de deshidratación es esencial: el tiempo que el aislado proteico se expone a temperaturas elevadas debe controlarse metódicamente. Un periodo de deshidratación prolongado puede resultar en desnaturalización térmica de las proteínas, lo que conducirá a una pérdida significativa de su valor nutricional y funcional.
- Se pueden realizar al menos tres ciclos de filtración adicionales con filtros finos o tamices para obtener un aislado de proteína de calidad y pureza superiores. Esto mejorará aún más las cualidades del aislado purificado. Es indispensable regular la duración de la cocción de la galleta para evitar la desnaturalización o la carbonización de las proteínas.
- La cantidad de las galletas a cocción a 180 °C durante 12–15 minutos se usó antes, es óptima para mantener las propiedades funcionales del aislado de proteínas, permitiendo por lo tanto características deseables en términos de textura sin hacer las galletas demasiado duras y sin dañar sus perfiles nutricionales.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, L. (2022). Efecto de la suplementación con proteína aislada de soya y ejercicios de resistencia en adultos mayores que viven en una comunidad: un estudio

cuasiexperimental. *Revista de nutrición clínica y metabolismo*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.35454/rncm.v5n1.366>

Barba, C. (2021). Digestibilidad gástrica y duodenal in vitro de aislados proteicos del huevo de codorniz. *Revista ciencia y tecnología*.

<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8397301>

Barrionuevo, A. (2021). Digestibilidad gástrica y duodenal in vitro de aislados proteicos del huevo de codorniz. *Revista ciencia y tecnología*.

<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8397301>

Benavides, V. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista colombiana de investigaciones agroindustriales*.

<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9063224>

Calle, J. (2021). Influencia de la adición de aislado de proteína de soya en el desarrollo de galletas dulces. *Ciencia y tecnología de alimentos*.

<https://doi.org/https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/224>

Castañeda, A. (2024). Identificación de péptidos antimicrobianos a partir de *Enterococcus faecium* IP5-2a aislado del intestino de tilapia mediante espectrometría de masas.

*Revista de investigaciones veterinarias del Perú*.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v35i1.25580>

Cevallos, V. (2023). Reducción de los niveles de glucosa en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 mediante el consumo de *lupinus mutabilis* (chocho andino). *Polo del conocimiento*.

<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9234507>

González, L. (2022). Aislamiento y actividad biológica de lectinas obtenidas de semillas de frutas, granos y tubérculos de plantas andinas. *Información tecnológica*.

<https://doi.org/https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718->

[07642022000200021&script=sci\\_arttext](https://doi.org/https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642022000200021&script=sci_arttext)

Guacho, L. (2023). Consecuencias de la reducción de cultivos andinos: situación nutricional de tres comunidades Kichwa de Ecuador. *Innovare*.

<https://doi.org/https://revistas.unitec.edu/innovare/article/view/249>



- Gutiérrez, C. (2022). Extracción de aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinua*: variedad blanca) como alternativa para el uso en suplementos altos en proteína. *Interciencia*. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33973071005>
- Hernández, A. (2023). Consecuencias de la reducción de cultivos andinos: situación nutricional de tres comunidades Kichwa de Ecuador. *Innovare*. <https://doi.org/https://revistas.unitec.edu/innovare/article/view/249>
- Juárez, J. (2022). Parámetros de obtención de un aislado proteínico a partir de la semilla de anacahuita y evaluación de sus propiedades antioxidantes y antihipertensivas. *Acta universitaria*. <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2022.3160>
- Lisintuña, M. (2023). Reducción de los niveles de glucosa en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 mediante el consumo de *lupinus mutabilis* (chocho andino). *Polo del conocimiento*. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9234507>
- Moposita, D. (2023). Uso de germinados de chocho (*Lupinus mutabilis*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) para la elaboración de una bebida nutricional. *Polo del conocimiento*. <https://doi.org/https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5651>
- Navas, E. (2021). Obtención de un hidrolizado enzimático de harina de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) a partir de bromelina de piña. *Biotecnología aplicada*. <https://doi.org/https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=106742>
- Romero, E. (2021). Potencialización nutricional del chorizo mediante la adición de proteína de soya (*glycine max merril*). *Polo del conocimiento*. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094443>

Sosa, M. (2023). Obtención de aislados e hidrolizados proteicos de grillo (*Acheta domesticus*) y evaluación de su actividad antioxidante. *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.81>