



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

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE  
ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE  
EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN  
ISOELÉCTRICA.**

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

**Autoras:**

Aguilar Guerrero Alisson Patricia

Astudillo Sánchez Anjii Daniela

**Tutora:**

Trávez Castellano Ana Maricela

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Julio – 2025**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Aguilar Guerrero Alisson Patricia, con cédula de ciudadanía No. 1724805732 y Astudillo Sánchez Anjii Daniela, con cédula de ciudadanía No. 1050417078, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.”**, siendo la Ingeniera Ana Maricela Trávez Castellano, Mg. Tutora 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.

Latacunga, 21 de julio del 2025

Aguilar Guerrero Alisson Patricia

C.C1724805732

**ESTUDIANTE**

Astudillo Sánchez Anjii Daniela

C.C: 1050417078

**ESTUDIANTE**

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.

C.C 0502270937

**DOCENTE TUTORA**

## 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 **AGUILAR GUERRERO ALISSON PATRICIA**, identificada con cédula de ciudadanía **1724805732** 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 Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.”**, 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: octubre 2021 - marzo 2022

Finalización de la carrera: Abril – agosto 2025

Tutor: Ingeniera Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.”**

**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.

**LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los

- 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 21 días del mes de julio del 2025.



Aguilár Guerrero Alisson Patricia

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

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

## 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 **ASTUDILLO SÁNCHEZ ANJII DANIELA**, identificada con cédula de ciudadanía **1050417078** 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 PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.”**, 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: octubre 2021 - marzo 2022

Finalización de la carrera: Abril – agosto 2025

Tutor: Ingeniera Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.”**,

**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.  
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.

**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 21 días del mes de julio del 2025.



Astudillo Sánchez Anjii Daniela

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.”**, Aguilar Guerrero Alisson Patricia y de Astudillo Sánchez Anjii Daniela, 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, 21 de julio del 2025



Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg

C.C: 0502270937

**DOCENTE TUTORA**



## 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, las postulantes Aguilar Guerrero Alisson Patricia y Astudillo Sánchez Anjii Daniela, con el título del Proyecto de Investigación “**OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.**”, 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, 21 de julio del 2025



Ing. Cerda Andino Edwin Fabián, Mg  
C.C: 0501369805  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



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



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

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por darme la vida, la sabiduría y la fortaleza para culminar este proyecto de investigación, a La Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y proporcionarme los recursos necesarios para mi formación académica, a mi tutora Ing. Ana Maricela Trávez, por su valiosa guía, apoyo y orientación en el desarrollo de esta tesis. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para la culminación de este trabajo a Ing. Fabián Cerda, por su valiosa contribución y sugerencias que enriquecieron esta investigación, Ing. Nancy Moreano, por su dedicación y aporte en la revisión y corrección de este trabajo y a la Ing. Gabriela Arias, por su contribución y sugerencias que ayudaron a mejorar la calidad de esta tesis.*

*A todos ellos, mi más profundo agradecimiento por su apoyo y contribución en la realización de esta tesis. Su ayuda y orientación fueron fundamentales para mi crecimiento académico.*

***Alisson Patricia Aguilar Guerrero.***

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mi hijo Caleb Jiménez, quien ha sido mi fuente de inspiración y motivación para alcanzar mis metas. Su amor y sonrisa han sido mi fuerza y mi guía en este camino académico.*

*Gracias por ser mi razón de ser y mi mayor logro. Espero que esta tesis sea un ejemplo para ti de que, con esfuerzo y dedicación, todo es posible.*

*Te amo, Caleb.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a dios por haberme permitido llegar hasta estas instancias en mi vida, por haberme dado la sabiduría para casi culminar esta etapa y sobre todo por darme salud y su protección en todo momento. A mis padres Franklin y Patricia por su constante apoyo y amor incondicional, por sus sacrificios que me han permitido alcanzar mis metas. Gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo perseverancia y valores. A mis hermanos Elizabeth, Dabor, Raquel, Samanta y María José, por su compañía, por ser mis compañeros de juegos y aventuras, por estar ahí para mí siempre, gracias por alentarme y por compartir conmigo cada logro como si fuera propio.*

*Al Lic. Gabriel Borja, por su amor, apoyo y comprensión, durante todo este proceso. Su presencia en mi vida ha sido un pilar fundamental. Quiero agradecerle por su compañía en las noches de desvelos, por las veces que me escucho hablar de lo que quería hacer y me alentó a cumplir mis metas, por su apoyo emocional, por abrazarme cuando lo necesitaba y por nunca dejarme sola, todo esto ha sido fundamental para mi crecimiento personal y*

*profesional. Sin usted este logro no habría sido posible, Gracias por haber sido el amor de mi eternidad. Gracias por confiar en mí.*

*A mis docentes, en especial a la Ing. Ana Maricela Trávez e Ing. Edwin Fabián Cerda, por su guía, paciencia y valioso apoyo a lo largo del desarrollo de este trabajo. Su experiencia, enseñanza y compromiso fueron fundamentales en este proceso. A mis compañeros y amigos, por compartir conmigo esta etapa universitaria entre risas, me han demostrado su apoyo y en su momento tuvo gran repercusión en mí, gracias por su amistad. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme los recursos y espacio para desarrollarme académicamente y realizar este proyecto.*

*Finalmente, a todas aquellas personas y familiares que, de una u otra manera formaron parte de este proceso, quiero expresar mi más sincero agradecimiento. A quienes estuvieron presentes con una palabra, un gesto de ánimo o una simple mirada de apoyo en los momentos difíciles. Gracias por estar presentes, por creer en mí. A todos ustedes mi sincera y eterna gratitud.*

**Anjii Daniela Astudillo Sánchez.**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo está dedicado a las personas más importantes en mi vida como lo son mis padres Patricia Sánchez y Franklin Astudillo por su apoyo durante todo mi trayecto de vida, por enseñarme los altos y bajos, por inculcarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia. Padre y madre gracias por confiar en mí. A mis hermanos por ser mi soporte en los momentos complicados por su paciencia y sobre todo por su cariño que será mi fuente de motivación eterna. Dedico también este logro a Gabriel Borja por darme sabiduría, fortaleza y enseñarme a no darme por vencida, por resistir momentos difíciles y por haber confiado en mí. Este trabajo es el reflejo de todos ustedes, el amor y la fe se ve reflejada en este instante, a todos ustedes gracias por todo y sé que seguirán apoyándome. Los amo.*

*Anjii Daniela Astudillo Sánchez.*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE HARINA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*) MEDIANTE EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN ALCALINA Y PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.”**

**Autoras:**

Astudillo Sánchez Anjii Daniela

Aguilar Guerrero Alisson Patricia

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo la obtención de un aislado proteico a partir de la harina de almorta (*Lathyrus sativus*), mediante el método de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica. En este estudio, se realizó un análisis proximal a la harina de almorta, determinando un contenido de proteína de 25,43%, valor considerado óptimo para proteínas derivadas de leguminosas. La extracción alcalina se efectuó utilizando NaOH al 24%, ajustando a un pH entre 8 y 9, seguida de agitación y centrifugación para separar el sobrenadante, el cual contenía las proteínas solubilizadas. La precipitación isoeléctrica se realizó con HCl 0.1N, controlando el pH entre 4 y 5 para obtener el aislado proteico húmedo, que luego fue deshidratado durante 11 y 12 horas a 50°C. Para su análisis funcional se evalúan parámetros como el porcentaje de proteína, la capacidad de absorción de agua, el índice de solubilidad en agua y se calcula el rendimiento proteico y se analiza el perfil de aminoácidos del mejor tratamiento. Para efectuar el proceso se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial 2x2x2, considerando: Factor A = pH de precipitación isoeléctrica (4 y 5), factor B = pH de la extracción alcalina (8 y 9) y factor C = tiempo de deshidratación (11 y 12 horas). Cada tratamiento fue repetido para asegurar la confiabilidad de los resultados. Los análisis proximales del aislado proteico indicaron: humedad 8,48%, cenizas 3,46%, extracto etéreo 2,16%, proteína 92,7%, fibra 1,28%, y elementos libres de nitrógeno 0,4. El perfil de aminoácidos del mejor tratamiento mostró cantidades significativas de aminoácidos esenciales como leucina, lisina, metionina, fenilamina, treonina, valina e histina, así como aminoácidos no esenciales como ácido glutámico y ácido aspártico. Estos resultados se compararon favorablemente con el perfil de aminoácidos de la soja.

**Palabras clave:** Almorta, harina de almorta, extracción alcalina, precipitación isoeléctrica, aminoácidos, proteína.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “OBTAINING A PROTEIN ISOLATE FROM GRASS PEA FLOUR  
(*Lathyrus sativus*) BY THE ALKALINE EXTRACTION AND ISOELECTRIC  
PRECIPITATION METHOD.”**

**Author:**

Astudillo Sanchez Anjii Daniela  
Aguilar Guerrero Alisson Patricia

**ABSTRACT**

The present research project aimed to obtain a protein isolate from grass pea flour (*Lathyrus sativus*) using the alkaline extraction and isoelectric precipitation method. In this study, a proximal analysis was performed on the grass pea flour, determining a protein content of 25.43%, a value considered optimal for proteins derived from legumes. The alkaline extraction was carried out using 24% NaOH, adjusting the pH to between 8 and 9, followed by stirring and centrifugation to separate the supernatant, which contained the solubilized proteins. The isoelectric precipitation was performed with 0.1N HCl, controlling the pH between 4 and 5 to obtain the wet protein isolate, which was then dehydrated for 11 and 12 hours at 50°C. For functional analysis, parameters such as protein percentage, water absorption capacity, water solubility index, and protein yield were evaluated, and the amino acid profile of the best treatment was analyzed. A completely randomized block design (CRBD) in a 2x2x2 factorial arrangement was applied to the process, considering: Factor A = isoelectric precipitation pH (4 and 5), Factor B = alkaline extraction pH (8 and 9), and Factor C = dehydration time (11 and 12 hours). Each treatment was repeated to ensure the reliability of the results. The proximal analysis of the protein isolate indicated: moisture 8.48%, ash 3.46%, ether extract 2.16%, protein 92.7%, fiber 1.28%, and nitrogen-free elements 0.4%. The amino acid profile of the best treatment showed significant amounts of essential amino acids such as leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, valine, and histidine, as well as non-essential amino acids such as glutamic acid and aspartic acid. These results compared favorably with the amino acid profile of soybeans.

**Keywords:** Grass pea, almond flour, alkaline extraction, isoelectric precipitation, amino acids, protein.

**ÍNDICE GENERAL**

ii

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	viii

AGRADECIMIENTO .....	ix
DEDICATORIA .....	x
AGRADECIMIENTO .....	xi
DEDICATORIA .....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	2
2. DISEÑO DEL PROYECTO .....	3
2.1 Planteamiento del problema .....	3
2.2 Antecedentes .....	4
2.3 Formulación del problema .....	5
2.4 Objetivos	5
2.4.1 Objetivo general .....	5
2.4.2 Objetivos Específicos .....	5
2.5 Actividades .....	6
2.6 Fundamentación Teórica o Marco Referencial .....	7
2.6.1.1 Almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> ) .....	7
2.6.1.2 Características Generales .....	7
2.6.1.3 Clasificación Taxonómica .....	9
2.6.1.4 Usos .....	9
2.6.1.5 Valor Nutricional de la Almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> ).....	10
2.6.1.6 Proteínas .....	11
2.6.1.7 Carbohidratos .....	11

2.6.1.8	Fibra .....	11
2.6.1.9	Grasas .....	11
2.6.1.10	Ácidos grasos .....	11
2.6.1.11	Vitaminas y minerales .....	12
2.6.1.12	Beneficios de la Almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> ) .....	12
2.6.1.13	Harina de Almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> ) .....	12
2.7	Aislado Proteico .....	13
2.7.1.1	Beneficios de los Aislados Proteicos.....	13
2.7.1.2	Propiedades Funcionales de los aislados proteicos .....	13
2.6.11	Marco conceptual .....	14
2.7	Metodología del Proyecto de Investigación .....	15
2.7.1	Tipo de investigación .....	15
2.7.2	Métodos de investigación .....	16
2.7.3	Técnicas de investigación .....	16
2.7.4	Metodología para la obtención de la harina de almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> ) ...	19
2.7.5	Flujo grama de la obtención de harina de almorta .....	21
2.7.6	Técnicas de análisis físico-químico .....	22
2.7.1	Metodología para el aislado proteico de almorta .....	24
2.7.2	Metodología para la determinación de la capacidad de absorción de agua	
(CAA)	.....	32
2.7.3	Metodología para la determinación de índice de solubilidad en agua (ISA)	

2.7.4	Técnicas de separación y purificación.....	33
2.7.4.2	Balance de materia harina de almorta .....	34
2.8	Hipótesis .....	38
2.8.1	Hipótesis Nula .....	38
2.8.2	Hipótesis Alternativa .....	38
2.9	Diseño experimental .....	38
2.10	Análisis y discusión de resultados .....	40
2.10.1	Análisis proximal de la harina de almorta.....	40
2.10.2	Análisis de varianza del rendimiento. ....	41
2.10.3	Análisis de varianza del porcentaje de proteína .....	47
2.10.4	Análisis de varianza de la capacidad de absorción de agua (CAA) .....	52
2.10.4	Análisis de varianza del índice de solubilidad en agua (ISA) .....	58
	Selección del mejor tratamiento con relación al análisis proximal y propiedades funcionales .....	62
2.10.5	Análisis proximal del aislado proteico de harina de almorta .....	63
2.10.6	Análisis de aminoácido del aislado proteico de harina de almorta .....	65
3.	IMPACTO DEL PROYECTO .....	66
3.1	Impacto social .....	66
3.2	Impacto tecnológico .....	67
3.3	Impacto ambiental .....	67
3.4	Impacto económico .....	67
4	RECURSOS Y PRESUPUESTO .....	68
5	CONCLUSIONES .....	70

6	RECOMENDACIONES .....	71
7	BIBLIOGRAFÍAS.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Actividades y tareas relacionado con los objetivos planteados .....	6
<b>Tabla 2.</b>	Características de la almorta.....	8
<b>Tabla 3.</b>	Clasificación taxonómica .....	9
<b>Tabla 4.</b>	Valor nutricional de la Almorta .....	10
<b>Tabla 5.</b>	Propiedades nutricionales de la Harina de Almorta.....	12
<b>Tabla 6.</b>	pH de Extracción Alcalina .....	26
<b>Tabla 7.</b>	pH de precipitación isoelectrica .....	28
<b>Tabla 8.</b>	Tiempo de deshidratación .....	29
<b>Tabla 9:</b>	Factores experimentales para el diseño experimental .....	39
<b>Tabla 10:</b>	Descripción del diseño experimental para las Corridas experimentales del aislado de proteína de almorta .....	39
<b>Tabla 11.</b>	Resultados de análisis proximal de la harina de almorta .....	40
<b>Tabla 12.</b>	Análisis de Varianza del rendimiento. ....	41
<b>Tabla 13.</b>	Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la extracción alcalina (E A), en el rendimiento del aislado proteico .....	43
<b>Tabla 14.</b>	Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la precipitación isoelectrica (P I), en el rendimiento del aislado proteico .....	43
<b>Tabla 15.</b>	Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en el rendimiento del aislado proteico .....	44
<b>Tabla 16.</b>	Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de la extracción alcalina y pH de la precipitación isoelectrica (E A x P I), en el rendimiento del aislado proteico .....	44

<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en el rendimiento del aislado proteico .....	45
<b>Tabla 18.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de la precipitación isoelectrica y el tiempo de deshidratación (P I x T D), en el rendimiento del aislado proteico .....	46
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de la precipitación isoelectrica y el Tiempo de deshidratación (E A x P I x T D) en el rendimiento del aislado proteico .....	46
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza del porcentaje de proteína .....	47
<b>Tabla 21.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la extracción alcalina (E A), en la proteína del aislado proteico .....	48
<b>Tabla 22.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la precipitación isoelectrica (P I), en la proteína del aislado proteico. ....	49
<b>Tabla 23.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en la proteína del aislado proteico .....	49
<b>Tabla 24.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de pH de la extracción alcalina y el pH de la precipitación isoelectrica (E A x P I), en la proteína del aislado proteico .....	50
<b>Tabla 25.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en la proteína del aislado proteico .....	50
<b>Tabla 26.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (P I x T D), en la proteína del aislado proteico .....	51
<b>Tabla 27.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T	

D), en la proteína del aislado proteico .....	51
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza de la capacidad de absorción de agua (CAA) .....	53
<b>Tabla 29.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en la extracción alcalina (E A), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico .....	53
<b>Tabla 30.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en la precipitación isoeléctrica (P I), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico .....	54
<b>Tabla 31.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en la CAA del aislado proteico .....	54
<b>Tabla 32.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y la precipitación isoeléctrica (E A x P I), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico .....	55
<b>Tabla 33.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y el tiempo de deshidratación (E A x T D), en la CAA del aislado proteico .....	56
<b>Tabla 34.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (P I x T D), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico .....	56
<b>Tabla 35.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T D), en la (CAA) del aislado proteico .....	57
<b>Tabla 36.</b> Análisis de varianza del índice de solubilidad en agua (ISA) .....	58
<b>Tabla 37.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en la precipitación isoeléctrica (P I), en el índice de solubilidad en agua ISA del aislado proteico .....	59
<b>Tabla 38.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico .....	59
<b>Tabla 39.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica (E A x P I), en la ISA del aislado proteico .....	

.....	60
<b>Tabla 40.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en la ISA del aislado proteico	60
.....	60
<b>Tabla 41.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (P I x T D), en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico	61
.....	61
<b>Tabla 42.</b> Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T D), en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico	62
.....	62
<b>Tabla 43.</b> Determinación del mejor tratamiento del aislado proteico de almorta	62
<b>Tabla 36.</b> Resultados de análisis proximal completo del aislado proteico	63
<b>Tabla 37.</b> Resultados de análisis de aminoácidos en el aislado proteico de harina de almorta	65
.....	65
<b>Tabla 38</b> Recursos y presupuestos	68

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Pesado de la harina de almorta	19
<b>Ilustración 2.</b> Lavado de las semillas de almorta	20
<b>Ilustración 3.</b> Molido de las semillas de almorta	20
<b>Ilustración 4.</b> Pesado de la harina de almorta	25
<b>Ilustración 5.</b> Suspensión de harina de almorta con agua destilada	25
<b>Ilustración 6.</b> Ajuste de pH de la extracción alcalina	26
<b>Ilustración 7.</b> Agitación de la solución de extracción alcalina	27
<b>Ilustración 8.</b> Centrifugado de muestra	27
<b>Ilustración 9.</b> Ajuste de pH en la precipitación isoelectrica	28
<b>ilustración 10.</b> Precipitado y obtención del aislado proteico húmedo	29

**Ilustración 11.** Aislado proteico húmedo listo para ser deshidratado. .... 29

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: % de humedad .....	22
Ecuación 2: % de cenizas .....	23
Ecuación 3: Capacidad de absorción de agua .....	32
Ecuación 4: Índice de solubilidad en agua .....	33
Ecuación 5: Rendimiento de harina de almorta .....	35
Ecuación 6 % Rendimiento de proteína.....	38



## INTRODUCCIÓN

Esta investigación señala que la demanda mundial de ingredientes proteicos de origen vegetal ha generado el incremento en los últimos años, por lo tanto, se ha desarrollado por nuevas tendencias hacia el camino a una alimentación más saludable como por la necesidad de impulsar diferentes fuentes alternativas y sostenibles de proteína (Boye et al., 2010). Las leguminosas se han posicionado como una opción viable debido a su alto contenido proteico, su adaptabilidad en diferentes campos como de industrias de alimentos, agrícolas y su bajo impactos ambientales (Duranti, 2006).+

La almorta (*Lathyrus sativus* L.) es una leguminosa cultivada en regiones mediterráneas y reconocida por su adaptación a condiciones climáticas bajas y con alto potencial como recurso alimenticio. No obstante, su uso se ha visto restringido ya que hay presencia de compuestos anti nutricionales, como el neurotóxico  $\beta$ -N-oxalyl-L- $\alpha,\beta$ -diaminopropiónico ácido (ODAP), lo cual se ha visto limitado su desarrollo y aprovechamiento a nivel industrial y alimentario (Kumar et al., 2011).

En este contexto Sabaté (2018) explica que la almorta se destaca como una leguminosa de alto interés debido a su capacidad para crecer en ambientes mediterráneos caracterizados por condiciones climáticas adversas, lo que la convierte en una alternativa prometedora desde el punto de vista alimentario. Sin embargo, el aprovechamiento de la almorta enfrenta limitaciones importantes, principalmente por la presencia de compuestos anti nutricionales como el  $\beta$ -N-oxalil-L- $\alpha,\beta$ -diaminopropiónico ácido (ODAP), un neurotóxico que debe ser consumido en mínimas cantidades para que no intervenga en la aplicación tanto en la industria alimentaria como en la agricultura.

Entre las técnicas de obtención de aislados proteicos, la precipitación isoeléctrica y la extracción alcalina han demostrado ser métodos eficientes y se ven ampliamente empleados en el procesamiento de leguminosas, esto se ve reflejado la obtención de productos con un alto contenido y pureza proteica. La extracción alcalina consiste en la solubilización de las proteínas bajo condiciones de pH elevado, seguida de una precipitación isoeléctrica mediante el ajuste del pH al punto isoeléctrico de las proteínas, lo que favorece su separación y recuperación. Este proceso no solo optimiza el rendimiento de extracción, sino que también contribuye a la obtención de proteínas con características funcionales y nutricionales

mejoradas, aptas para diversas aplicaciones en la industria alimentaria. (Stone et al., 2015)  
El presente proyecto se enfoca en el desarrollo y obtención de un aislado proteico de almorta mediante extracción alcalina seguida de precipitación isoeléctrica.

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### **Título del proyecto:**

Obtención de un aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*) mediante el método de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica.

### **Fecha de inicio:**

Octubre 2024

### **Fecha de finalización:**

Agosto 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 Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:** Agroindustria

### **Equipo de trabajo:**

Tutora: Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.

Autoras: Aguilar Guerrero Alisson Patricia

Astudillo Sánchez Anjii Daniela

**Línea de Investigación:** Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

**Sub línea de investigación:** Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales.

## 2. DISEÑO DEL PROYECTO

### 2.1 Planteamiento del problema

La almorta (*Lathyrus sativus*) tiene un alto valor proteico, esta es cultivada en varias regiones del mundo gracias a su gran resistencia a condiciones climáticas extremas. El consumo de esta leguminosa en forma de harina ha sido prohibido por la presencia del aminoácido excitotóxico no proteico  $\beta$ -N-oxalil-L- $\alpha$ , $\beta$ -diaminopropiónico ( $\beta$ -ODAP), un compuesto neurotóxico que, si se consume en elevadas concentraciones, puede causar el latirismo una enfermedad neurodegenerativa, pero al aplicar diferentes metodologías se lo puede eliminar parcialmente (Giménez et al., 2022). Esto ha reducido o incluso eliminado su consumo en varios lugares del mundo por falta de investigación, estudios e información sobre esta leguminosa.

La almorta representa una fuente de proteína vegetal con gran potencial para contribuir a la seguridad alimentaria mundial, especialmente en zonas afectadas por el cambio climático y la pobreza, donde la diversidad alimentaria es limitada. No obstante el aprovechamiento a nivel global se asocia con la falta de tecnologías, investigación, innovación y políticas que permitan un consumo seguro, esto nos da como resultado la subutilización de un recurso tan valioso que podría aliviar deficiencias proteicas en poblaciones vulnerables (Calero & Pacheco, 2024).

En regiones productoras de nuestro país la producción y consumo de esta leguminosa es limitada o inexistente, debido al desconocimiento, afectando a productores, industria local y sobre todo al no contribuir a la nutrición. La almorta es una leguminosa resistente y de fácil cultivo, pero poco utilizada debido a su mala reputación y al desconocimiento de procesos que permitan eliminar sus factores anti nutricionales. La deficiencia de suficientes investigaciones o proyectos a nivel local que permitan estandarizar procesos como la extracción alcalina y precipitación isoelectrica para obtener un aislado proteico seguro y así ayudar a la producción alimentaria y nutrición del país (Saperas et al., 2021).

En varios sectores del país la problemática se centra en la falta de aprovechamiento de cultivos alternativos como la almorta, en un contexto donde muchas comunidades rurales enfrentan altos niveles de pobreza, desnutrición crónica infantil y limitada diversificación agrícola. A pesar de

que Cotopaxi cuenta con condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de leguminosas resistentes como la almorta, su potencial sigue desaprovechado debido a la falta de conocimientos técnico y de procesos que garanticen la inocuidad de los productos (J. Rivera et al., 2021).

Si no se realizan las debidas experimentaciones e investigaciones, la almorta seguirá siendo una leguminosa desconocida y no aprovechada en la industria alimentaria, también el desconocimiento de técnicas y métodos para extraer un aislado proteico limitará el aprovechamiento como una gran fuente de proteína vegetal.

## 2.2 Antecedentes

En el análisis realizado por Ortega (2019), se investigó el resultado del pH de solubilización en las propiedades funcionales de la proteína aislada de semilla de nabo silvestre (*Brassica rapa L.*). Los resultados obtenidos mostraron que el pH de solubilización tuvo un impacto significativo en el rendimiento y las propiedades funcionales de la proteína aislada, como la densidad aparente, la solubilidad en agua y la capacidad emulsificante. Específicamente, se encontró que el pH 9 fue el óptimo para obtener propiedades funcionales mejoradas, lo que sugiere su potencial para aplicaciones tecnológicas posteriores. Esta investigación sentó las bases para futuras investigaciones sobre la optimización de la extracción y el procesamiento de proteínas vegetales para diversas prácticas industriales.

Para Diaz (2018), en su investigación sobre la “obtención de un aislado proteico de torta de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales” explica que obtuvieron un resultado de 87.74% de solubilidad y un pH máximo de 8 y un mínimo de 19.31% a un pH de 4, evidenciando que éste presenta una capacidad de retención de agua significativa, con un máximo de 3,74 g de agua/g de aislado a pH 2 y un mínimo de 1,86 g de agua/g de aislado a pH 4. Igualmente, se encontró que el aislado presenta una capacidad de formación de espuma del 51,18% a pH 8 y 1% de concentración, así como una estabilidad de espuma del 30% después de 120 minutos. Otras propiedades evaluadas incluyeron la capacidad de gelificación (15%), capacidad emulsificante (63,38%), estabilidad de emulsión (50,51%) e índice de blancura (59,59). Los resultados recomendaron que la capacidad de retención de agua, la capacidad emulsificante y la estabilidad de emulsión son las propiedades más destacadas del aislado proteico.

Arango Bedoya et al., (2012) en su investigación titulada “Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*)”, Asistieron el análisis del rendimiento de la obtención de un aislado proteico mediante la técnica de extracción por solubilidad mediante

factores relacionados harina. Solvente y el tiempo de solubilización, en donde los efectos significativos (p-valor 0.001) sobre el rendimiento de extracción al 62% en donde el tiempo fue de 60 min y la relación aplicada de harina/ solvente en 1:40, por lo que concluyeron que las proteínas a partir de las semillas del chachafruto tienen un valor nutricional elevado.

Según Puruncajas (2017), en el análisis denominado “Método de secado en frío (lío-filización) y secado en calor (spray dryer) para la obtención de concentrados proteicos de haba (*Vicia faba*)” estudia el método de secado mediante liofilización y spray dryer, a través de precipitación isoeleétrica a diferentes pH. Y explica que el mejor rendimiento por el método de liofilización es utilizando el pH 4 con un 13.34% y el rendimiento más bajo con spray dryer es con el 4.41%. También especifica que mediante Dumas y BCA se obtiene mayor porcentaje en muestras liofilizadas a pH 5.

### 2.3 Formulación del problema

¿Cuáles son los beneficios de desarrollar un aislado proteico a partir de harina de almorta (*Lathyrus sativus*) mediante la extracción alcalina y precipitación isoeleétrica, a diferentes condiciones de pH y tiempo de deshidratación, que presente un alto contenido proteico, garantizando las características fisicoquímicas, funcionales, un alto contenido de aminoácidos y una reducción significativa de compuestos tóxicos como el aminoácido excitotóxico no proteico  $\beta$ -N-oxalil-L- $\alpha$ , $\beta$ -diaminopropiónico ( $\beta$ -ODAP), en el producto final?

### 2.4 Objetivos

#### 2.4.1 Objetivo general:

Obtener un aislado proteico de almorta (*Lathyrus sativus*) mediante el método de extracción alcalina y precipitación isoeleétrica.

#### 2.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la harina de almorta (*Lathyrus sativus*) mediante análisis proximales.
- Determinar el proceso de aislamiento de proteína de almorta (*Lathyrus sativus*) mediante la metodología de extracción alcalina y precipitación isoeleétrica.
- Evaluar los análisis proximales, funcionales y perfil de aminoácidos del aislado de proteína de almorta (*Lathyrus sativus*) del mejor tratamiento.

## 2.5 Actividades

**Tabla 1.** Actividades y tareas relacionado con los objetivos planteados.

OBJETIVO	ACTIVIDAD	METODOLOGIA	RESULTADO
Caracterizar la harina de almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> ) mediante análisis proximales.	Obtención de harina de almorta. Determinación de parámetros proximales	Humedad (AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire) Proteína (AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl) Grasa (AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet) Ceniza (AOAC 923.03/ Gravimetría, directo) Carbohidratos Totales (FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo) Calorías (NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo) Fibra bruta (NTE INEN 522:2013/ Gravimetría)	Resultados de análisis proximales obtenidos en la tabla 11 de la harina de almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> )
Determinar el proceso de aislamiento de proteína de almorta ( <i>Lathyrus sativus</i> ) mediante la metodología de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica.	Obtención del aislado proteico mediante extracción alcalina y precipitación isoeléctrica. Aplicación del diseño experimental.	Determinar el pH de las fases de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica adquirida de fuentes bibliográficas y artículos. Realizar el diseño con tres factores, pH de extracción alcalina, pH de la precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación, mediante el diseño de bloques completamente al azar	Factores y diseño experimental en las tablas 9 y 10.

Evaluar análisis proximales, funcionales y de perfil de aminoácidos aislado de proteína almorta (Lathy	los análisis Funcionales: Determinación del mejor tratamiento. Determinación de análisis proximales. Determinación de perfil de aminoácidos	de CAA e ISA Método Bibliográfico (Gualotuña & Quindil, 2024)	Resultados de rendimiento y porcentaje de proteína del aislado proteico. (anexo 4 y 7).
		Humedad (AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire)	– Análisis de varianza del rendimiento tabla 12
		Proteína (AOAC 2001.11/	– Análisis de varianza del porcentaje de proteína tabla 20

sativus) del mejor tratamiento.	presentes en el aislado de proteína de almorta.	Volumetría, Kjeldahl)	Resultados de capacidad de absorción de agua e índice de solubilidad en agua del aislado proteico (anexo 5 y 6).
		Grasa (AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet)	
		Ceniza (AOAC 923.03/ Gravimetría, directo)	– Análisis de varianza CAA tabla 28.
		Carbohidratos Totales (FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo)	– Análisis de varianza ISA tabla 36.
		Calorías (NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo)	Resultados del mejor tratamiento del aislado proteico en la tabla 43.
		Fibra bruta (NTE INEN 522:2013/ Gravimetría)	Resultado del análisis proximal del mejor tratamiento en la tabla 44.
		Aminoácidos (HPLC)	Resultados de perfil de aminoácidos del mejor tratamiento en la tabla 45.

Elaborado por: (Aguilar & Astudillo, 2025)

## 2.6 Fundamentación Teórica o Marco Referencial

### 2.6.1 Marco Teórico

#### 2.6.1.1 Almorta (*Lathyrus sativus*)

La almorta (*Lathyrus sativus*) es una legumbre perteneciente al género *Lathyrus* y familia Leguminosae. Su consumo por el hombre es poco frecuente en la actualidad, pero en algunas regiones españolas, como Castilla-La Mancha, se sigue utilizando esporádicamente en forma de harina para elaborar algunos platos culinarios. Debido, posiblemente, a su bajo consumo, se han comunicado pocos casos de reacciones alérgicas tras la exposición a esta legumbre. (Zorita, 2018)


Para Tardío et al., (2018), la almorta, está bien adaptada a las condiciones agroclimáticas mediterráneas, ha demostrado una notable productividad en estas regiones. Sin embargo, al igual que otras leguminosas-grano, su cultivo ha versado un declive significativo en las últimas décadas. A escala global, la almorta es un recurso versátil que se utiliza tanto para el consumo humano como animal, destacando su importancia como fuente proteica en la alimentación de diversas poblaciones en países de África, Asia y Sudamérica.

### 2.6.1.2 Características Generales

Según Navarro et al., (2009), la almorta su cultivo se extiende por diversas regiones del mundo, incluyendo India, Etiopía, países de la cuenca mediterránea y Sudamérica. La harina obtenida de esta legumbre tiene un doble propósito, ya que se utiliza tanto para el consumo humano como para la alimentación animal. Además, la almorta es conocida por una variedad de nombres comunes en diferentes lugares, como Almorta, Alverjón, Arvejo Cantudo, entre otros.

La planta de la almorta es una planta herbácea anual que se caracteriza por su crecimiento desordenado y ramificado. Su sistema radicular es pivotante y bien desarrollado, con pequeñas raíces cilíndricas que presentan nódulos ramificados apiñados y densos. Esta configuración radicular le permite absorber nutrientes y agua de manera eficiente. Además, la almorta es una planta adaptable a diferentes condiciones climáticas y edafológicas, lo que la hace una opción interesante para la agricultura sostenible. En la tabla 2 se presentan las características de la almorta.

**Tabla 2.** *Características de la almorta*

Parte	Características
Tallos	Finos Cuadrangulares 25-60 cm de longitud Estipulas prominente Ápice basal
	

**Hojas**

Opuesta Pinnadas

Uno o dos pares de hojas lineares lanceoladas

5-7.5x1 cmZarcillo simple

Sésiles cuneadas

Base acuminada en la parte superior

**Flores**

Axilares

1.5 cm de longitud

Colores azul brillante, rojo, púrpura, rosa  
o blancoVainas oblongas planaGerminación hipogea, el epicotíleo purpúreo  
verdoso Primeras hojas pequeña con escama  
fusionada en estipulas. Segundas hojas sub  
lateral, conectada a la base con la Estípula.**Semilla**

Semilla lisa

Heterogénea según la ubicación en  
la vainaSub cara irregular. Aplanadas  
en extremos.Forma triangular en sección transversal, con  
colores que pueden variar entre blanco, crema,  
verde, marrón, azulado, morado, pardo, grisáceo o  
negro. Presenta jaspeados o moteados en tonos  
marrones o negros, junto con un pequeño hilo en el borde más  
ancho.

Datos tomados de Calero &amp; Pacheco (2024).

**2.6.1.3 Clasificación Taxonómica**

Según Mallor (2023) define la taxonomía de la almorta de la siguiente manera:

**Tabla 3.** *Clasificación taxonómica*

<b>Reino</b>	Plantae
--------------	---------

<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Familia</b>	Faceae
<b>División</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Subfamilia</b>	Faboideae
<b>Tribu</b>	Vicieae
<b>Género</b>	<i>Lathyrus</i>
<b>Especie</b>	<i>Lathyrus sativus</i> L

Datos tomados de Mallor (2023).

- **Denominaciones habituales:** Tito, muela, guija, almorta, habichuela, habillas, chícharo, guisante, alverja, arveja, arvejón.

#### 2.6.1.4 Usos

Como menciona Carrerira (2020) la harina de almortas ha sido una parte integral de la gastronomía tradicional en diversas culturas, destacándose por su versatilidad culinaria y su valor nutricional. En particular, en la región española de Castilla-La Mancha, la harina de almortas se utiliza como ingrediente principal en la preparación de las gachas manchegas, un plato tradicional que combina harina de almortas, agua, aceite de oliva y pimentón. Esta receta es altamente apreciada y se considera un alimento reconfortante. Aunque el consumo regular de

harina de almortas no es recomendable debido a la presencia de compuestos potencialmente tóxicos en grandes cantidades, puede ser una alternativa interesante para aquellos que buscan opciones sin gluten para recetas ocasionales.

El Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) recomienda limitar el consumo de almortas a ingestas esporádicas y exclusivamente de aquellas que contengan niveles inferiores al 0,15% de ODAP. Además, el Comité sugiere implementar medidas de gestión adecuadas para garantizar que los consumidores estén informados sobre las raciones máximas recomendadas y los riesgos potenciales asociados con el consumo excesivo, incluyendo la posibilidad de desarrollar latirismo. (Navarro et al., 2009)

#### 2.6.1.5 Valor Nutricional de la Almorta (*Lathyrus sativus*)

En los diferentes estudios realizados se reconoció a la almorta como una leguminosa que se adapta a climas entre los 24 – 30 °C y tiene una amplia versatilidad dentro de la gastronomía y destacando sus cualidades nutricionales ya que su alto contenido de proteínas de origen vegetal

es de un 34%, pero esto tiene variación en cada zona donde se cultiva esta leguminosa. (Montes & Méndez, 2023)

Según Carita, (2012) el grano de la almorta está compuesto por un 60% de carbohidratos, de los cuales el 75% corresponden a almidón, 70% amilopectina y un 30% de amilosa. Los lípidos abarcan un 1% y el perfil de los ácidos grasos es igual al de otras leguminosas.

**Tabla 4.** Valor nutricional de la Almorta

Componente	Intervalo
Agua (%)	7,50-8,20
Almidón (%)	48-52,30
Proteína (%)	25,60-28,40
Fibra de ácido detergente (%)	4,30-7,30
Grasa (%)	0,58-0,80
Ceniza (%)	2,90-4,60
Calcio (%)	0,07-0,12
Cisteína (mg/kg)	3,80-4,30
Fósforo ( mg/kg)	0,37-0,49
Lisina (mg/kg)	18,40-20,40
Metionina (mg/kg)	2,50-2,80
Treonina (mg/kg)	10,20-11,50

Datos tomados de Carita, (2012).

#### 2.6.1.6 Proteínas

En la semilla de almorta se representa cerca del 25- 30% del peso del producto, un valor elevado similar a otras leguminosas y su aporte para enriquecer la dieta y en procesos industriales ya sea en elaboración de harinas y alimentos tradicionales, su cantidad de proteína aporta también a compuestos antioxidantes y polifenoles en menor medida. (Agencia SINC, 2010)

#### 2.6.1.7 Carbohidratos

Para Morandini (2010) en el análisis bromatológico de la almorta, se encontró un contenido de carbohidratos totales cercano al 58% en sus semillas aquí se detalla la distribución entre almidón y diferentes azúcares, enfatizando el papel energético de la almorta en la dieta humana y en diversos productos alimenticios para animales.

#### 2.6.1.8 Fibra

En las leguminosas se destaca que poseen un gran contenido de fibra dietética, lo que contribuye a la saciedad, estabiliza los niveles de azúcar e insulina en la sangre y ayuda a controlar el peso,

es decir que un efecto positivo de la fibra en las leguminosas es que controla el colesterol y la diabetes. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2021)

#### **2.6.1.9 Grasas**

El estudio que realizó Carita (2012) sobre la variabilidad del contenido de grasa en la almorta, indica que los porcentajes de grasa se mantiene estable y bajo lo que permite que no se vea afectado por factores como las fechas indicadas para el cultivo o a su vez la fecha de siembra, esto destaca frente a otras legumbres y se enfatiza su empleo tradicional en la alimentación por su contenido.

#### **2.6.1.10 Ácidos grasos**

La composición de lípidos y los principales ácidos grasos insaturados en diferentes leguminosas están compuestos en la mayor parte de leguminosas, entre el 10-26% de los ácidos grasos presentes son saturados, entre el 8 y 22% son monoinsaturados como son el ácido oleico y los ácidos grasos como linoleico y linolénico pertenecen a los poliinsaturados constituyendo la fracción mayoritaria en la grasa vegetal (Simbaña, 2022).

#### **2.6.1.11 Vitaminas y minerales**

Existen varios beneficios que las vitaminas y minerales aportan en el ser humano como, reducción del riesgo cardiovascular, mejoran la función inmune e incluso apoyo al sistema nervioso y mental, se resalta que las leguminosas aportan niveles interesantes de timina (B1), niacina (B3), vitamina B6 y folatos, también se destaca minerales como calcio, zinc, hierro y fósforo. (Araneda, 2024)

#### **2.6.1.12 Beneficios de la Almorta (*Lathyrus sativus*)**

Según la agencia Sinc (2009), explica que los Investigadores del Instituto de la Grasa (CSIC) y el departamento de Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Sevilla descubrieron una cantidad importante de compuestos fenólicos con una elevada actividad antioxidante en la almorta. Los poli-fenoles son antioxidantes que protegen las LDL del daño oxidativo ya que nuestro organismo se encarga de la absorción y aparece en la sangre y en los tejidos. Detecta un aumento de la capacidad antioxidante en la sangre, lo que previene a que el estrés oxidativo, asociado a enfermedades y al proceso de envejecimiento.

#### **2.6.1.13 Harina de Almorta (*Lathyrus sativus*)**

La obtención de harina de almorta se da gracias a la molienda por la que se lleva a la semilla previamente seca y limpia. Su sabor peculiar y la textura que tiene es ideal para la preparación

de ciertos platillos tradicionales en diversos lugares del mundo. Su uso también ha estado involucrado en la medicina tradicional pero su uso ha ido disminuyendo con el tiempo por el hallazgo de una toxina, la cual se conoce que al ser consumida en grandes cantidades desarrolla una enfermedad llamada latirismo. (Maldonado, 2022) En la tabla 4 se visualiza el contenido de las propiedades nutricionales de la harina de almorta.

**Tabla 5.** *Propiedades nutricionales de la Harina de Almorta (Lathyrus sativus)*

<b>Propiedades nutricionales</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	9,28%
Proteína cruda	23,48%
Grasa	1,82%
Fibra	5,64%
Cenizas	2,74%
Extracto libre de nitrógeno	57,04% y 338,46Kcal
Digestibilidad	75,09%
Valor Biológico	69,03%

Datos tomados de Montes & Mendez (2023).

Para Hurtado et al., (2018) en su investigación sobre el consumo de harina de almortas, especifico que existe un riesgo para la población general el consumo de esta harina puede considerarse excluidas de las personas con dificultades metabólicas para detoxificar el beta- ODAP que se utiliza en condiciones habituales para diferentes recetas y se indica que su consumo debe ser esporadico de raciones que no superen los 25 g de harina de almorta en una porcion diaria, con el contenido del aminoácido beta-ODAP reducido, no superior a 1% y debe ser de carácter esencial convinarlo con alimentos que tengan aminoácidos azufrados de origen animal como los pescados, la carne , huevos y productos lacteos.

## **2.7 Aislado Proteico**

Un aislado proteico es aquel que tiene un contenido de proteínas superior al 90%, las proteínas presentes deben ser las mismas que se hallaban en la fuente orgánica original, sin haber sufrido procesos no deseados de degradación o hidrólisis, de esta manera se explica que los aislados proteicos son la forma comercial más pura, obtenida mediante la eliminación de polisacáridos, oligosacáridos y otros componentes, lo cual se realiza a través de hidrolisis y precipitación posterior, o bien con la adición de ácidos minerales. Este proceso incluye el control de factores como pH, temperatura, solubilidad y otros parámetros que favorecen el enriquecimiento de la proteína deseada. (Bonino, 2016)

### **2.7.1.1 Beneficios de los Aislados Proteicos**

Los aislados proteicos tienen aplicaciones en la producción de diversos productos dentro de la industria alimentaria, como productos horneados, bebidas para deportistas, embutidos y alimentos para bebés, entre otros. Además de ser utilizados como aditivos en suplementos nutricionales para mejorar el perfil de aminoácidos y aumentar el contenido proteico, las proteínas también aportan beneficios funcionales, tales como emulsificación, estabilización, aumento de la viscosidad, y mejoras en la apariencia, sabor, textura y la capacidad de absorción de agua o aceite. (Pezo, 2015)

### **2.7.1.2 Propiedades Funcionales de los aislados proteicos.**

Los aislados proteicos de leguminosas presentan diversas propiedades funcionales que los hacen útiles en la industria alimentaria, en el caso de la solubilidad tiene ciertas variaciones en su pH (8-12), siendo más alta en medios alcalinos y mínima cerca del punto isoeléctrico (pH 4.5-6) esto contribuye a facilitar la incorporación en alimentos líquidos, por otro lado también se encuentra la capacidad de absorción de agua en donde es una prioridad fundamental para obtener la jugosidad y textura en productos procesados, también es muy común encontrar que

algunos aislados tienen más capacidad para ligar con agua es por este motivo que su aplicación se ve más relacionada en la fabricación de bebidas o productos líquidos (Ordoñez, 2020).

La actividad emulsificante en los aislados proteicos es de gran importancia ya que ayudan a estabilizar emulsiones de agua-aceite, lo que es de gran utilidad para las formulaciones de productos como salsas y emulsiones cárnicas, es decir que el aislado proteico forma una capa protectora alrededor de las gotas de aceite que impiden su coalescencia y así mejora la estabilidad de la emulsión.(Sangronis et al., 2004).

Para Duque et al., (2008) la gelificación y la estabilidad espumante en los aislados proteicos de leguminosas es muy importante ya que la gelificación aporta estructura y textura a los productos procesados, haciéndolos más cremosos y suaves lo que es una gran ventaja ya que al mantener su estructura permite que soporte condiciones de temperatura y humedad, no obstante la estabilidad espumante hace que los alimentos sean más ligeros y aireados, esto se debe a que los aislados proteicos que tienen esta función pueden retener aire a los productos alimenticios, lo que hace que su apariencia y textura se perciba mucho mejor.

### 2.6.11 Marco conceptual

- **Absorción de agua:** Proceso físico-químico donde líquidos, gases o sustancias disueltas son absorbidos y distribuidos dentro de un medio, integrándose en su estructura interna incrementando su contenido de humedad (Huamani-H et al., 2020).
- **Aislado proteico:** Producto obtenido a partir de una fuente alimentaria (animal o vegetal) que se somete a procesos de purificación para separar y concentrar la proteína, el resultado es un ingrediente con alto contenido proteico, generalmente entre un 85% y un 95% de su peso seco (Kapiszka, 2025).
- **Almorta:** Planta anual de la familia de las leguminosas (Fabaceae), tradicionalmente se ha utilizado como alimento humano y forraje animal en forma de semilla o como harina (Mallor, 2023).
- **Aminoácido:** Son moléculas orgánicas fundamentales que contienen un grupo amino (-NH<sub>2</sub>) y un grupo carboxilo (-COOH), participan en funciones vitales como la síntesis de hormonas, neurotransmisores, y el metabolismo celular (Clínica Universidad de Navarra, 2025).
- **ANOVA:** Técnica estadística diseñada para comparar las medidas de tres o más grupos, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre ellas.(C. Ortega, 2019).
- **Centrifugación:** Procedimiento físico o técnica de separación que permite aislar partículas (células, moléculas, orgánulos, etc.) en una mezcla, aprovechando la diferencia en sus velocidades de sedimentación al ser sometidas a la acción de un campo centrífugo generado por rotación. (Seguí, 2012)
- **Extracción alcalina:** Es un método para aislar proteínas a partir de materias primas vegetales o animales, Consiste en solubilizar las proteínas ajustando el pH a valores alcalinos usualmente con hidróxido de sodio (NaOH). (Manzanilla-Valdez et al., 2024).
- **Solubilidad:** Capacidad que tiene una sustancia (solute) para disolverse en otra (solvente), se expresa comúnmente en unidades de concentración como molaridad o gramos por litro. (Ondarse, 2024)
- **Precipitación isoelectrica:** Método de separación y recuperación de rotinas que se basa en ajustar el pH de una solución al punto isoelectrico de la proteína. (Serpa Guerra et al., 2014)

- **Proteína vegetal:** Son aquellas que se encuentran en alimentos de origen vegetal, como legumbres, cereales, frutas secas, semillas, algas y algunos vegetales. Necesarios para la formación y reparación de tejidos, síntesis de enzimas y hormonas. (Instituto Europeo de química, física y biología, 2023)
- **Punto isoeléctrico:** Es el valor de pH en el que una molécula o sustancia, especialmente proteínas y aminoácidos, presenta una carga eléctrica neta igual a cero. (Serpa Guerra et al., 2014)

## 2.7 Metodología del Proyecto de Investigación

### 2.7.1 Tipo de investigación

#### 2.7.1.1 Investigación Bibliográfica

Para (Reyes & Carmona, 2020) La investigación bibliográfica es aquella que consiste en recopilar información de materiales previamente publicados, esta información puede estar en libros, revistas, periódicos e informes, también se lo puede encontrar en medios electrónicos, como grabaciones de audio y video, películas, así también en otros medios como, recursos en línea, sitios web, blogs y bases de datos bibliográficas.

Se realizó una revisión bibliográfica de la almorta (*Lathyrus sativus*), en los que están, los métodos para obtención de un aislado proteico que son, extracción alcalina y precipitación isoeléctrica, con ayuda de diferentes artículos científicos, libros, revistas, tesis y otras publicaciones, con la finalidad de tener información verídica y confiable para realizar una investigación de la calidad y características en general de los aislados proteicos y de la harina de almorta.

#### 2.7.1.2 Investigación Experimental

Según (Alban et al., 2020), esta investigación se basa en el manejo de una o más variables experimentales no comprobadas, esto se lo realiza en condiciones rigurosamente en control, esto se lo hace con la finalidad de comprender y describir la causa o el modo en el que se produce una situación o acontecimiento. Para esto se analizan las variables de estudio y así controlar ya sea, su disminución o aumento de estas, así también observar su efecto y las diferentes conductas.

### 2.7.2 Métodos de investigación

#### 2.7.2.1 Método deductivo

El método deductivo es aquel que tiene como significado el camino por el que se conduce la investigación, para indagar y extraer la mayor información veraz, con el debido razonamiento para así llegar a las debidas conclusiones.

Este método se usó para la recolección de información y así desarrollar el marco teórico de la presente investigación (Espinoza, 2023).

### **2.7.2.2 Método Experimental**

Este es un método científico que se usa para comprobar si las hipótesis planteadas están correctas o no con la ayuda de un experimento, también contribuye a perfeccionar la información recopilada, eleva la calidad de los conocimientos adquiridos e investigados.

Este método se utilizó para determinar la veracidad de las hipótesis planteadas en el proyecto y a su vez su modificación de ser necesario (García et al., 2018).

### **2.7.3 Técnicas de investigación**

#### **2.7.3.1 Análisis de documentos**

Este es un método de recolección de información que lleva al investigador a que tenga contacto con información relevante, de fuentes documentales ya sea en libros, artículos, revistas, entre otros. Indagar sobre las teorías y datos que contribuyen a la proyección científica de un tema.

Este análisis sirvió para dar soporte a las variables de estudio y recopilar la mayor información sobre la materia prima a utilizar, así como también los métodos de extracción de un aislado proteico y así cumplir con los objetivos planteados (Giavedoni, 2022).

#### **2.7.3.2 Observación**

Es aquel que registra y analiza ya sea un individuo o un fenómeno en su entorno natural, esta se lo puede realizar de forma sistemática o controlada. Esta es una técnica de recolección de datos, que permite a los investigadores observar eventos en un entorno natural o controlado, es una técnica valiosa ya que proporciona información objetiva, precisa y detallada. La observación se empleó en la selección del mejor método de obtención del aislado proteico, así como también en obtener los tiempos y temperaturas adecuadas para la extracción de este.(Gonzáles, 2020)

### **2.7.5 Materiales, equipos, insumos y reactivos**

#### **2.7.5.1 Materias primas**

– Almorta

- Harina de almorta

### **2.7.5.2 Materiales e insumos**

- Bowl
- Tamizador
- Digestor de fibra
- Erlenmeyers
- Cucharas
- Bandejas
- Vasos de precipitación
- Vidrio de reloj
- Espátulas
- Recipientes de plástico pequeños – Papel filtro.
- Tubos cónicos
- Pissetas
- Crisoles
- Cápsulas
- Vasos de destilación
- Pinzas
- Parrilla
- Mechero
  
- Pipetas
- Bomb calorímetro
- Probetas – Embudo
- Guantes
- Pissetas
- Micro bureta
- Gradillas
- Matraz de digestión Kjeldahl con capacidad de 125 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 10 ml
- Matraz volumétrico de 100 ml

### 2.7.5.3 Reactivos

- Hidróxido de sodio al 24 %
- Éter de petróleo
- Alcohol
- Oxígeno
- Ácido cítrico
- Ácido nítrico
- Hexano
- Sulfato de sodio anhidrido
- Ácido bórico
- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio al 30 %
- Ácido sulfúrico concentrado
- Reactivo de Anthrone
- Catalizadores para la digestión
- Pepsina
- Indicador de pH
- Agua destilada
- Agua Oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- Carbonato de sodio
- Ácido acético
- Ácido sulfúrico

### 2.7.5.4 Equipos

- Balanza analítica: precisa XB 320/Capacidad 110 g y resolución 0,01mg
- Molino industrial: VEVOR/110LBxHORA
- pHchmetro: MILWAYKEE PH600/ 0,0-14,0
- Agitador: TERMO CIENTIFIC CIMAREC SP131325Q 60/1200RPM
- Centrifugadora: ROTOFIX 32A 28 tubos/ velocidad máxima 4000RPM
- Mufla: Memmert Universal 30
- Horno de aire: Deshydrator
- Aparato digestor Kjeldahl
- Aparato Soxhlet

- Pipeta
- Desecador
- Espectrofotómetro

#### 2.7.4 Metodología para la obtención de la harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

Para la obtención de harina se realizó un proceso simple en el cual consta de los siguientes pasos:

- **Recepción:** Recepción de las semillas de almorta, en buen estado y sin impurezas.

##### **Ilustración 1**

*Recepción de las semillas de almorta.*



*Nota.* La ilustración muestra la recepción de las semillas de almorta. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

- **Lavado:** Lavar las semillas, aquí se las desinfecta con metabisulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) y agua.

##### **Ilustración 2** *Lavado de las semillas de almorta.*



*Nota.* La ilustración muestra el lavado de las semillas de almorta. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

- **Deshidratado:** Las semillas son puestas a un deshidratador a una temperatura de 100°C a 120°C por un tiempo de 10 a 30 minutos.
- **Molido:** Se muelen las habas deshidratadas, en un molino industrial. Para luego tamizar y así obtener la harina. (Córdoba et al., 2021)

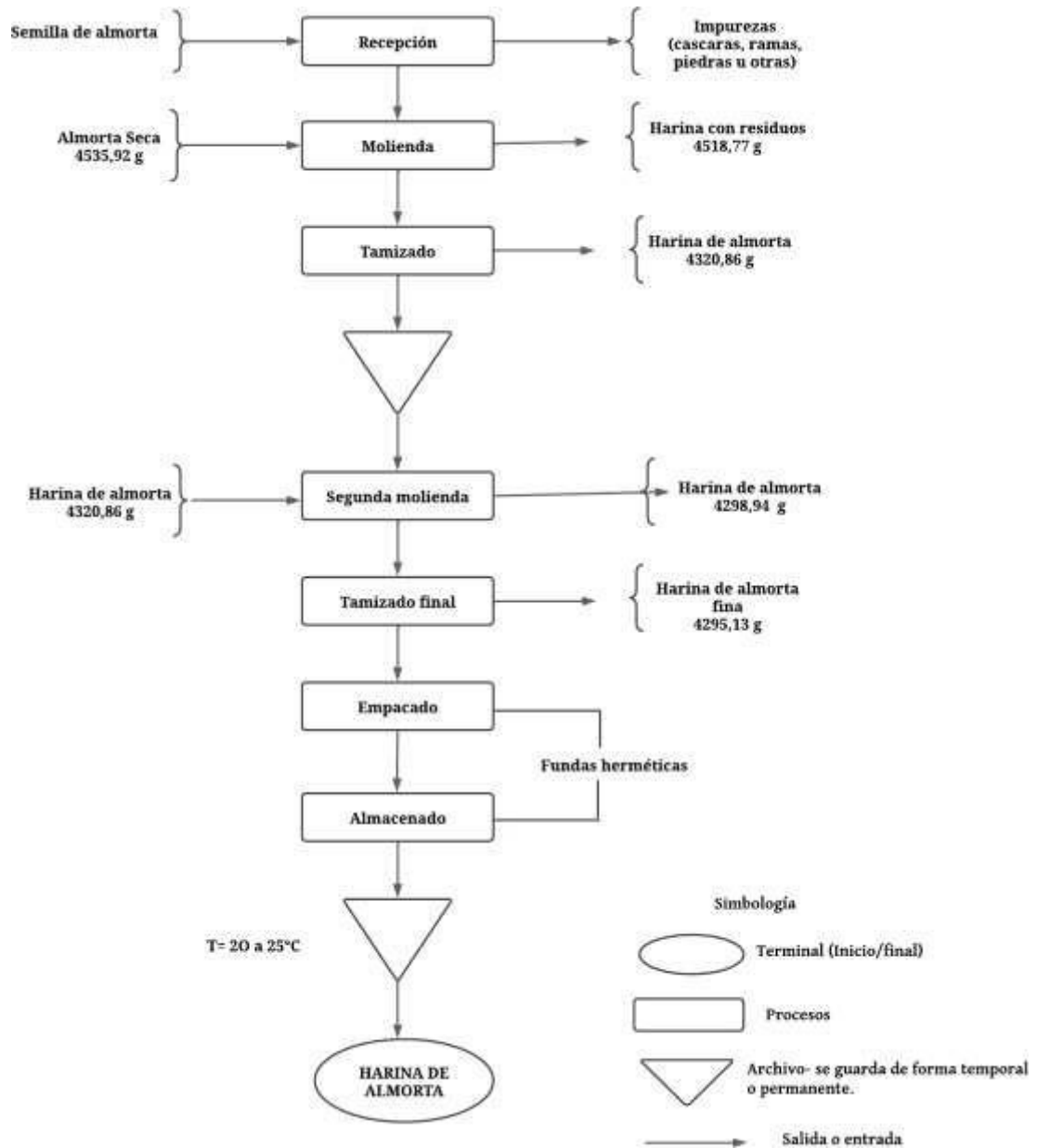
**Ilustración 3** *Molido de las semillas de almorta.*



*Nota.* La ilustración muestra el molido de las semillas de almorta. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

### **2.7.5 Flujo grama de la obtención de harina de almorta**

**Flujograma 1:** *Obtención de harina de almorta*



Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Como se muestran en los resultados el total del rendimiento es de 94,6 %, esto demuestra que hubo un procedimiento eficiente y se minimizó la pérdida de materia prima.

### 2.7.6 Técnicas de análisis físico-químico

### 2.7.6.1 Determinación de humedad

La humedad en los alimentos indica la estabilidad del producto, ya que existe una relación entre el contenido de agua y su capacidad de deterioro. La determinación de humedad es un método muy importante y de frecuente uso en el proceso, control y la conservación de los alimentos (Quispe, 2019).

Para realizar la determinación de humedad se usó el método AOAC 925.10. Gravimetría, Horno de aire.

Donde la muestra se coloca en una capsula de porcelana previamente pesada. La muestra debe ser secada en un horno a una temperatura específica (100-105°C) durante 2 a 4 horas, hasta alcanzar una masa constante. Luego, la capsula es retirada del horno y colocada en un desecador, para enfriarla a temperatura ambiente. Posteriormente, se pesa la capsula con una aproximación de 0,1 gramos, para así determinar la masa de la muestra y la capsula seca. La humedad se calcula con la siguiente fórmula (Norambuena, 2023).

*Ecuación 1:*

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100\%$$

Dónde:  $P_i$  = Peso inicial

$P_f$  = Peso final

### 2.7.6.2 Determinación de proteína

Para determinar la proteína se usó el método de AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl.

Esto se lo realiza sometiendo a digestión una muestra con ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) y se forma  $CO_2$  y  $H_2O$ , la proteína se descompone y forma amoníaco ( $NH_3$ ), este es contenido por el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), en forma de sulfato de amonio  $(NH_4)_2(SO_4)$ , este sulfato solo se destruye en un medio básico, una vez formada la sal de amonio actúa una base fuerte  $NaOH$  al 50% y se desprende el nitrógeno formando amoníaco ( $NH_3$ ), se retiene en una solución ácido bórico al 2,5%, este contiene el indicador mixto rojo de metilo y verde de bromocresol y se titula con  $HCl$  al 0,1 N (Norambuena, 2023).

### 2.7.6.3 Determinación de grasa

Según (Buitrón, 2021), las grasas de la harina son provenientes de los residuos de las envolturas del grano y de partículas del germen. La cantidad de grasa depende de la extracción de la harina, mientras más grasa contenga la harina más rápido y fácilmente se enranciará

Para determinar grasa se usó el método de AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet.

Se pesa la muestra y se coloca en el equipo Soxhlet, previamente tarado con los cazos, luego se añade hexano por 2 horas para la extracción. Se recupera el solvente y los cazos se colocan en una estufa a 130°C por 10 minutos para así obtener la grasa de las muestras. Al final, se deja enfriar en el desecador por 45 minutos y se pesa (Aguilar, 2020).

### 2.7.6.4 Determinación de ceniza

La determinación de cenizas es el análisis de residuos inorgánicos que resultan después de la oxidación o ignición completa de la materia orgánica de un alimento. Existen tres formas generales de obtener las cenizas de un alimento: por tratamientos en seco guiados hacia el mayor tipo de alimentos; por vía húmeda (oxidación) para muestras con alto contenido de grasa como productos cárnicos y finalmente un análisis simple, con temperaturas bajas en seco para preparar las muestras al analizar los elementos (Serrano, 2024).

Para la determinación de cenizas se usó el método de método AOAC 923/NTE INEN 401.

Se realizará por calcinación, se coloca la muestra en una capsula de sílice a 600°C en una mufla hasta que se obtenga una ceniza gris hasta tener un peso constante. Se enfría en un desecador y se pesa una vez este frio a temperatura ambiente (Norambuena, 2023).

El contenido de cenizas se calcula con la siguiente formula:

*Ecuación 2:*

$$\% \text{ cenizas} = \frac{m (\text{Cenizas})}{m (M)} \cdot 100\%$$

#### **Dónde:**

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

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

### **2.7.6.5 Determinación de carbohidratos**

Los carbohidratos se los realiza según la FAO Tabla composición alimentos. Por diferencia, es decir:

Carbohidratos totales =  $[100 - (\text{proteína} + \text{fibra} + \text{grasas} + \text{humedad} + \text{cenizas})]$  (Norambuena, 2023).

### **2.7.6.6 Determinación de calorías**

Para la determinación de calorías se lo realiza según la normativa NTE INEN 1334-2:2011.

En lo que se usó los resultados de grasa, proteína y carbohidratos. Luego, se realizó los cálculos matemáticos relacionando las calorías donde: 1 gramo de grasa le corresponde 9 kcal; 1 gramo de proteína: 4 kcal y 1 gramo de carbohidrato: 4 kcal (Vaca, 2024).

### **2.7.6.7 Determinación de fibra Bruta**

La determinación de fibras se efectúa determinando el porcentaje (%) de fibras contenidas en la muestra. La determinación de fibra bruta se lo hará según la norma NTE INEN 522:2013// Gravimetría.

Para lo cual se pesa la muestra en el matraz y se añade ácido sulfúrico, se lleva la mezcla a ebullición a 220 °C por 1 hora. Se pone un embudo con papel filtro en un matraz para filtrar la solución por el papel y se lava con agua hirviendo.

Para la digestión en fibra, se pasó el residuo del papel al matraz, con una espátula, añadiendo hidróxido de sodio y llevando a ebullición a 220 °C por 1 hora. Se dejó reposar y se retira de la plancha, se filtra y se lava el resultante con agua hirviendo. Una vez todo filtrado, el papel con la muestra se lo coloca en la estufa a 130 °C por 10 minutos. Finalmente, se deja se deja enfriar en un desecador durante 45 minutos y se toma el peso final (Sotelo et al., 2020).

## **2.7.1 Metodología para el aislado proteico de almorta.**

### **2.7.1.1 Metodología para la obtención de un aislado proteico**

La extracción alcalina y la precipitación isoelectrica son dos métodos que se usan para separar el contenido proteico de una materia vegetal, como la harina de almorta.

#### **2.7.1.1.1 Extracción Alcalina**

Se aplicó la metodología de (Taimal, 2022), la extracción alcalina, es el método más utilizado para la obtención de aislados proteicos, este proceso consiste en disolver las proteínas en un medio alcalino, luego se filtra y se centrifuga para separar el líquido y eliminarlo en el proceso.

### Proceso

- **Recepción y pesado:** Se pesa 100 gr de harina de almorta.

#### **Ilustración 4** *Pesado de la harina de almorta.*



*Nota.* La ilustración muestra el pesaje de la harina de almorta. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

- **Preparar:** Preparar una suspensión de la harina de almorta en 400 ml de agua destilada. Esto se lo realizó para cada tratamiento.

#### **Ilustración 5** *Suspensión de harina de almorta con agua destilada.*



*Nota.* La ilustración muestra la preparación de la suspensión. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

- **Adicionar:** Hidróxido de sodio (NaOH) 24 % hasta llegar a los pH requeridos (8-9) en la fase de extracción alcalina.

**Ilustración 6** *Ajuste de pH de la extracción alcalina*



*Nota.* La ilustración muestra el ajuste del pH de la preparación de la suspensión. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

**Tabla 6.** *pH de Extracción Alcalina*

<b>Tratamiento</b>	<b>pH de la extracción alcalina</b>
t1 (a1b1c1)	8
t2 (a1b1c2)	8
t3 (a1b2c1)	9
t4 (a1b2c2)	9
t5 (a2b1c1)	8
t6 (a2b1c2)	8
t7 (a2b2c1)	9
t8 (a2b2c2)	9

Elaborado por (Aguilar & Astudillo, 2025).

- **Agitar:** Se agita durante 1 hora a temperatura ambiente en un agitador eléctrico para que se mezcle homogéneamente.

**Ilustración 7** *Agitación de la solución de extracción alcalina*



*Nota.* La ilustración muestra la agitación en la extracción alcalina. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

- **Centrifugar:** Llevar la suspensión a una centrífuga a una velocidad de 4000 rpm por 30 minutos.

### **Ilustración 8**

*Centrifugado de muestras.*



*Nota.* La ilustración muestra el proceso de centrifugado en la extracción alcalina. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

- **Separar:** Después de centrifugar separar el extracto proteico (líquido) del precipitado (sólido).(Gualotuña & Quindil, 2024)

### 2.7.1.2 Precipitación Isoeléctrica

El punto isoeléctrico de una proteína va a depender de su composición de aminoácidos y esto se refiere al pH en el cual la proteína va a tener una carga de neta de cero, en el que la solubilidad será casi nula. Si la proteína tiene un alto contenido de aminoácidos básicos como la arginina o lisina, su punto isoeléctrico estará por arriba de 7.0. Por otro lado, si los aminoácidos como el ácido aspártico o ácido glutámico son predominantes, su punto isoeléctrico estará bajo los 7.0 (Hernández, 2020).

- **Agregar:** En el extracto proteico líquido se adicionó HCl 1N constantemente hasta llegar a los pH establecidos en la fase de precipitación isoeléctrica (4,5).

**Ilustración 9** *Ajuste de pH en la precipitación isoeléctrica.*



*Nota.* La ilustración muestra el ajuste del pH de la precipitación isoeléctrica. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

**Tabla 7.** *pH de precipitación isoeléctrica.*

Tratamiento	pH de la precipitación isoeléctrica
t <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> )	4
t <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> )	4
t <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> )	4
t <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> )	4
t <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> )	5
t <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> )	5
t <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> )	5
t <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> )	5

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

– **Centrifugar:** Nuevamente se lleva a la centrífuga a velocidad de 4000 rpm durante 30 minutos. Al terminar el centrifugado del precipitado proteico, se obtuvo el aislado de la proteína separando el extracto sólido del líquido, donde

muestra que el extracto sólido es la proteína aislada (Gualotuña & Quindil, 2024).

**ilustración 10** *Precipitado y obtención del aislado proteico húmedo.*



*Nota.* La ilustración muestra la obtención del aislado proteico después de la centrifugación. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

– **Deshidratar:** La muestra sólida que es la proteína aislada se llevó a deshidratar a 50 °C durante los rangos de temperatura establecidos para cada, muestra (11-12 horas)

**Ilustración 11** *Aislado proteico húmedo listo para ser deshidratado.*



*Nota.* La ilustración muestra el aislado proteico húmedo listo para la deshidratación. Fuente: Aguilar & Astudillo (2025).

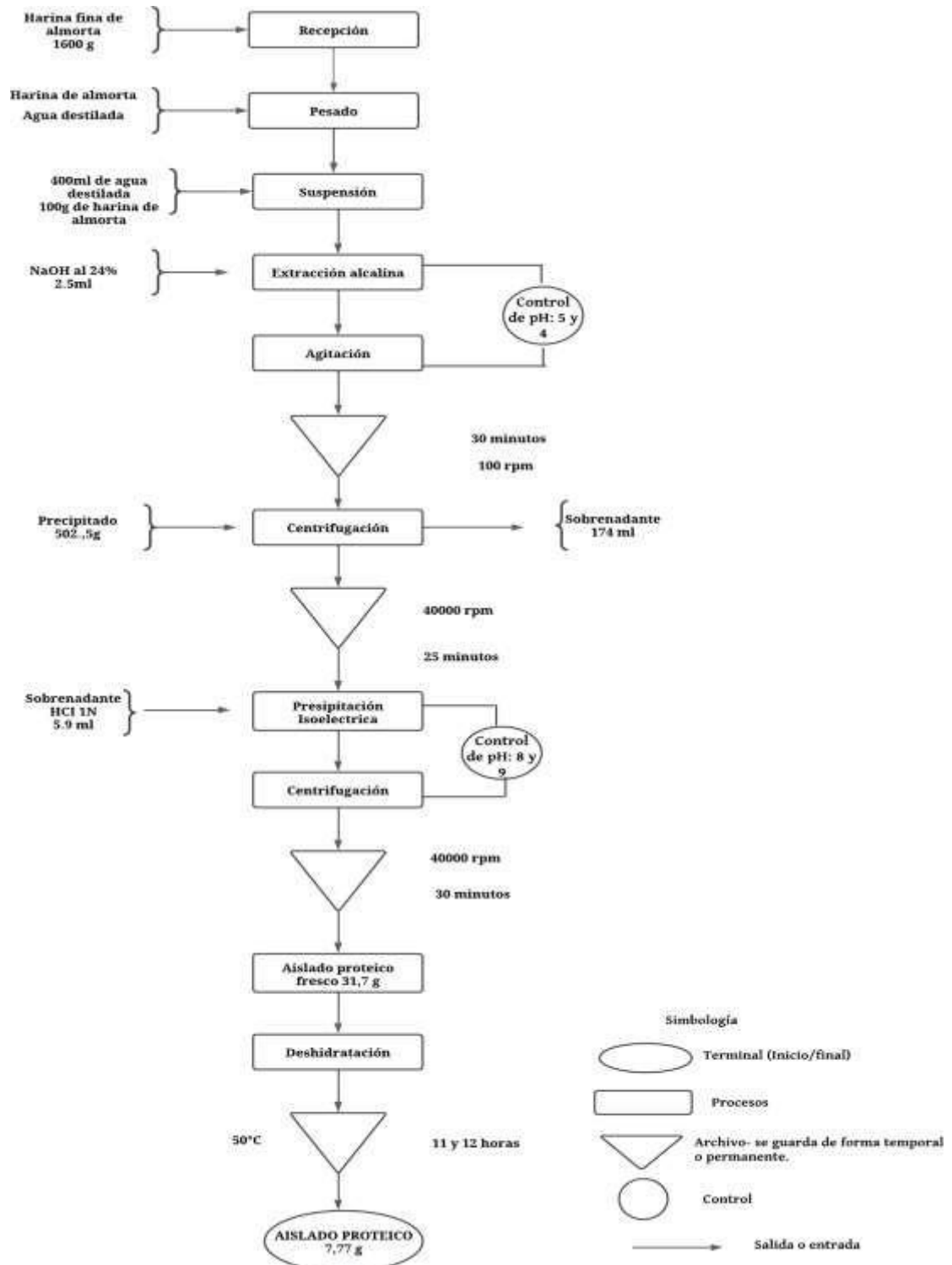
**Tabla 8.** *Tiempo de deshidratación.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo de deshidratación</b>
t1 (a1b1c1)	11
t2 (a1b1c2)	12
t3 (a1b2c1)	11
t4 (a1b2c2)	12
t5 (a2b1c1)	11
t6 (a2b1c2)	12
t7 (a2b2c1)	11
t8 (a2b2c2)	12

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

### 2.7.1.3 Flujo grama de la obtención de aislado proteico de la harina de almorta

**Flujograma 2:** *Obtención de aislado proteico de harina de almorta*



Elaborado por (Aguilar & Astudillo, 2025)

Esta fórmula se aplicó en todas las muestras ya que era uno de los parámetros para determinar el mejor tratamiento.

El rendimiento que se obtuvo es prometedor y se estima que existe una cantidad de proteínas adecuadas al porcentaje de harina que se utilizó

### 2.7.2 Metodología para la determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA)

Este análisis se lo realizó con la metodología adaptada por (Gualotuña & Quindil, 2024), en la que se realizó algunas modificaciones.

#### Procedimiento

- **Pesar:** Se pesó los tubos de la centrifuga
- **Agitar:** Luego se añadió 0,2 g de muestra con 8ml de agua destilada y se agito durante 30 minutos.
- **Centrifugar:** Posteriormente, se llevó a centrifugar durante 15 minutos y así se obtuvo los datos finales para realizar los cálculos con la siguiente formula:

$$CAA = \frac{Pp - Tm}{M}$$

*Ecuación 3*

CAA: Capacidad de absorción de agua

Pp: Peso del precipitado

Tm: Tubo de la muestra vacío

M: Muestra

### 2.7.3 Metodología para la determinación de índice de solubilidad en agua (ISA)

El índice de solubilidad en agua se refiere a la cantidad de sólidos secos presentes en el sobrenadante, expresada como un porcentaje al peso inicial de la muestra. Esta metodología fue adaptada con algunas modificaciones por (Gualotuña & Quindil, 2024).

#### Procedimiento

- **Pesar:** Se pesó tubos de la centrifuga

- **Mezclar:** Se mezcló 0,2 g de muestra con 8ml de agua destilada
- **Agitar:** Se agito durante 30 minutos y se llevó a centrifugar por 15 minutos
- **Secar:** Se procedió a pesar las cajas Petri y luego se colocó 3ml de sobrenadante para ser llevado a la estufa por 24 horas
- **Calcular:** Se calculó utilizando la siguiente fórmula:

*Ecuación 4*

$$ISA = \frac{CDE - CV}{M} \times 100$$

**Donde:**

ISA: Índice de solubilidad en agua

CDE: Peso de las cajas Petri después de la estufa

CV: Peso de las cajas Petri vacías

M: Muestra

## 2.7.4 Técnicas de separación y purificación

### 2.7.4.1 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-UV)

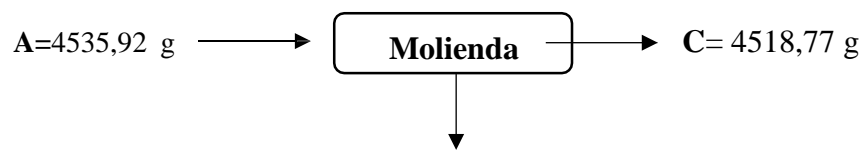
Para (Universidad Autónoma Metropolitana, 2012) La cromatografía líquida de alta resolución es una técnica analítica que permite separar mezclas múltiples sustancias de procedencia diversa, con el propósito de distinguirlas, cuantificarlas y purificarlas, también nos explica que la secuencia a seguir en aislados proteicos es la siguiente:

- **Preparar:** Se prepara la muestra del aislado proteico, eso es mediante la lisis de las células y la extracción de las proteínas
- **Seleccionar:** Se selecciona una columna de HPLC adecuada para la separación de las proteínas, las columnas más comunes son de intercambio iónico, columnas de exclusión y columnas de afinidad.
- **Preparar:** Se prepara la fase móvil, que básicamente es el líquido que se utilizara para para eluir las proteínas que se encuentran en la columna. – **Inyectar:** La muestra del aislado proteico se inyecta en la columna de HPLC.

- **Separar:** En las columnas se separa según su afinidad la proteína esto es diferenciando la fase estacionaria y la fase móvil. Las proteínas son separadas y su y se deben detectar con un detector UV O de fluorescencia.
- **Cuantificar:** Las proteínas que serán detectadas se cuantifican e identifican utilizando diferentes técnicas de espectrometría.

#### 2.7.4.2 Balance de materia harina de almorta

##### Balance primera molienda



B= 17,15 g de desechos

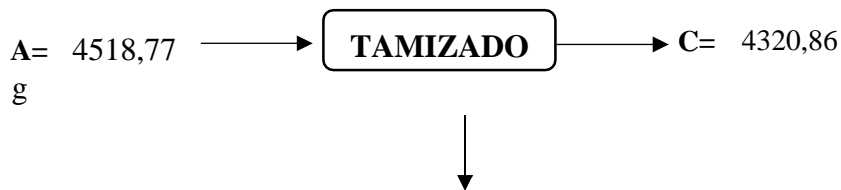
$$A = B + C$$

$$4535,92 \text{ g} = B + 4518,77 \text{ g}$$

$$= 4535,92 \text{ g} - 4518,77 \text{ g}$$

$$B = 17,15 \text{ g}$$

##### Balance primer tamizado



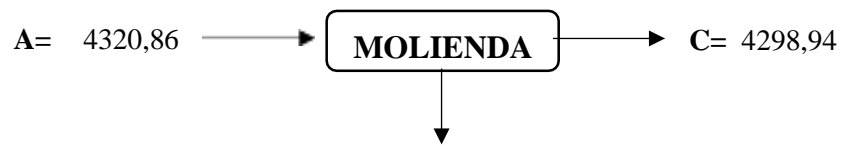
B= 197,91 g de desecho

$$A = B + C$$

$$4518,77 \text{ g} = B + 4320,86 \text{ g}$$

$$= 4518,77 \text{ g} - 4320,86 \text{ g}$$

$$B = 197,91 \text{ g}$$

**Balance segunda molienda**

$$\mathbf{B} = 21,9 \text{ g}$$

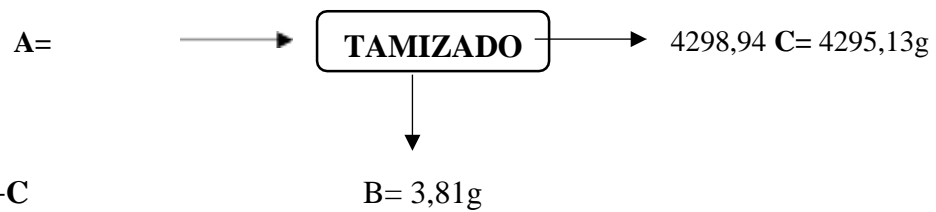
$$A = B + C$$

$$4320,86 \text{ g} = B + 4298,94 \text{ g}$$

$$= 4320,86 \text{ g} - 4298,94 \text{ g}$$

$$B = 21,9 \text{ g}$$

#### Balance tamizado final



$$A = B + C$$

$$4298,94 \text{ g} = B + 4295,13 \text{ g}$$

$$= 4298,94 \text{ g} - 4295,13 \text{ g}$$

$$B = 3,81 \text{ g}$$

El balance de materia determina el rendimiento que se obtuvo desde la semilla hasta la obtención de harina en donde se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 5

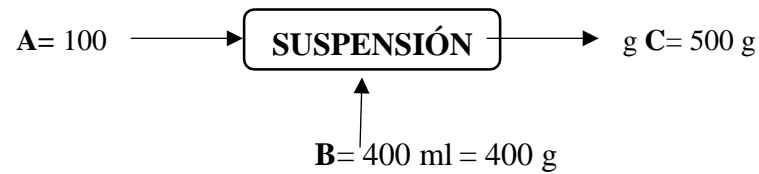
$$\text{Rendimiento}\% = \frac{\text{Cantidad de harina obtenida}}{\text{Cantidad de semillas utilizadas}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{4295,13 \text{ g}}{4535,92 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 94,6 \%$$

### 2.7.4.3 Balance de materia Aislado Proteico del mejor tratamiento.

#### Balance de la suspensión



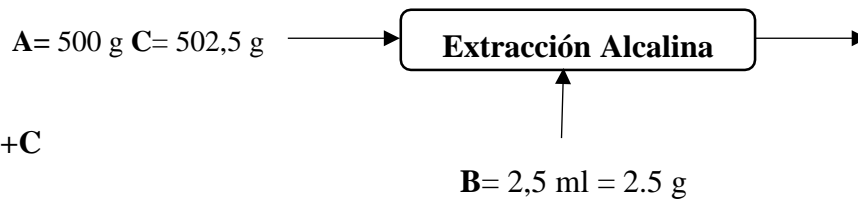
$$A = B + C$$

$$100 \text{ g} = 400 \text{ g} + C$$

$$= 400 \text{ g} + 100 \text{ g}$$

$$C = 500 \text{ g}$$

#### Balance de materia Extracción Alcalina



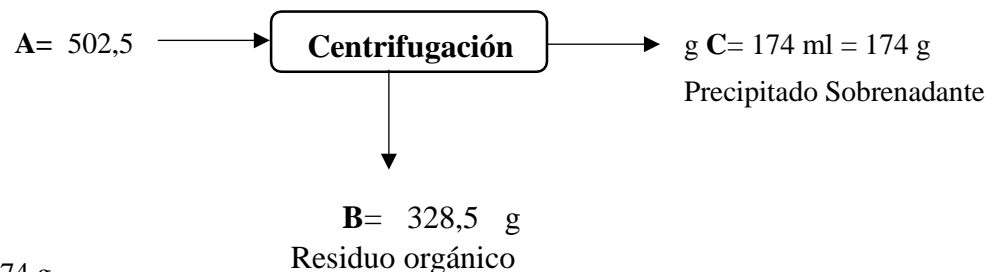
$$A = B + C$$

$$500 \text{ g} = 2,5 \text{ g} + C$$

$$= 2,5 \text{ g} + 500 \text{ g}$$

$$C = 502,5 \text{ g}$$

#### Balance de materia 1ra centrifugación.

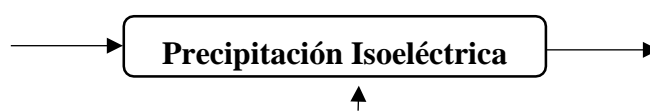


$$A = B + C$$

$$502,5 \text{ g} = B + 174 \text{ g}$$

$$B = 502,5 \text{ g} - 174 \text{ g}$$

$$= 328,5 \text{ g}$$



**Balance de materia Precipitación Isoeléctrica.**

$$A = 174 \text{ g} \quad C = 179,9 \text{ g}$$

Sobrenadante Sobrenadante

$$B = 5,9 \text{ ml} = 5,9 \text{ g}$$

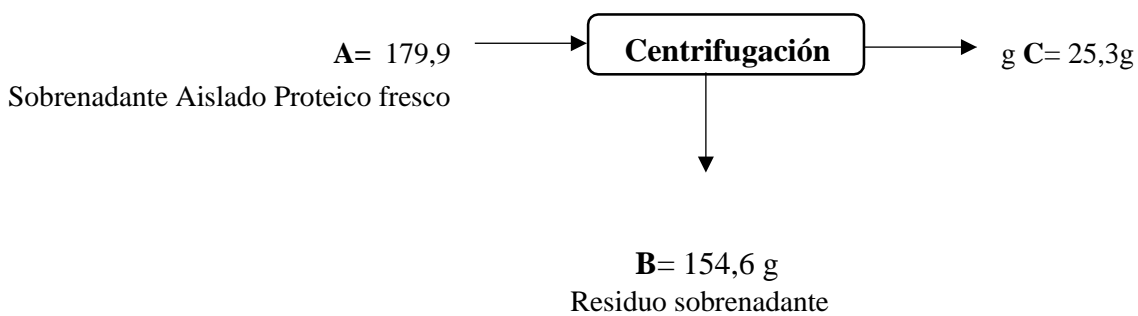
HCl

$$A = B + C$$

$$174 \text{ g} = 5,9 \text{ g} + C$$

$$= 174 \text{ g} + 5,9 \text{ g}$$

$$C = 179,9 \text{ g}$$

**Balance de materia segunda centrifugación.**

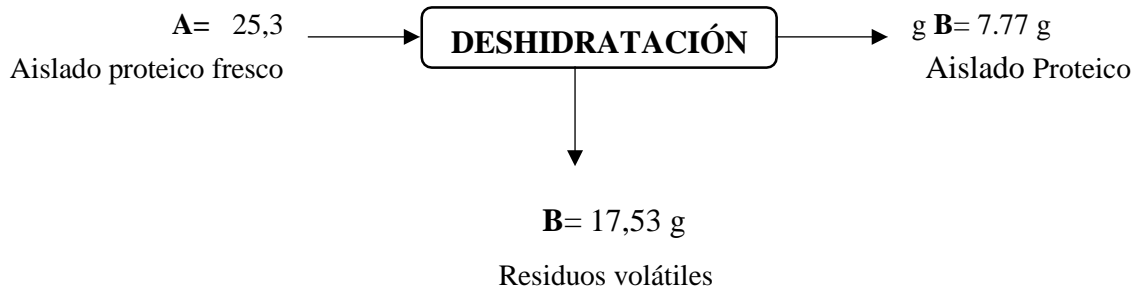
$$A = B + C$$

$$179,9 \text{ g} = B + 25,3 \text{ g}$$

$$B = 179,9 \text{ g} - 25,3 \text{ g}$$

$$B = 154,6 \text{ g}$$

**Balance de materia segunda centrifugación.**



$$A = B + C$$

$$25,3 g = B + 7,77 g$$

$$B = 25,3g - 7,77g$$

$$B = 17,53 g$$

El rendimiento de la concentración de proteína se realizó con el mejor tratamiento y se utilizó la siguiente ecuación:

*Ecuación 6 %*

$$\text{Rendimiento}\% = \frac{\text{Aislado deshidratado}}{\text{Aislado fresco}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento \%} = \frac{7,77}{25,3g} \times 100$$

$$\text{Rendimiento}\% = 30,7\%$$

## 2.8 Hipótesis

### 2.8.1 Hipótesis Nula

**H<sub>0</sub>:** El pH de la extracción alcalina, precipitación isoelectrica y la temperatura de deshidratación, no influye en las propiedades fisicoquímicas, funcionales de la harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

### 2.8.2 Hipótesis Alternativa

**H1:** El pH de la extracción alcalina, precipitación isoelectrica y la temperatura de deshidratación, sí influye en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

### Validación

Una vez realizada esta investigación, se concluye que, según las propiedades fisicoquímicas, funcionales y perfil de aminoácidos, se acepta la hipótesis H<sub>1</sub> y se rechaza la H<sub>0</sub>, es decir que el pH de la extracción alcalina, pH de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación si influye en las características fisicoquímicas, funcionales y perfil de aminoácidos del aislado proteico a partir de la harina de almorta.

### 2.9 Diseño experimental

Para el análisis y proceso de optimización del aislado proteico, se realizó un diseño experimental de diseño de bloques completamente al azar, en arreglo factorial 2x2x2, esto se lo hizo con dos repeticiones.

Para esto se usará 3 tipos de factores de estudio detallados en la tabla 9:

**Tabla 9:** Factores experimentales para el diseño experimental

Factores	Niveles
<b>Factor A:</b> pH de la extracción alcalina	<b>a1:</b> 4 <b>a2:</b> 5
<b>Factor B:</b> pH de la precipitación isoelectrica	<b>b1:</b> 8 <b>b2:</b> 9
<b>Factor C:</b> Tiempo de deshidratación del aislado proteico	<b>c1:</b> 11 h <b>c2:</b> 12 h

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Este diseño consta de 16 corridas experimentales que combinan el pH de la precipitación isoelectrica, pH de la extracción alcalina y el tiempo de deshidratación del aislado, con el cual se identifica las condiciones óptimas de extracción de la proteína en la harina de almorta.

**Tabla 10:** Descripción del diseño experimental para las Corridas experimentales del aislado de proteína de almorta

Corrida	Tratamiento	pH extracción			pH alcalina	pH isoeléctrica	Tiempo de (horas)
		precipitación	deshidratación				
1	t <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> )	8	4	11			
2	t <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> )	8	4	12			
3	t <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> )	9	4	11			
4	t <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> )	9	4	12			
5	t <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> )	8	5	11			
6	t <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> )	8	5	12			
7	t <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> )	9	5	11			
8	t <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> )	9	5	12			
9	t <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> )	8	4	11	10	t <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> )	8 4 12
11	t <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> )	9	4	11			
12	t <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> )	9	4	12			
13	t <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> )	8	5	11			
14	t <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> )	8	5	12			
15	t <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> )	9	5	11			
16	t <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> )	9	5	12			

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

## 2.10 Análisis y discusión de resultados

### 2.10.1 Análisis proximal de la harina de almorta

El análisis proximal es usado para determinar la cantidad de diversos componentes en los alimentos, como la humedad, la proteína cruda, la grasa total, los carbohidratos y la fibra dietética, esta evaluación es fundamental, para conocer el valor nutricional de los productos alimenticios y para verificar su calidad. (Fonseca, 2023). A continuación, en la En la tabla 11 se detallan los resultados en porcentaje del análisis proximal de la harina de almorta. **Tabla 11.** *Resultados de análisis proximal de la harina de almorta.*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
Humedad (%)	8,05
Materia Seca (%)	91,95
Proteína (%)	25,43 Inicial
Extracto Etéreo (%)	1,48
Fibra (%)	14,19
Cenizas (%)	3,83
Materia Orgánica (%)	96,17
Carbohidratos (%)	47,02

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

La muestra analizada de harina de almorta muestra una humedad de 8,05%, esto reporta los valores típicos de otros proyectos investigativos sobre esta harina, ya que se reporta un rango habitual de 7,6 a 9,28, esto permite que se cumpla con los límites recomendados para mantener calidad y evitar el desarrollo de microorganismos. La harina de almorta tiene mucha similitud en su parámetro de humedad con la harina de soja, ya que oscila entre 7-9% y permite que al igual que la harina de almorta su conservación sea más eficaz y con control microbiológico.(Neira, 2021)

El contenido de proteína es de 25,43%, superando el rango mínimo establecido de 10%, lo cual nos indica que es un producto con un alto valor proteico, es decir con un alto valor nutricional, clasificándose como una fuente vegetal relevante para dietas altas en proteínas, estudios recientes realizados por reportan valores que van desde 25 y 28g de proteína encontrados cada 100g de harina, este aporte proteico es superior al encontrado en harinas de cereales como el trigo, posicionando a la almorta como una alternativa interesante para enriquecer productos alimentarios (Madriddiario, 2024)

El contenido de fibra bruta cruda 14,19% supera el límite máximo permitido de 0,75 lo que la sitúa entre las harinas con mayor fibra, similar o superior a la harina de soja integral, esto la categorizaría como funcional en alimentos para la salud digestiva y control glucémico (Arnarson, 2019).

El contenido de ceniza 3,83% también sobre pasa el límite de 0,60% establecida en base seca. Según (Ortiz, 2022), estos niveles tan elevados de fibra y minerales son característicos de harinas

integrales o poco refinadas, lo que sugiere que la muestra no es considerada una harina refinada de uso general, sino posiblemente una harina integral.

El extracto etéreo con un valor de 1,48%, está muy por debajo de los la soja, esto sería un parámetro muy ventajoso ya que es ideal para preparaciones donde se busque bajo aporte graso y mayor vida útil por menor riesgo de rancidez, los carbohidratos 47,02% y la materia seca 91,95% no están regulados por esta norma, pero según (Astiz et al., 2022) presentan valores coherentes con una composición distinta a la de una harina refinada o comercial.

Es decir, esta harina destaca por su alto contenido en proteína y su bajo contenido en humedad, pero no cumple con los demás requisitos según la norma NTE INEN 6116 en lo que se refiere a fibra y ceniza, por lo que no se podría considerar esta harina para productos de panificación o para uso común, pero si para otros productos especializados.

### 2.10.2 Análisis de varianza del rendimiento.

El aislado proteico de almorta es muy importante ya que se refiere a la cantidad pura de proteína que se obtuvo de la materia prima que fue la harina de almorta. En la tabla 12 se muestra el análisis de varianza del rendimiento del aislado proteico de almorta de las 16 corridas experimentales.

**Tabla 12.** Análisis de Varianza del rendimiento.

F.V.	GL	CM	p-valor	F	SC
<b>REPETICIONES</b>	0,36	1	0,36	126	<0,0001**
<b>E A</b>	9,3025	1	9,3025	3255,875	<0,0001**
<b>P I</b>	0,4225	1	0,4225	147,875	<0,0001**
<b>T.D</b>	7,5625	1	7,5625	2646,875	<0,0001**
<b>E A*P I</b>	42,9025	1	42,9025	15015,875	<0,0001**
<b>E A*T D</b>	17,2225	1	17,2225	6027,875	<0,0001**
<b>P I*T D</b>	2,1025	1	2,1025	735,875	<0,0001**
<b>E A*P I*T D</b>	14,8225	1	14,8225	5187,875	<0,0001**
<b>Error</b>	0,02	7	0,0029		
<b>Total</b>	94,7175	15			
<b>CV</b>	<b>0,1966</b>				

**E A:** pH de extracción alcalina del aislado proteico.

**P I:** pH de precipitación isoelectrica del aislado proteico.

**T D:** tiempo de deshidratación del aislado proteico.

**E A\*P I\*T D:** interacción entre pH de extracción alcalina, pH de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación.  
**C.V:** Coeficiente de Variación  
**\*\*:** Altamente significativo

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

El análisis de varianza ANOVA en el rendimiento del aislado proteico de almorta presento valores altamente significativos, tanto en los factores principales como de sus interacciones. El pH de la extracción alcalina (E A) presento un valor significativamente alto sobre la variable dependiente  $< 0,0001$ , lo que evidencia que este parámetro influye en la eficiencia de la extracción y las propiedades del aislado. De igual forma, el pH de la precipitación isoelectrica (P I) también mostro un valor significativo  $< 0,0001$  y de igual manera influye en la extracción. Por otro lado, el tiempo de deshidratación (T D) tuvo un dato significativo  $< 0,0001$ , demostrando que el tiempo de secado es un factor clave en el aislado.

Las interacciones entre los factores también fueron altamente significativas, lo cual indica que estos no actúan de manera independiente. La interacción entre el pH de la extracción alcalina y el de la precipitación isoelectrica (E A\* P I) mostro un  $F=15015,875$ , mientras que la interacción entre el pH de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A\* T D) alcanzó un  $F=6027,875$ , ambas con  $< 0,0001$ . Esto indica que el comportamiento de aislado cambia considerablemente dependiendo de la combinación de condiciones. Así mismo. La interacción entre el pH de la precipitación isoelectrica y el tiempo de deshidratación (P I \*T D) fue también significativa con  $< 0,0001$ , sugiriendo que la eficiencia del proceso depende de la combinación de los parámetros. La interacción triple de pH de la extracción alcalina, precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (E A\*P I\*T D) resulto estadísticamente muy significativa con  $< 0,0001$ , lo cual demuestra que existe una relación compleja entre los tres factores y que la optimización del proceso debe hacerse considerando sus efectos combinados. Además, las repeticiones mostraron diferencias significativas de  $< 0,0001$ , lo que resalta la importancia de controlar las condiciones experimentales para garantizar la repetición. El coeficiente de variación es de 0,1966, lo cual indica confiabilidad de los datos obtenidos.

En la tabla 13 se muestra la tabla de Tukey, en la que se observa el efecto del pH de la extracción alcalina (E A) en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 13.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la extracción alcalina (E A), en el rendimiento del aislado proteico.

E A	Medias	n	E.E.
-----	--------	---	------

<b>pH 8</b>	27,95	8	0,0189	<b>A</b>
<b>pH 9</b>	26,425	8	0,0189	<b>B</b>

E A: pH extracción alcalina, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En esta tabla se evidencia dos factores diferentes A y B, por lo que existe diferencia significativa en el pH de la extracción alcalina, la interacción que tiene la media más alta es de 27,95 que corresponde a un pH de 8, esto comprueba que, si influye en los análisis fisicoquímicos del aislado proteico.

El método de extracción alcalina radica en mayor solubilidad de las proteínas en medios básicos (pH=8), lo que facilita su separación del material vegetal. Si bien el aumento del pH incrementa el rendimiento, ciertas investigaciones advierten que condiciones con exceso de pH o exceso de alcalinidad pueden afectar la calidad nutricional y funcional de las proteínas (Barrial, 2014) La tabla 14 evidencia la prueba Tukey, en la que encuentra el efecto del pH de la precipitación isoelectrica (P I) en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 14.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la precipitación isoelectrica (P I), en el rendimiento del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 5</b>	27,35	8	0,02	<b>A</b>
<b>pH 4</b>	27,03	8	0,02	<b>B</b>

P I: pH precipitación isoelectrica, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Se observa dos factores diferentes A y B, lo que indica que existe diferencia significativa en el pH de la precipitación isoelectrica, la media más alta un pH de 5 y que tiene un valor de 27,35, este factor si influye en el aislado proteico.

Una investigación en semillas de sambo (*Cucurbita ficifolia B.*), mostro que el mayor rendimiento se obtuvo un pH de 5 en la precipitación. Un pH bien ajustado precipita principalmente las proteínas deseadas, reduciendo impurezas (Núñez, 2024).

Se presenta en la tabla 15 la prueba de Tukey para determinar del factor tiempo de deshidratación (T D), en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 15.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en el rendimiento del aislado proteico.

<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>11 horas</b>	27,875	8	0,0189	<b>A</b>

**12 horas**                      26,5                      8                      0,0189                      **B**

**T D:** tiempo de deshidratación, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la prueba de Tukey, se muestran dos rangos diferentes A y B, por lo que se determina que existe diferencia significativa en el tiempo de deshidratación, la media más alta es de un tiempo de 11 horas y el valor es de 27,875, esto quiere decir que va a influir en los análisis del aislado proteico.

En la extracción de proteínas de leguminosas andinas, se establece un rango de (10-12 horas) de tiempo de deshidratación, se menciona que el proceso de secado muy largos puede provocar la degradación de aminoácidos esenciales y la pérdida de funcionalidad, lo que se traduce en un menor rendimiento (Cori et al., 2020).

Mediante la tabla 16, se muestra las interacciones del pH de extracción alcalina y pH de la precipitación isoeléctrica (E A x P I) en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 16.** Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de la extracción alcalina y pH de la precipitación isoeléctrica (E A x P I), en el rendimiento del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>P I</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	29,425	4	0,0267	<b>A</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	28,225	4	0,0267	<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	26,475	4	0,0267	<b>C</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	24,625	4	0,0267	<b>D</b>

**E A:** pH de extracción alcalina, **P I:** pH precipitación isoeléctrica, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la prueba de Tukey, en las interacciones del pH de la extracción alcalina y pH de la precipitación isoeléctrica (E A y P I) se demuestran cuatro rangos diferentes A, B, C y D, por lo que se determina que no pertenecen al mismo grupo homogéneo, es así como se evidencia que existe diferencia significativa, la media más alta es de 29,425 lo que corresponde a la interacción de pH de 8 y 4, esto va a influir la obtención del aislado proteico. En la obtención de aislados de soya y otras leguminosas, se reporta que el pH de extracción alcalina favorece la solubilidad de las proteínas, mientras que el pH de precipitación isoeléctrica (P I) permite su recuperación selectiva. La optimización de ambos pasos es clave para maximizar el rendimiento y la pureza (Nazate et al., 2016).

En la tabla 17, se muestra las interacciones del pH de extracción alcalina y el Tiempo de deshidratación (E A x P I) en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 17.** Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en el rendimiento del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 8</b>	<b>11 horas</b>	29,675	4	0,0267	<b>A</b>
<b>pH 9</b>	<b>12 horas</b>	26,775	4	0,0267	<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>12 horas</b>	26,225	4	0,0267	<b>C</b>
<b>pH 9</b>	<b>11 horas</b>	26,075	4	0,0267	<b>D</b>

E A: pH de extracción alcalina, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, E.E: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Según la tabla 17, se observa que existen cuatro rangos diferentes A, B, C y D, en las interacciones de pH de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A

\* T D), al ser distintas se determina que existe diferencia significativa entre estas, la media más alta corresponde a un pH de 8 y tiempo de deshidratación de 11 horas, con un valor de 29,675, siendo influyente en los análisis del aislado proteico. El pH de extracción alcalina es un factor crítico para maximizar la solubilidad y el rendimiento de las proteínas vegetales. Por ejemplo, en la extracción de proteínas de quinua, se reporta que valores de pH elevados (hasta 11) favorecen la solubilidad y el rendimiento del aislado, mientras que pH más bajos reducen significativamente la recuperación proteica. Esto coincide con tus resultados, donde el mayor rendimiento se obtuvo con el pH de extracción alcalina de 8 (Aliaga, 2019). Respecto al tiempo de deshidratación, estudios generales sobre secado de biomasa, indican que la deshidratación a temperatura controlada (46 °C durante 10-12 horas) es suficiente para obtener un polvo estable,

pero no se evalúa el efecto de variar el tiempo de secado sobre el rendimiento proteico (Prieto & Lamas, 2021).

Mediante la tabla 18, se muestra las interacciones del pH de extracción alcalina y el Tiempo de deshidratación (E A x T D) en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 18.** Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de la precipitación isoeléctrica y el tiempo de deshidratación (P I x T D), en el rendimiento del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 8</b>	<b>11 horas</b>	28,075	4	0,0267	<b>A</b>

<b>pH 9</b>	<b>11 horas</b>	27,675	4	0,0267	<b>B</b>	
<b>pH 9</b>	<b>12 horas</b>	27,025	4	0,0267		<b>C</b>
<b>pH 8</b>	<b>12 horas</b>	25,975	4	0,0267		<b>D</b>

**P I:** pH precipitación isoelectrica, **T D:** tiempo de deshidratación, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Se presenta cuatro rangos diferentes A, B, C y D, al no ser homogéneos se determina que existe diferencia significativa entre los valores, las interacciones entre el pH de la precipitación isoelectrica y el tiempo de deshidratación (P I x T D), arroja la media más alta con un pH de precipitación isoelectrica de 4 y tiempo de deshidratación de 11 horas, con un valor de 28,075, influyendo en los análisis y del aislado proteico.

En la tabla 18, se muestra las interacciones del pH de extracción alcalina y el Tiempo de deshidratación (E A x T D) en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*). La mayoría de las proteínas precipitan a su pH isoelectrico (P I), ya que al tener carga neta cero, no se repelen y tienden a agruparse y precipita, en cuanto a la deshidratación la temperatura de 50°C y tiempos de 6 a 12 horas son los recomendados para evitar la desnaturalización de proteínas y obtener un mejor rendimiento (Thompson, 2024).

Según la tabla 19, se observa las interacciones del pH de extracción alcalina, el pH de la precipitación isoelectrica y el Tiempo de deshidratación (E A x P I x T D) en el rendimiento del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 19.** Prueba de Tukey para determinar el efecto en las interacciones del pH de la precipitación isoelectrica y el Tiempo de deshidratación (E A x P I x T D) en el rendimiento del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>P I</b>	<b>T D</b>			<b>n</b>			<b>E.E.</b>
<b>Medias</b>								
<b>pH 1</b>	<b>pH 1</b>	<b>11 horas</b>	30,55	2	0,0378	<b>A</b>	<b>pH 2</b>	<b>pH 2</b>
<b>12 horas</b>			29,9	2	0,0378	<b>B</b>	<b>pH 1</b>	<b>pH 2</b>
<b>horas</b>	28,8	2	0,0378			<b>C</b>		
<b>pH 1</b>	<b>pH 1</b>	<b>12 horas</b>	28,3	2	0,0378		<b>D</b>	
<b>pH 2</b>	<b>pH 2</b>	<b>11 horas</b>	26,55	2	0,0378		<b>E</b>	
<b>pH 2</b>	<b>pH 1</b>	<b>11 horas</b>	25,6	2	0,0378		<b>F</b>	
<b>pH 1</b>	<b>pH 2</b>	<b>12 horas</b>	24,15	2	0,0378		<b>G</b>	
<b>pH 2</b>	<b>pH 1</b>	<b>12 horas</b>	23,65	2	0,0378		<b>H</b>	

**E A:** pH extracción alcalina, **P I:** pH precipitación isoelectrica, **T D:** tiempo de deshidratación, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Se evidencia que existe ocho rangos diferentes que identifica como A, B, C, D, E, F, G, y H y al no ser homogéneos se determina que existe diferencia significativa en los factores de pH de extracción alcalina, pH de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación, por lo que sus medias son diferentes. El mejor tratamiento es de un pH de extracción alcalina de 8, pH de precipitación isoelectrica de 4 y un tiempo de deshidratación de 11 horas, que corresponde a T<sub>1</sub> que tiene un rendimiento mayor con una media de 30,55 y siendo el más influyente en los análisis del aislado proteico.

Los datos obtenidos en el rendimiento del aislado proteico presentan cierta variabilidad dependiendo de cada uno de los factores aplicados, la extracción de la proteína con respecto al pH de las diferentes fases de extracción alcalina y precipitación isoelectrica indica que a medida que el pH aumenta se incrementa el rendimiento de extracción, este factor es primordial en la obtención de altos rendimientos de proteína (Cuñaña & Martin, 2018). El método de solubilización alcalina seguido de precipitación isoelectrica permitió obtener aislados con más del 30% de rendimiento, aunque el estudio no varió el tiempo de deshidratación, sino que se centró en la eficiencia del proceso de extracción y precipitación. El tiempo del proceso de extracción también es un factor importante ya que al aplicar los tiempos correctos en la agitación y centrifugación en los procesos de extracción alcalina y precipitación isoelectrica ayuda a que la extracción de proteína sea máxima por consiguiente que el rendimiento aumente (Llanes, 2018).

### 2.10.3 Análisis de varianza del porcentaje de proteína

#### Análisis de varianza

En la tabla 20, se observa el análisis de varianza de los factores y sus debidas interacciones, del porcentaje de proteína de las 16 corridas experimentales del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 20.** Análisis de varianza del porcentaje de proteína.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>REPETICIONES</b>	0,01	1	0,01	0,83	0,3925
<b>E A</b>	2,66	1	2,66	220,62	<0,0001**

<b>PI</b>	0,09	1	0,09	7,23	0,0312 *
<b>TD</b>	23,96	1	23,96	1989,65	<0,0001**
<b>EA*PI</b>	22,37	1	22,37	1857,77	<0,0001**
<b>EA*TD</b>	39,69	1	39,69	3295,73	<0,0001**
<b>PI*TD</b>	15,02	1	15,02	1246,85	<0,0001**
<b>EA*PI*TD</b>	0,52	1	0,52	43,05	0,0003*
<b>Error</b>	0,08	7	0,01		
<b>Total</b>	104,4	15			
<b>CV</b>	<b>0,13</b>				

**EA:** pH de extracción alcalina del aislado proteico.

**PI:** pH de precipitación isoelectrica del aislado proteico.

**TD:** tiempo de deshidratación del aislado proteico.

**EA\*PI\*TD:** interacción entre pH de extracción alcalina, pH de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación.

**C.V:** Coeficiente de Variación \*\*: Altamente significativo

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Se indica los resultados del ANOVA para el contenido de proteína. Se observa que existe diferencia significativa para el pH de extracción alcalina con p-valor <0,0001 y el pH de la precipitación isoelectrica, con un p-valor de 0,0312, Además, la interacción de estos presenta un p-valor <0,0001 siendo significativo, estos factores tienen un impacto significativo en el rendimiento del aislado proteico de almorta, es decir que, influyen significativamente en las propiedades físicas, químicas, funcionales y perfil de aminoácidos del aislado proteico. El valor del coeficiente de variación es de 0,13 es bajo lo que indica que el contenido de proteína es confiable. Por consiguiente, se muestran las tablas de significancia basadas en la tabla 14 del análisis de varianza ANOVA:

En la tabla 21, se observa la prueba de Tukey del factor del pH de extracción alcalina (EA) en el porcentaje de proteína del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 21.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la extracción alcalina (EA), en la proteína del aislado proteico

<b>EA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 9</b>	87,45	8	0,04	<b>A</b>
<b>pH 8</b>	86,64	8	0,04	<b>B</b>

**EA:** pH de extracción alcalina, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En esta tabla puede observar dos rangos diferentes que son A y B por lo que existe diferencia significativa en el pH de extracción alcalina de 8, el mayor contenido de proteína según la media es de 87,45 por lo que se comprueba que en los análisis fisicoquímicos si influyen en el

aislado proteico. El tratamiento con pH 9 mostró un mayor contenido proteico (87,45%) en comparación con pH 8 (86,64%), diferencia que, aunque numéricamente pequeña, es relevante para la optimización del proceso. Estos resultados se alinean con las investigaciones en leguminosas afines, que reporta que el pH de la extracción alcalina favorece la solubilidad y la recuperación de proteínas, permitiendo obtener aislados con alto porcentaje de proteína (más del 80-85% en soya y haba) (Enríquez et al., 2023).

Mediante la tabla 22, se presenta la prueba de Tukey del factor del pH de la precipitación isoeléctrica (P I) en el porcentaje de proteína del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 22.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la precipitación isoeléctrica (P I), en la proteína del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 5</b>	87,12	8	0,04	<b>A</b>
<b>pH 1</b>	86,97	8	0,04	<b>B</b>

**P I:** pH de precipitación isoeléctrica, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

El pH de la precipitación isoeléctrica se detalla en dos rangos diferentes que son A y B por lo que se puede decir que no son del mismo grupo homogéneo, por lo que se concluye que existe diferencia significativa, el mayor contenido de proteína corresponde al pH de 5, según se evidencia en la media de 87,12, que es el que va a influir en los análisis fisicoquímicos del aislado proteico.

El pH de la precipitación isoeléctrica permite concentrar la proteína al llevarla a su punto de mínima solubilidad, lo que facilita su separación del resto de componentes. Cuando el pH de la solución se ajusta, la proteína pierde su carga neta, se agrega y precipita. Esto permite recuperar la mayor cantidad posible de proteína en forma sólida, aumentando así el porcentaje de proteína en el aislado (Serpa et al., 2019).

Según la tabla 23, se presenta el factor del tiempo de deshidratación (T D) con su debida prueba de Tukey, para el porcentaje de proteína del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 23.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en la proteína del aislado proteico.

T D	Medias	n	E.E.	
11 horas	88,27	8	0,04	A
12 horas	85,82	8	0,04	B

T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

El tiempo de deshidratación se evidencia en dos rangos diferentes que son A y B lo que se puede decir que no son homogéneos, por lo que se entiende que existe diferencia significativa en los datos obtenidos, el mayor contenido de proteína corresponde a un tiempo de 11 horas con una media de 88,27 es decir que esto va a influir en los análisis fisicoquímicos del aislado proteico. Al eliminar el agua, los nutrientes como proteínas, carbohidratos y grasas no se pierden, pero su concentración relativa aumenta porque el peso total del producto disminuye (Infoalimentos, 2018).

En la tabla 24, se presenta las interacciones del pH de la extracción alcalina y el pH de la precipitación isoelectrica, con su debida prueba de Tukey, para el porcentaje de proteína del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 24.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de pH de la extracción alcalina y el pH de la precipitación isoelectrica (E A x P I), en la proteína del aislado proteico

E A	P I	Medias	n	E.E.	
pH 9	pH 5	88,71	4	0,05	A
pH 8	pH 4	87,75	4	0,05	B
pH 9	pH 4	86,2	4	0,05	C
pH 8	pH 9	85,53	4	0,05	D

E A: pH extracción alcalina, P I: pH precipitación isoelectrica, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

La tabla 24 indica que existe 4 rangos diferentes A, B, C y D por lo que se demuestra que, si existe diferencia significativa, por lo que sus, medias son diferentes. Estudios de optimización en otras leguminosas (avellana, soya, lupino) destacan que la combinación óptima de tiempo, relación materia prima/solvente y pH de extracción es clave para obtener el máximo rendimiento y pureza proteica, es decir el porcentaje de proteína (Villaroel et al., 2019).

Se presenta la tabla 25 con la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de las interacciones de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en la proteína del aislado proteico.

**Tabla 25.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en la proteína del aislado proteico

	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>E A</b>					
<b>pH 8</b>	<b>11 horas</b>	89,44	4	0,05	<b>A</b>
<b>pH 9</b>	<b>12 horas</b>	87,81	4	0,05	<b>B</b>
<b>pH 9</b>	<b>11 horas</b>	87,1	4	0,05	<b>C</b>

**pH 8**                      **12 horas**      83,84   4      0,05   **D**

E A: pH extracción alcalina, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

La tabla 25 indica que existe 4 rangos diferentes A, B, C y D por lo que se demuestra que, si existe diferencia significativa, por lo que se puede evidenciar que sus medias son diferentes. Optimizar múltiples parámetros de proceso (pH, tiempo, temperatura, relación muestra/solvente) para maximizar la calidad y el rendimiento. La combinación óptima de pH de extracción bajo y tiempo de deshidratación corto maximiza el porcentaje de proteína en el aislado (Arias, 2021) En la tabla 25 con la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de las interacciones de la precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (P I x E A) en la proteína del aislado proteico.

**Tabla 26.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (P I x T D), en la proteína del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	89,17	4	0,05	<b>A</b>
<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	87,38	4	0,05	<b>B</b>
<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	86,87	4	0,05	<b>C</b>
<b>pH 4</b>	<b>12 horas</b>	84,78	4	0,05	<b>D</b>

P I: pH precipitación isoeléctrica, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Según la tabla se observa que existe 4 rangos diferentes A, B, C y D por lo que se demuestra que, si existe diferencia significativa, por lo que se puede evidenciar que sus medias son diferentes. Ajustar el pH de la precipitación isoeléctrica a 5 ayuda a que las proteínas se precipiten de mejor manera, al usar NaCl para este proceso maximiza la obtención de las proteínas y al combinarlo

con el tiempo de deshidratación a bajas temperaturas promueve el rendimiento del porcentaje de proteína (Bonino, 2019).

En la tabla 27 se presenta la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (E.A x P.I x T D) en el porcentaje de proteína del aislado proteico.

**Tabla 27.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T D), en la proteína del aislado proteico.

			Media				E A
T D			s				
				P I	n	E.E.	
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	91,34	2	0,08		<b>A</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	90,21	2	0,08		<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	87,54	2	0,08		<b>C</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	87,21	2	0,08		<b>C D</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	87,0	2	0,08		<b>D</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	<b>12 horas</b>	85,4	2	0,08		<b>E</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	<b>12 horas</b>	84,16	2	0,08		<b>F</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	83,52	2	0,08		<b>G</b>

E A: pH extracción alcalina, P I: pH precipitación isoeléctrica, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

La tabla 27 indica que existe seis rangos diferentes que identifica como A, B, C, D, E, F y G, por lo que se demuestra que, si existe diferencia significativa, por lo que sus medias son diferentes. Se obtuvo el mejor tratamiento el que tiene un pH de extracción alcalina de 8, pH de precipitación isoeléctrica 4 y tiempo de deshidratación de 11 horas, siendo el que tiene un mayor contenido de proteína de acuerdo con lo que indica la media de 91,35 y siendo el más influyente en los análisis fisicoquímicos del aislado proteico.

A un pH alcalino (8-9), las proteínas adquieren carga negativa debido a la ionización de grupos carboxilo y la des protonación de grupos amina, lo que incrementa la repulsión electrostática entre moléculas y favorece su solubilidad en agua. Esto permite una mayor extracción de proteínas desde la matriz vegetal (Maza, 2020). En la precipitación isoeléctrica proteínas pierden su carga neta, se agregan y precipitan,

facilitando su separación del resto de componentes solubles. Este paso es crucial para obtener aislados de alta pureza (Serp et al., 2019). La temperatura durante la extracción alcalina puede modificar la estructura secundaria de las proteínas y, por tanto, sus propiedades fisicoquímicas y funcionales. Temperaturas elevadas pueden aumentar la solubilidad, pero también el riesgo de desnaturalización y pérdida de funcionalidad (Contardo & Klener, 2021).

El contenido de proteína obtenido del mejor tratamiento garantiza la formulación de un aislado proteico ya que posee más de 90% de ellas, lo que garantiza que sea un aislado proteico (De La Cruz & Rojas, 2020). Esto se logró con las condiciones óptimas tanto de extracción alcalina con un pH de 8, un pH de precipitación isoelectrica de 4 y un tiempo de deshidratación de 11 horas.

#### 2.10.4 Análisis de varianza de la capacidad de absorción de agua (CAA)

La capacidad de absorción de agua es la medida que indica la capacidad que el aislado proteico tiene para retener agua (Alvarado & Macías, 2024).

Mediante la tabla 28 se presenta la prueba de Tukey de la capacidad de absorción de agua (CAA) de las diferentes muestras del aislado proteico de harina de almorta.

#### Análisis de varianza

**Tabla 28.** Análisis de varianza de la capacidad de absorción de agua (CAA).

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>REPETICIONES</b>	0,0018	1	0,0018	4,6082	0,069
<b>E A</b>	0,0473	1	0,0473	120,6902	<0,0001**
<b>P I</b>	0,162	1	0,162	413,3189	<0,0001**
<b>T D</b>	0,0176	1	0,0176	44,7904	0,0003*
<b>E A * P I</b>	0,0613	1	0,0613	156,2802	<0,0001**
<b>E A * T D</b>	0,0885	1	0,0885	225,8018	<0,0001**
<b>P I * T D</b>	0,3164	1	0,3164	807,2323	<0,0001**
<b>E A * P I * T D</b>	0,1463	1	0,1463	373,2642	<0,0001**
<b>Error</b>	0,0027	7	0,0004		
<b>Total</b>	0,8439	15			
<b>CV</b>	<b>0,5625</b>				

**E A:** pH de extracción alcalina del aislado proteico.

**P I:** pH de precipitación isoelectrica del aislado proteico.

**T D:** tiempo de deshidratación del aislado proteico.

**E A \* P I \* T D:** interacción entre pH de extracción alcalina, pH de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación.

**C.V:** Coeficiente de Variación

**\*\*:** Altamente significativo

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la tabla 28 se observan el análisis estadístico para la capacidad de absorción del agua del aislado proteico de almorta. Se observa que los factores del pH de extracción alcalina, el pH de

precipitación isoelectrica, tiempo de deshidratación y sus interacciones son significativos con un p-valor de  $< 0,0001$ , lo que indica que influyen en la capacidad de absorción. Además, el coeficiente de variación 0,5625 demuestra que los resultados obtenidos son reales, confiable y eficientes en la absorción de agua.

Según la tabla 28 se presenta la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH de la extracción alcalina, en la capacidad de absorción de agua (CCA) del aislado proteico.

**Tabla 29.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en la extracción alcalina (E A), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 8</b>	3,573	8	0,007	<b>A</b>
<b>pH 9</b>	3,465	8	0,007	<b>B</b>

**E A:** pH extracción alcalina, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Se presentan dos rangos diferentes A y B, donde se puede observar que existe diferencia significativa en el pH de extracción alcalina, se evidencia que el que tiene mayor capacidad de absorción de agua es el pH de extracción alcalina de 8 con una media de 3,5738. En el pH de la extracción alcalina, las proteínas se desnaturalizan parcialmente, exponiendo grupos hidrofílicos ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ) que interactúan con el agua, aumentando así la capacidad de absorción de agua (CAA). En soya, la harina desengrasada a pH 8,5 absorbe el doble de agua que a pH 4,6–6,3, debido a la ruptura de la estructura cuaternaria y mayor exposición de sitios polares. La retención de agua es mínima en el punto isoelectrico (pH 4,5) y aumenta rápidamente cuando el pH se aleja de este valor, ya sea hacia el lado ácido o alcalino (Ledesma, 2019a).

En la tabla 30 se presenta el pH de la precipitación isoelectrica mediante una prueba de Tukey en la que se analiza la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico de almorta.

**Tabla 30.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en la precipitación isoelectrica (P I), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 5</b>	3,620	8	0,007	<b>A</b>
<b>pH 4</b>	3,418	8	0,007	<b>B</b>

**P I:** pH precipitación isoelectrica, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Se observan dos rangos diferentes A y B, donde se puede observar que existe diferencia significativa en el pH de la precipitación isoeléctrica, se puede constatar que el que mayor capacidad de absorción de agua en la precipitación isoeléctrica con un pH de 9.

El pH de la precipitación isoeléctrica las proteínas pierden su carga neta, se agregan y precipitan. En este estado, la capacidad de absorción de agua (CAA) es mínima porque los grupos hidrofílicos están menos accesibles y las proteínas están en su forma más compacta (Ledesma, 2019b).

Según la tabla 31 se presenta la prueba de Tukey para determinar el tiempo de deshidratación en la capacidad de absorción de agua (CCA) del aislado proteico.

**Tabla 31.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en la CAA del aislado proteico.

T D	Medias	n	E.E.	
11 horas	3,552	8	0,007	A
12 horas	3,486	8	0,007	B

T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Los datos obtenidos en la tabla 31, se observan dos rangos diferentes A y B, donde se evidencia que existe diferencia significativa en el tiempo de deshidratación del aislado proteico de las muestras, según la tabla el tiempo de deshidratación de 11 horas es la que tiene mayor capacidad de absorción de agua (CAA), con una media de 3,5525. La deshidratación puede provocar desnaturalización parcial de las proteínas, exponiendo grupos hidrofílicos ( $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$ ) que interactúan con el agua, aumentando así la capacidad de absorción de agua (CAA). Sin embargo, la desnaturalización en estado seco o con humedad intermedia puede llevar a la formación de agregados insolubles por interacciones entre proteínas desnaturalizadas lo que podría reducir la accesibilidad de los grupos hidrofílicos y, por tanto, la capacidad de absorción de agua CAA (Renata, 2020).

Según la tabla 32 se muestra la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica en la capacidad de absorción de agua del aislado proteico.

**Tabla 32.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y la precipitación isoeléctrica (E A x P I), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico.

E A	P I	Medias	n	E.E.	
pH 9	pH 5	3,627	4	0,0099	A
pH 8	pH 5	3,612	4	0,0099	A

<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	3,535	4	0,0099	<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	3,302	4	0,0099	<b>C</b>

E A: pH extracción alcalina, P I: pH precipitación isoelectrica, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Según la tabla 32, se observan tres rangos diferentes A, B y C, lo que nos indica que existe diferencia significativa en el pH de la extracción alcalina y el pH de la precipitación isoelectrica, por lo que sus medias son diferentes. La extracción alcalina maximiza la solubilidad y la exposición de grupos hidrofílicos, mientras que la precipitación isoelectrica recupera las proteínas en forma purificada. Sin embargo, la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado final depende críticamente del pH al que se re disuelva el producto (Pérez, Ulloa, Ulloa, Ramírez, et al., 2021).

En la tabla 33 se observa la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones del pH de la extracción alcalina y el tiempo de deshidratación (E A x T D) en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico.

**Tabla 33.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y el tiempo de deshidratación (E A x T D), en la CAA del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 8</b>	<b>12 horas</b>	3,615	4	0,0099	<b>A</b>
<b>pH 9</b>	<b>11 horas</b>	3,572	4	0,0099	<b>A B</b>
<b>pH 8</b>	<b>11 horas</b>	3,532	4	0,0099	<b>B</b>
<b>pH 9</b>	<b>12 horas</b>	3,357	4	0,0099	<b>C</b>

E A: pH extracción alcalina, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Los datos de la tabla 33, se observan tres rangos diferentes A, B y C, lo que nos indica que existe diferencia significativa en el pH de la extracción alcalina y el tiempo de deshidratación, cada una de estas tiene medias diferentes. La interacción entre el pH de extracción y el tiempo de deshidratación es clave para la funcionalidad del aislado. Un pH de extracción moderado parece proteger a las proteínas de la agregación irreversible durante el secado, manteniendo una alta capacidad de absorción de agua (CAA) incluso con tiempos de deshidratación prolongados. Por el contrario, un pH de extracción alto combinado con tiempo de secado largo resulta en la menor capacidad de absorción de agua (CAA), probablemente por desnaturalización y agregación excesivas (Salazar, 2024).

Mediante la tabla 34 se observa la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la precipitación isoelectrica y el tiempo de deshidratación en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico.

**Tabla 34.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (P I x T D), en la capacidad de absorción de agua (CAA) del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	3,727	4	0,0099	<b>A</b>
<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	3,592	4	0,0099	<b>B</b>
<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	3,512	4	0,0099	<b>C</b>
<b>pH 4</b>	<b>12 horas</b>	3,245	4	0,0099	<b>D</b>

**P I:** pH precipitación isoelectrica, **T D:** tiempo de deshidratación, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la tabla 34, se evidencian cuatro rangos diferentes A, B, C y D lo que nos da a entender que existe diferencia significativa entre las muestras, cada interacción con sus diferentes medias. El pH de precipitación isoelectrica y el tiempo de deshidratación es clave para la funcionalidad del aislado. Un pH de precipitación alejado del pH de precipitación isoelectrica (P I) parece proteger a las proteínas de la agregación irreversible durante el secado, manteniendo una alta capacidad de absorción de agua (CAA) incluso con tiempos de deshidratación prolongados. Por el contrario, un pH de precipitación cercano al pH de precipitación isoelectrica (P I) combinado con tiempo de secado largo resulta en la menor capacidad de absorción de agua (CAA), probablemente por una mayor agregación y menor exposición de grupos hidrofílicos (Pérez, et al., 2021)

En la tabla 35 se presenta las interacciones del pH de la extracción alcalina, pH de la precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T D), mediante una prueba de Tukey en la capacidad de absorción de agua del aislado proteico.

<b><u>E A</u></b>	<b><u>P I</u></b>		<b><u>n</u></b>	<b><u>E.E.</u></b>		
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	3,890	2	0,014	<b>A</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	3,730	2	0,014	<b>B</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	3,690	2	0,014	<b>B</b>

<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	3,565	2	0,014	<b>C</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	3,455	2	0,014	<b>D</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	<b>12horas</b>	3,340	2	0,014	<b>E</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	3,335	2	0,014	<b>E</b>
<b><u>pH 9</u></b>	<b><u>pH 4</u></b>	<b><u>12 horas</u></b>	<b><u>3,150</u></b>	<b><u>2</u></b>	<b><u>0,014</u></b>	<b><u>F</u></b>
<b>Media</b>						
<b><u>T D</u></b>						

**Tabla 35.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T D), en la (CAA) del aislado proteico.

**E A:** pH extracción alcalina, **P I:** pH precipitación isoeléctrica, **T D:** tiempo de deshidratación, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la tabla 35, al realizar la prueba de Tukey se muestra que el tratamiento T<sub>4</sub> es el mejor ya que tiene la media más alta de 3,89 en lo que es la capacidad de absorción de agua y está comprendido entre el pH de la extracción alcalina de 8, el pH de la precipitación isoeléctrica de 5 y el tiempo de deshidratación de 11 horas.

Para (García, 2022) un aislado con alto contenido de capacidad de absorción de agua (CAA) es beneficioso para reducir la pérdida de humedad en productos envasados y mantener la frescura. Este parámetro puede ser influido por el uso de reactivos como el NaCl ya que según (Páez, 2020), el uso de NaCl en el proceso de extracción de un aislado proteico influye positivamente en la capacidad de absorción de agua ya que favorece la capacidad de absorción de agua (CAA), la absorción de lípidos y la capacidad espumante. Además, los rangos de la capacidad de absorción de agua (CAA) están dentro de los datos establecidos por la investigación de caracterización física, química, y funcional de un aislado proteico de subproductos de la cerveza, ya que aquí se realiza el análisis con leguminosas como la soya, chicharos y habas con valores

de 3.03, 3.98 y 3.78 respectivamente lo que comprueba que los valores obtenidos son confiables (Alvarado & Macías, 2024).

#### 2.10.4 Análisis de varianza del índice de solubilidad en agua (ISA)

En la tabla 36 se muestra el análisis de varianza del índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico de harina de almorta (*Lathyrus sativus*).

**Tabla 36.** Análisis de varianza del índice de solubilidad en agua (ISA).

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>REPETICIONES</b>	1,56	1	1,56	1,1	0,329
<b>E A</b>	0,06	1	0,06	0,04	0,8398
<b>P I</b>	33,06	1	33,06	23,29	0,0019**
<b>T D</b>	45,56	1	45,56	32,09	0,0008**
<b>E A*P I</b>	18,06	1	18,06	12,72	0,0091**
<b>E A*T D</b>	39,06	1	39,06	27,52	0,0012**
<b>P I*T D</b>	76,56	1	76,56	53,93	0,0002**
<b>E A*P I*T D</b>	18,06	1	18,06	12,72	0,0091**
<b>Error</b>	9,94	7	1,42		
<b>Total</b>	241,94	15			
<b>CV</b>	<b>4,85</b>				

**E A:** pH de extracción alcalina del aislado proteico.

**P I:** pH de precipitación isoeléctrica del aislado proteico.

**T D:** tiempo de deshidratación del aislado proteico.

**E A\*P I\*T D:** interacción entre pH de extracción alcalina, pH de la precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación.

**C.V:** Coeficiente de Variación

**\*\*:** Altamente significativo

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Una buena solubilidad en agua de un aislado proteico indica su potencial para formación de geles, lo que destaca su capacidad emulsificante, es decir, su uso en la elaboración de otros productos alimentarios (Hinostroza, 2023).

Se muestra el análisis estadístico en el que el índice de solubilidad para el aislado proteico. Los resultados indican un p-valor 0,0019 para el pH de precipitación isoeléctrica, un p-valor de 0,8398 para el pH de extracción alcalina y un p-valor de 0,0091 para la interacción entre ambos factores. Esto demuestra que existe diferencia significativa para p-valor <0,05, lo que demuestra que estos factores si influyen en el aislado. En relación con el coeficiente de variación, el valor es de 4,85, lo que es un indicador confiable sobre los resultados en el índice de solubilidad en el agua.

Según la tabla 37 se observa el efecto del pH en la precipitación isoeléctrica (P I) mediante una prueba de Tukey en el índice de solubilidad en agua del aislado proteico.

**Tabla 37.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en la precipitación isoeléctrica (P I), en el índice de solubilidad en agua ISA del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 4</b>	26,0	8	0,42	<b>A</b>
<b>pH 5</b>	23,13	8	0,42	<b>B</b>

**P I:** pH precipitación isoeléctrica, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

*Nota.* Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la tabla se evidencia dos tipos de rango diferentes (A y B) que demuestran que no pertenecen al mismo grupo homogéneo por lo que existe una diferencia significativa en los pH de precipitación isoeléctrica, además se observa que la media mayor posee una media del 26,0 por lo cual se demuestra que el pH de 4 de la precipitación isoeléctrica va a influir significativamente en las propiedades funcionales del aislado proteico.

En el pH de la extracción alcalina, las proteínas adquieren carga negativa, lo que aumenta su solubilidad en agua y facilita su separación del resto de componentes de la harina. En quinua, la extracción se realiza a pH 10, 11 o 12, logrando una mayor recuperación de proteínas (Enríquez et al., 2023b)

**Tabla 38.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del tiempo de deshidratación (T D), en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico.

<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>11 horas</b>	26,25	8	0,42	<b>A</b>
<b>12 horas</b>	22,88	8	0,42	<b>B</b>

**T D:** tiempo de deshidratación, **n:** Tamaño de muestra, **EE:** Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Se evidencia dos tipos de rango diferentes (A y B) que demuestran que no pertenecen al mismo grupo por lo que existe una diferencia significativa en los pH de precipitación isoeléctrico, además se observa que la media mayor posee una media del 26,25 por lo cual se demuestra que el pH de 4 va a influir significativamente en las propiedades funcionales del aislado proteico. En harinas de leguminosas y concentrados proteicos, se ha observado que procesos térmicos reducen la solubilidad proteica, lo que se refleja en un índice de solubilidad en agua (ISA) más bajo, por lo que es necesario una deshidratación en rangos de 10-13 horas a bajas temperaturas (Falconí et al., 2019).

Mediante la Tabla 39 se observa la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico.

**Tabla 39.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica (E A x P I), en la ISA del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>P I</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	27,0	4	0,6	<b>A</b>	
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	25,0	4	0,6	<b>A</b>	
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	24,25	4	0,6	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	22,0	4	0,6		<b>B</b>

E A: pH extracción alcalina, P I: pH precipitación isoeléctrica, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En los datos obtenidos en la tabla 39, se evidencia dos tipos de rango diferentes (A y B) que se puede observar que no son homogéneos por lo que existe una diferencia significativa en el pH de la extracción alcalina y el pH de precipitación isoeléctrica, la media mayor con 27,0 es la que tiene pH de 9 y 4 lo que nos indica que estos factores si influyen en el aislado proteico. El índice de solubilidad en agua es mínimo en el pH de la precipitación isoeléctrica (P I) y aumenta al alejarse de este valor.

Por tanto, precipitar a pH cercano al de la precipitación isoeléctrica (P I) y luego disolver a pH ácido para medir el índice de solubilidad, debería favorecer una mayor solubilidad, siempre que la estructura proteica no haya sido dañada irreversiblemente durante el proceso. En la extracción alcalina el pH de rangos 8 a 10 ayuda a que la proteína sea más soluble, lo que favorece al ISA. Ambos procesos favorecen la desnaturalización y agregación irreversible, reduciendo la capacidad de las proteínas para re disolverse en medio ácido. (Tello, 2018).

La tabla 40 muestra la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico.

**Tabla 40.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina y tiempo de deshidratación (E A x T D), en la ISA del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	27,75	4	0,6	<b>A</b>	
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	24,75	4	0,6		<b>B</b>

<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	24,50	4	0,6	<b>B</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	21,25	4	0,6	<b>C</b>

E A: pH extracción alcalina, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la tabla 40, se evidencia tres tipos de rango diferentes (A, B y C), que al ser distintos da una diferencia significativa en el pH de la extracción alcalina y el tiempo de deshidratación, la media con el valor más alto es de 27,75 la cual tiene un pH de 9 y un tiempo de 11 horas de deshidratación lo que nos da a entender que estos factores si influyen en el aislado proteico. Cuando el pH de extracción alcalina es óptimo (8-10), pero no extremo, la proteína se extrae eficientemente y mantiene buena solubilidad si la deshidratación es rápida. Si el proceso de secado es lento o muy caliente, incluso los aislados obtenidos a pH alto pueden presentar fuerte pérdida de solubilidad (Villaroel et al., 2019).

En la tabla 41 se observa las interacciones del pH de precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (P I x T D) mediante la prueba de Tukey en el índice de solubilidad en agua del aislado proteico.

**Tabla 41.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la precipitación isoeléctrica y tiempo de deshidratación (P I x T D), en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico.

<b>P I</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	27,0	4	0,6	<b>A</b>
<b>pH 4</b>	<b>12 horas</b>	26,50	4	0,6	<b>A</b>
<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	25,50	4	0,6	<b>A</b>
<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	19,25	4	0,6	<b>B</b>

P I: pH precipitación isoeléctrica, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Según la tabla 41, se evidencia dos tipos de rango diferentes (A y B), que al ser distintos podemos decir que existe diferencia significativa en el pH de la precipitación isoeléctrico y el tiempo de deshidratación, 27,0 es la media más alta en el índice de solubilidad en agua es la cual tiene un pH de 9 y un tiempo de 11 horas de deshidratación lo que nos indica que estos factores si influyen en el aislado proteico. La solubilidad y funcionalidad de las proteínas de leguminosas son mínimas en el punto isoeléctrico (pH 4–5) y aumentan al alejarse de este valor, tanto a pH ácidos extremos como a pH alcalinos (Mayoral et al., 2020). Los tratamientos de deshidratación largos favorecen la agregación irreversible, reduciendo drásticamente la solubilidad de las proteínas en medios ácidos o alcalinos (Serpa et al., 2022).

La tabla 42 muestra la prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T D) en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico.

**Tabla 42.** Prueba de Tukey para determinar el efecto del pH en las interacciones de la extracción alcalina, precipitación isoelectrica y tiempo de deshidratación (E A x P I x T D), en el índice de solubilidad en agua (ISA) del aislado proteico.

<b>E A</b>	<b>P I</b>	<b>T D</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	28,5	2	0,84	<b>A</b>	
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	<b>12 horas</b>	27,0	2	0,84	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	27,0	2	0,84	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	<b>12 horas</b>	26,0	2	0,84	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	<b>11 horas</b>	25,5	2	0,84	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 4</b>	<b>11 horas</b>	24,0	2	0,84	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>pH 8</b>	<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	23,0	2	0,84		<b>B</b>
<b>pH 9</b>	<b>pH 5</b>	<b>12 horas</b>	15,5	2	0,84		<b>C</b>

E A: pH extracción alcalina, P I: pH precipitación isoelectrica, T D: tiempo de deshidratación, n: Tamaño de muestra, EE: Error experimental.

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

Los datos de la tabla 42, indica tres tipos de rango diferentes (A, B y C), que al cada uno de estos ser distintos podemos observar que existe diferencia significativa en los factores del pH de la extracción alcalina, pH de la precipitación isoelectrica y el tiempo de deshidratación, el mejor tratamiento según los datos es el T<sub>7</sub> con una media de 28,5, que tiene un pH de extracción alcalina de 9, pH de precipitación isoelectrica de 5 y un tiempo de deshidratación de 11 horas.

La solubilidad de las proteínas se ve influenciada por la composición iónica y el pH del entorno, además de verse afectada por la presencia de otros solventes. Asimismo, la temperatura del medio también puede alterar la solubilidad (Valerio, 2019). Esto también se debe a la alta concentración alcalina es decir a los pH de extracción, esto ayuda a aumenta la carga de la superficie de las moléculas llevando a un aumento de solubilidad en agua (Breña, 2018). Según los datos obtenidos del aislado proteico de almorta se puede observar que contiene un índice de solubilidad en agua muy bajo en comparación con otras leguminosas como la quinua que tiene del 30-50%, esto se debe a los procesos de extracción y a los pH usados en estos procesos (M. M. Rivera, 2016).

### **Selección del mejor tratamiento con relación al análisis proximal y propiedades funcionales.**

**Tabla 43.** Determinación del mejor tratamiento del aislado proteico de almorta.

Tratamientos	Rendimiento	Proteína	CAA	ISA
t1	30,55	91,34	3,733	24,0
t2	28,30	84,16	3,333	26,0
t3	28,80	87,54	3,335	24,5
t4	24,15	83,52	3,899	23,0
t5	25,60	87,0	3,455	27,0
t6	23,65	85,4	3,153	27,0
t7	26,55	87,21	3,693	28,5
t8	29,90	90,21	3,565	15,5

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En la tabla 43 se observa que el tratamiento t<sub>1</sub> que corresponde a los factores de pH de extracción alcalina de 8, pH de precipitación isoelectrónica de 4 y tiempo de deshidratación de 11 horas, es el seleccionado como el mejor tratamiento con referencia a el rendimiento, porcentaje de proteína y propiedades funcionales.

### 2.10.5 Análisis proximal del aislado proteico de harina de almorta.

En la tabla 44 se muestran los resultados de los análisis proximales del aislado proteico.

**Tabla 44.** Resultados de análisis proximal completo del aislado proteico.

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD
Humedad	8,48	%
Cenizas	3,46	%
Extracto etéreo (EE)	2,16	%
Proteína	92,7	%
Fibra	1,28	%
Elementos libres de nitrógeno E.L.N.	0,4	%

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

La humedad con un 8,48% es un valor alto y puede reducir la vida útil si no se controla adecuadamente, aunque en relación con la misma norma en la que se establece que la humedad de un aislado proteico no debe superar el 10%, se determina que este valor si está dentro de lo

establecido anteriormente. Como explica Boye et al., (2010) En un bajo contenido de humedad es deseable ya que disminuye el riesgo de deterioro microbiano y extiende la vida útil.

El contenido de ceniza es el residuo inorgánico que queda tras la incineración completa de la muestra. Está compuesto por minerales como calcio, fósforo, hierro, magnesio, potasio, sodio entre otros. En el caso de un aislado proteico, este contenido debe ser controlado y limitado, es así que el valor de 3,46% obtenido está dentro de un rango comparable como es el caso del aislado de alverja en donde tiene de 3 a 5%, algo superior a garbanzo (3%) y arroz (2%) pero inferior a la soja (6%) (Lombeida & Alava, 2020).

En lo que se refiere a el extracto etéreo el porcentaje de 2,16 está en un rango considerable ya que un bajo contenido de este generalmente menor a 3% es deseable para mantener una alta pureza del aislado, generalmente este resultado se compara con la mayoría de los aislados proteicos vegetales, esto es adecuado, ya que tanto los aislados proteicos como la almorta aportan proteína y fibra sin aportar lípidos esto sería un aspecto relevante en formulaciones reducidas en grasas (C. L. Simbaña, 2021).

Los resultados del análisis proximal en lo que se detalla que el aislado proteico de almorta tiene un contenido de proteína de 92,7% lo que según el Codex Alimentarius - Norma General para Productos de Proteína de Soja (CXS 175-1989), detalla que el contenido de proteína para ser considerado un aislado proteico, es de más del 90%, lo que sugiere que el porcentaje de los resultados obtenidos de proteína si están dentro de lo establecido por esta norma. Para que las proteínas puedan ser utilizadas por el organismo primero deben ser descompuestas por las enzimas digestivas del estómago e intestino delgado, que las transforman en aminoácidos individuales. Una vez que estos aminoácidos llegan al revestimiento intestinal, son transportados a través de esta barrera y pueden seguir dos rutas diferentes: incorporarse directamente al torrente sanguíneo o ser utilizadas por los propios tejidos intestinales. Independientemente de la ruta que sigan, las proteínas logran absorberse de manera efectiva en su totalidad. De acuerdo con datos del Consejo Europeo de Información Alimentaria, más del 90% de todas las proteínas que ingerimos son efectivamente absorbidas por nuestro organismo.

La fibra al tener un valor bajo de 1,28% indica que el proceso de extracción fue eficiente, contribuye a una mejor solubilidad en agua y mejora la textura para la elaboración de otros productos. Al procesar aislados, la fibra es eliminada casi en su totalidad para favorecer el incremento de proteína. El porcentaje de la proteína de almorta es relevante para la salud intestinal y prevención de enfermedades metabólicas (Boye et al., 2010)

Los elementos libres de nitrógeno ELN también tiene un porcentaje bajo con un 0,4% que, al haber pocos carbohidratos residuales, la porción de proteína aumenta, cumpliendo con los criterios de un asilado proteico. Además, el bajo contenido de ELN implica menor higroscopicidad, lo cual mejora la estabilidad del producto durante el almacenamiento (Tapia, 2020).

Según (Carreira, 2020), al aplicar la metodología de extracción alcalina y precipitación isoelectrica, el aminoácido excitotóxico no proteico  $\beta$ -N-oxalil-L- $\alpha,\beta$ -diaminopropiónico ( $\beta$ -ODAP) tiende a desaparecer en cierto porcentaje, por lo general con estos procesos se puede eliminar un 80 a 95%. Además, al incorporar este aislado proteico en otros productos también se reduce notablemente este neurotóxico.

### 2.10.6 Análisis de aminoácido del aislado proteico de harina de almorta

El análisis cuantitativo de aminoácidos presentes en el aislado proteico de almorta (*Lathyrus sativus*), expresados en peso %p/p sobre base seca se presenta en la tabla 44 en la que el total de aminoácidos es de 61,58%, entre los que se encuentran ciertos aminoácidos esenciales como lisina, metionina, valina, histidina, fenilalanina, isoleucina, leucina y treonina, lo que refleja una alta concentración proteica en forma de aminoácidos libres, estas características son típicas de productos altamente purificados como los son los aislados proteicos.

**Tabla 45.** Resultados de análisis de aminoácidos en el aislado proteico de harina de almorta.

PARÁMETRO	RESULTADO
<b>Valoración</b>	<b>% p/p</b>
L-histidina	1,49
L-lisina	5,5943
L-arginina	7,7537
L-serina	3,561
L-acido aspártico	6,8676
L-ácido glutámico	9,019
L-treonina	2,496
Glicina	2,5261
L-alanina	2,4054
L-tirosina	2,1841
L-prolina	2,6289
L-metionina	0,3639
L-valina	3,1771

L-fenilalanina	3,0714
L-isoleucina	2,9838
L-leucina	5,064
L-cisteína	0,3966
<b>Aminoácidos totales</b>	<b>61,5829</b>

Elaborado por (Aguilar & Astudillo 2025)

En el análisis se encuentra un alto contenido de ácido aspártico (6,8676%) y ácido glutámico (9,019%) estos dos aminoácidos no esenciales se encuentran entre los más abundantes en leguminosas como la almorta y la soja es por este motivo que el organismo humano puede sintetizarlo y es importante para funciones del metabolismo de aminoácidos y la síntesis proteica (Villalva, 2005). En la soja también es muy común encontrar ácido aspártico (8-10%) y ácido glutámico (12-15%) estas cantidades pueden variar dependiendo del procesamiento y el tipo de producto proteico de donde se quiera extraer, la soja al igual que la almorta son leguminosas que tienen un porcentaje alto de estos dos aminoácidos. (Oviedo, 2023)

Los aminoácidos esenciales son aquellos que el cuerpo no puede producirlos, es decir, son componentes cruciales para una dieta equilibrada (Napan, 2022). La lisina con 5,5953 y leucina con 5,064 tiene los datos más altos en lo que se refiere a aminoácidos esenciales, que según la investigación de (Tirado, 2022), estos valores se encuentran dentro del rango analizado de 5 a 8 %, así como la proteína de soja además el contenido de estos, son esenciales para el ser humano ya que ayudan a la absorción de calcio, formación de colágeno en cartílagos y tejidos conectivos, así como también facilitan la cicatrización del tejido muscular y la piel, tiene la propiedad de reducir el azúcar en la sangre y llega a aumentar la producción de las hormonas de crecimiento (Ccala & Ramírez, 2020a).

Por otro lado en lo que se refiere a valina y fenilalanina, los valores obtenidos de 3,1771 y 3,014 están dentro del rango (3 a 4) evaluado por (Ruíz, 2020a). Así como también, en el caso de la treonina 2,496 e isoleucina 2,9838 que contienen valores que concuerdan dentro de los rangos de 2 a 5 establecidos por el análisis de (Ruíz, 2020b), el contenido de estos aminoácidos tiene grandes repercusiones en el organismo ya que uno de estos actúa en la formación de la hemoglobina, formando una parte importante de nuestro código genético, también regulan las cantidades adecuadas de proteínas en el cuerpo (Ccala & Ramírez, 2020b). Los aminoácidos esenciales con menos porcentaje son la histidina 1,49 y la metionina 0,3639 que también se establecen dentro del rango (0,2 a 3) descrito por (Lujan et al., 2020).

Este aislado contiene cierto porcentaje de metionina y cisteína, que contribuye a la neutralización de cierto porcentaje del neurotóxico ODAP, lo que es un aspecto positivo y de gran aporte para el consumo de este aislado proteico (Ruiz et al., 2018).

### **3. IMPACTO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Impacto social**

El desarrollo y obtención de un aislado proteico de Almorta, puede dar como resultado varios beneficios sociales, sobre todo en el aspecto nutricional y alimentario. Este aislado puede ser usado para producir alimentos que contengan más nutrientes, lo que contribuiría a las zonas con altas tasas de desnutrición, también puede ser usado en suplementos alimenticios con bajos costos de producción y así a la vez contribuir a la economía de varios sectores. Cabe recalcar que el conocimiento de las propiedades beneficiosos de la almorta puede generar un aumento en la agricultura sostenible, ya que esta leguminosa es resistente y adaptable a diferentes condiciones de cultivo, haciendo que la sociedad agricultora diversifique sus recursos y mejore la seguridad alimentaria en general.

#### **3.2 Impacto tecnológico**

La obtención de este aislado proteico representa un avance significativo en el aprovechamiento de leguminosas con un alto valor proteico. Esta investigación contribuye al desarrollo de procesos de extracción como la precipitación isoelectrica y extracción alcalina, permitiendo mejorar el rendimiento y la calidad de las proteínas, mediante la optimización de parámetros como el pH y la temperatura. Además, sienta las bases para la industrialización a pequeña y mediana escala, ofreciendo una alternativa técnica viable para el desarrollo de ingredientes funcionales y proteínas vegetales sostenibles.

#### **3.3 Impacto ambiental**

El cultivo de almorta es conocido por su resistencia a condiciones precarias de suelo y también por su bajo requerimiento de agua, lo que es favorable al ambiente, ya que su producción es más sostenible en comparación con otros cultivos que por lo general requieren de más fertilizantes y agua. Esto es positivo para reducir el impacto ambiental en cultivos usados para la producción de proteína. También el uso de esta clase de proteínas vegetales como el de almorta, puede reducir la presión sobre los recursos naturales relacionados con la producción de proteínas animales,

como el uso de tierras agrícolas y la emisión de gases de efecto invernadero asociados a la ganadería.

### 3.4 Impacto económico

La producción de este aislado ofrece una alternativa económicamente viable para la elaboración de ingredientes con un alto valor agregado a partir de esta leguminosa poco utilizada y de bajo costo, al usar esta la almorta que también tiene un menor valor que otras fuentes de proteína se reduce el costo de insumos en una formulación de productos alimenticios, lo cual da como resultado el tener precios más accesibles y considerados competitivos para el mercado.

## 4 RECURSOS Y PRESUPUESTO

*Tabla 46 Recursos y presupuestos*

<b>MATERIA PRIMA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Almorta	15	Lb	1,2	18
<b>SUBTOTAL 1</b>				<b>18</b>
<b>18 REACTIVOS PARA LA OBTENCIÓN DEL AISLADO PROTEICO</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
HCl	1	L	28,75	28,75
NaOH	1	L	18,88	18,88
Agua destilada	10	L	1,7	17
<b>SUBTOTAL 2</b>				<b>64,63</b>
<b>MATERIALES BIBLIOGRÁFICOS Y COPIAS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Copias e impresiones	600	U	0,05	30
Anillados	8	U	4,5	36
<b>SUBTOTAL 3</b>				<b>66</b>
<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Cucharas	4	U	0,5	2

Cuaderno	2	U	3,5	7
Lápiz	2	U	0,75	1,5
Esferos	4	U	0,4	1,6
Carpeta	2	U	1,2	2,4
Recipientes de plástico	4	U	1,25	5
Vasos de precipitación	2	1000ml	12	24
Tubos de ensayo	50	10 ml	0,17	8,5
Vasos de precipitación	2	500 ml	5.50	11
Espátulas	2	U	2,5	5
Vasos desechables	1	Paquete	0,6	0,6
Etiquetas adhesivas	1	Paquete	1,5	1,5
Fundas herméticas	1	Paquete	3,5	3,5
<b>SUBTOTAL 4</b>				<b>73,6</b>

---

**TÉCNICOS**


---

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total (\$)</b>
			<b>(\$)</b>	
PH metro MILWAYKEE PH600/ 0,0-14,0	1	U	45	45
Deshidratador: Deshydrator	1	U	122,87	122,87
Centrifuga: ROTOFIX 32A 28 tubos/ velocidad máxima 4000RPM	1	U	1,937,50	1937,5
Agitador magnético: TERMO	1	U	82,5	82,5
CIENTIFIC CIMAREC SP131325Q 60/1200RPM				
Balanza: precisa XB 320/Capacidad 110 g y resolución 0,01mg	1	U	37,2	37,2
<b>SUBTOTAL 5</b>				<b>2225,07</b>

---

**TECNOLÓGICOS**


---

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total (\$)</b>
Internet	2	U	25	50

Laptop	2	U	500	75
<b>SUBTOTAL 5</b>				<b>1000</b>
<b>GASTOS ADICIONALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor total (\$)</b>
			<b>(\$)</b>	
Transporte	130	Días	5	650
Alimentación	120	Almuerzos	2,5	300
<b>SUBTOTAL 6</b>				<b>950</b>
<b>ANÁLISIS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor total (\$)</b>
			<b>(\$)</b>	
Análisis Proximal Completo	17	U	45	765
Análisis funcionales	16	U	23,5	376
Análisis % de proteína	16	U	15	240
Aminoácidos	1	U	230	230
<b>SUBTOTAL 7</b>				<b>1611</b>
<b>TOTAL</b>				<b>4533,23</b>

Elaborado por (Aguilar & Astudillo)

## 5 CONCLUSIONES

- El análisis proximal de la harina de almorta (*Lathyrus sativus*) evidencia que esta posee un perfil nutricional equilibrado, que destaca por su contenido de proteína de 25,43%, lo que resalta su potencial como fuente alternativa de proteína vegetal. Además, su contenido de fibra 14,19 y carbohidratos totales de 47,02% indica que puede ser un ingrediente funcional con capacidad para mejorar el aporte energético y dietético en productos alimenticios. El bajo contenido de extracto etéreo 1,48% y el contenido moderado de cenizas de 3,38% sugieren que se trata de un alimento naturalmente bajo en lípidos y con una presencia aceptable de minerales. Así como también el nivel de humedad 8,05% se encuentra en un rango recomendado para productos secos lo que favorece la estabilidad y su vida útil. En conjunto, estos resultados permiten concluir que la harina de almorta es un ingrediente de alto valor nutricional, con un alto potencial de aplicación en el desarrollo de productos alimenticios saludables.

- Se determinó los factores óptimos para la extracción del aislado proteico de almorta en el que se obtuvo que, el pH óptimo de extracción alcalina es de 8, el pH de precipitación isoelectrica es de 4 y el tiempo de deshidratación es de 11 horas. Es así, que se puede afirmar que los métodos de extracción aplicados resultaron efectivos para aislar la fracción proteica de la harina de almorta. Estos parámetros optimizados contribuyen significativamente a mejorar el rendimiento del proceso y la calidad del aislado, representando una alternativa viable para el aprovechamiento de esta leguminosa subutilizada en el desarrollo de nuevos productos.
- El análisis proximal del aislado proteico demuestra que el proceso de extracción fue altamente eficiente, logrando un contenido proteico de 92,7%, lo cual cumple ampliamente con los criterios establecidos para un aislado proteico. Además, los niveles de fibra 1,28%, elementos libres de nitrógeno 0,4%, y extracto etéreo 2,16% son bajos, lo que indica una alta pureza del producto final y una adecuada eliminación de componentes no proteicos durante el proceso. El contenido de cenizas 3,46% sugiere la presencia controlada de minerales, sin comprometer la calidad del aislado, y el contenido de humedad 8,48% se encuentra dentro de los rangos óptimos para asegurar la estabilidad y conservación del producto. En conjunto estos resultados confirman que los parámetros de extracción usados permitieron obtener un aislado proteico de alta calidad, con excelente valor nutricional y propiedades adecuadas.
- El perfil de aminoácidos revela una alta concentración de aminoácidos totales de 61,58%, lo cual confirma su valor nutricional como fuente proteica vegetal de calidad, se destaca una elevada presencia de aminoácidos esenciales como lisina 5,59%, leucina 5,06, valina 3,18% isoleucina 2,98% y fenilalanina 3,07%, que son fundamentales para el crecimiento y mantenimiento del organismo humano. El perfil demuestra que el aislado posee un equilibrio adecuado de aminoácidos esenciales y no esenciales, cumpliendo con criterios de calidad nutricional.

## **6 RECOMENDACIONES**

- Investigar la posibilidad de escalar el proceso de extracción de las proteínas de almorta para aplicaciones industriales
- Realizar un análisis de costos para determinar la viabilidad económica de la producción de aislado proteico de almorta.
- Apoyar la agricultura sostenible y la producción de almorta en la región.

- Utilizar equipos en buen estado y en una infraestructura en donde se permita trabajar sin inconvenientes.
- Realizar ajustes de Ph adecuados al momento de las fases de extracción alcalina y precipitación isoelectrica.
- Supervisar las temperaturas planteadas por diferentes autores para conseguir un buen resultado en los diferentes análisis.

## 7 BIBLIOGRAFÍAS

- Agencia Sinc. (2009). *Hallan en un alimento de posguerra, la almorta, una importante fuente de antioxidantes.* <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Hallan-en-un-alimento-de-posguerra-la-almorta-una-importante-fuente-de-antioxidantes>
- Agencia SINC. (2010). *Obtienen aislados proteicos a partir de dos leguminosas andaluzas.* Agencia SINC. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Obtienen-aislados-proteicos-a-partir-de-dos-leguminosas-andaluzas>
- Aguilar, V. M. (2020). *ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE OBTENCIÓN DE ACEITES Y MATERIAL PARTICULADO PARA USO COSMÉTICO A PARTIR DE RESIDUOS COMO SEMILLAS, GENERADAS EN LA AGROINDUSTRIA CORDOBESA.*
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), Article 3. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Aliaga, G. D. P. (2019). *Optimización del proceso y caracterización físico química de aislado proteico de frijol de palo (Cajanus cajan l.).*
- Alvarado, A. A., & Macías, R. A. (2024). *Caracterización física, química, y funcional de un aislado proteico de subproductos de la cerveza.* <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/6921>
- Alvarado, A., & Macías, A. (2024). *CARACTERIZACIÓN FISICA, QUIMICA, Y FUNCIONAL DE UN AISLADO PROTEICO DE SUBPRODUCTOS DE LA CERVEZA.*
- Araneda, M. (2024). *LEGUMBRES. COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES.* EDUALIMENTARIA. <https://www.edualimentaria.com/legumbres-composicion-y-propiedades>

- Arango Bedoya, O., Bolaños Patiño, V., Ricaurte García, D., Caicedo, M., & Guerrero, Y. (2012). Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Universidad y Salud*, 14(2), 161-167.
- Arias, J. L. M. (2021). *Extracción y caracterización de proteína foliar de hoja de chaya (Cnidoscolus aconitifolius)*. [Thesis, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/273>
- Arnarson, A. (2019). *Wheat 101: Nutrition Facts and Health Effects*. Healthline. <https://www.healthline.com/nutrition/foods/wheat>
- Astiz, V., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2022). Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(2), Article 2. <https://doi.org/10.24215/16699513e113>
- Barrial, A. I. (2014). Influencia del ph en la extracción de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) de las variedades blanca junin y rosada junin. *Universidad Nacional José María Arguedas*. <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/207>
- Bonino, J. (2016). *Caracterización fisicoquímica de aislados de proteínas vegetales*. 14.
- Bonino, J. (2019). *Caracterización fisicoquímica de aislados de proteínas vegetales*. 14.
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Breña, D. A. (2018). *Obtención de un aislado proteico de torta de Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3802>
- Buitrón, F. (2021). *Evaluación de vida útil del pan elaborado con harina de trigo (Triticum aestivum) y papa nativa (Solanum tuberosum) envasado en bolsas de polietileno y papel kraft*. <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/644>
- Calero, J. A., & Pacheco, J. D. (2024). “*Caracterización física, química y capacidad antioxidante del aceite de almorta (Lathyrus sativus)*”. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11728>
- Calero Tigmasa, J. A., & Pacheco Espinoza, J. D. (2024). “*Caracterización física, química y capacidad antioxidante del aceite de almorta (Lathyrus sativus)*”. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11728>

- Carita, T. (2012). *UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA*.
- Carreira, I. (2020). » *Ya podemos consumir almortas!!!* <https://cooperativasimbiosis.com/ya-podemos-consumir-almortas/>
- Ccala, J., & Ramirez, S. (2020). “*Identificación y cuantificación de aminoácidos esenciales en Cicer arietinum L. «garbanzo» y Phaseolus lunatus L.«pallar» por Cromatografía Líquida de Alta Performance (HPLC)*”.
- Clínica Universidad de Navarra. (2025). *Aminoácido: Qué es y definición médica | Diccionario CUN*. <https://www.cun.es>. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/aminoacido>
- Contardo, I., & Klener, F. (2021, octubre 20). *Efecto de la temperatura de extracción alcalina sobre las propiedades fisicoquímicas y estructura secundaria en las proteínas de quínoa.: XXIII Congreso Chileno de Ciencia y Tecnología de Alimentos SOCHITAL 2021*. <https://sochital2021.cl/web/eposters/>
- Cordoba, E. G., Rojas, R., & Montesinos, E. F. (2021). *Análisis químico proximal de granos y harina de Pajuro (Erythrina edulis) para elaborar bebidas proteicas*. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-09022021000200297&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-09022021000200297&script=sci_arttext)
- Cori, M. E., Rivas, N., Dorta, B., Pacheco de Delahaye, E., & Bertsch, A. (2020). Obtención y Caracterización de dos Concentrados Proteicos a partir de Biomasa de *Kluyveromyces marxianus* var. *Marxianus* cultivada en suero lácteo Desproteinizado. *Revista Científica*, 16(3), 315-324. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0798-22592006000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0798-22592006000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Cuñaña, P., & Martín, C. (2018). *Obtención y caracterización de un aislado proteico a partir de la torta desengrasada de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.)* [Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/ea09a004-1da7-4c10-8894-e8e5af76b0f5>
- De La Cruz, R. R., & Rojas, G. R. (2020). *Calidad sensorial, composición nutricional y calidad proteica de galletas enriquecidas con hierro y proteína aislada de soya*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7133>
- Díaz, D. A. B. (2018). *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS*.
- Duque, Dávila, Vidal, Velázquez, Sánchez, & Calderón. (2008). *Propiedades funcionales de aislado proteico obtenido por micelización de semillas de cacahuate (arachis hypogaea, L) variedad amayuca*. [https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA\\_XIII/CXIII-](https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_XIII/CXIII-)

22.pdf

- Enriquez, M., Villarroel, K., Nunez, C., Villafuerte, F., & Bonifaz, L. (2023a). Technologies for the production of protein isolates from legumes. *Centrosur*, 1(18), 4-4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9155599>
- Enriquez, M., Villarroel, K., Nunez, C., Villafuerte, F., & Bonifaz, L. (2023b). Technologies for the production of protein isolates from legumes. *Centrosur*, 1(18), 4-4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9155599>
- Espinoza, E. E. (2023). La enseñanza de las ciencias sociales mediante el método deductivo. *Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.62697/rmiie.v2i2.50>
- Falconí, P. R. P., Núñez, T. M. Z., Ricaurte, A. E. F., & Toscano, C. A. Z. (2019). Efecto de la temperatura de deshidratación en la calidad nutricional de las harinas de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Soya (*Glycine max*) y Chocho (*Lupinus mutabilis*). *La Ciencia al Servicio de la Salud y la Nutrición*, 10(Ed. Esp.), Article Ed. Esp. <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/262>
- Fonseca, D. (2023). *Análisis proximal, microbiológico y digestibilidad gastrointestinal de la torta de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis) generada como residuo en la microempresa Sacha Inchi Génesis*. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/f1a68fc3-a511-45c2-94d0-34eea8a2394e>
- García, D. A. (2022). “*Caracterización fisicoquímica y estudio de las propiedades estructurales y tecnofuncionales del aislado proteico del subproducto de la extracción de aceite de semillas de calabaza (Cucurbita argyrosperma Huber)*”. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3502>
- García, L. Á., López, F. L., Moreno, G., & Ortigosa, C. (2018). El método experimental profesional en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 328-345. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2224-54212018000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212018000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)
- Giavedoni, J. (2022). El neoliberalismo y la producción de subjetividades frenéticas. Una aproximación arqueológica a partir del análisis de documentos. *Astrolabio*, 29, Article 29. <https://doi.org/10.55441/1668.7515.n29.30993>

- Giménez, S., Palmer, V. S., & Spencer, P. S. (2022). *Gracias a la almorta: Una representación de latirismo en Madrid por el pintor Francisco de Goya.*
- González, J. L. A. (2020). *TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.*
- Gualotuña & Quindil. (2024). *Obtención de un aislado proteico de la harina de dos variedades de haba (Vicia Faba): Haba sultana y haba peruana mediante las fases de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica.* <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6327>
- Hernández, C. R. (2020, julio). *Purificación de la proteína de semilla de Huauzontle (chenopodium berlandieri subsp. Nuttalliae) empleando membranas de ultrafiltración y su caracterización* [Tesis de Maestría]. Universidad Tecnológica de la Mixteca. <https://www.your-domain.com/your-page.html>
- Hinostroza, A. E. M. (2023). *Determinación de las propiedades funcionales y fisicoquímicas de aislado proteico liofilizado extraído por solubilización y precipitación isoeléctrica a partir de bazo de vacuno.* <https://dspace.unitru.edu.pe/items/2210c72b-356a-4900-b1e2-669da2f2248d>
- Huamani-H, A. L., Ponce-Ramírez, J. C., Málaga-Juárez, J., Huamani-H, A. L., Ponce-Ramírez, J. C., & Málaga-Juárez, J. (2020). Optimización del proceso de cocción de quinua utilizando el diseño 3k y la función de deseabilidad: Grado de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y desprendimiento de cotiledones. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 381-390. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10>
- Hurtado, M. C., Moreno, M. P. C., Daschner, Á., Riba, R. E., Giner, R. M., Fandos, M. E. G., Arnau, S. G., Gallego, Á. J., Vinuesa, J. M., Martín, O., Caballero, M. A. M., Alfredo, J., Hernández, M., Gómez, A. P., Rodríguez, D., Berruezo, G. R., Armendáriz, C. R., Leal, M. J. R., Oliag, P. T., ... Pascual, V. C. (2018). *Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) sobre la seguridad del consumo de harina de almortas.*
- Infoalimentos. (2018, septiembre 3). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.* [Argentina.gob.ar. https://www.argentina.gob.ar/inta](https://www.argentina.gob.ar/inta)
- Instituto Europeo de química, física y biología. (2023, agosto 5). *¿Cuáles Son las Proteínas de Origen Vegetal? | Instituto Química. Instituto Europeo de Química, Física y Biología.* <https://ieqfb.com/proteinas-origen-vegetal/>

- Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad agrícola* (with Tardío, J., Pardo de Santayana, M., Morales Valverde, R., Molina, M., & Aceituno Mata, L.). (2018). Gobierno de España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Kapiszka, mgr inż A. (2025, abril 3). ¿Qué son los aislados de proteínas y por qué son cada vez más populares? *Foodcom S.A.* <https://foodcom.pl/es/que-son-los-aislados-de-proteinas-y-por-que-son-cada-vez-mas-populares/>
- Ledesma, P. A. M. (2019a). *ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN POLVO PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE UNA MEZCLA DE HIDROLIZADO DE SOYA Y ALMIDÓN DE MAÍZ.*
- Ledesma, P. A. M. (2019b). *ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN POLVO PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE UNA MEZCLA DE HIDROLIZADO DE SOYA Y ALMIDÓN DE MAÍZ.*
- Llanes, A. J. (2018). *Determinación del rendimiento de la obtención de concentrados proteicos a partir de garbanzo (cicer arietinum) de segunda calidad, utilizando enzimas comerciales.* <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/3386>
- Lombeida, J. I., & Alava, D. J. (2020). *Determinación de las características sensoriales y físico – químicas de la Salchicha Tipo Viena con Adición de concentrado proteico de garbanzo (Cicer arietinum).* [bachelorThesis, Universidad Estatal Amazónica]. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/889>
- Lujan, A. I. B., Pardo, F. T., Carrión, M. L. H., Cabezas, Y. R., Paucar, G. N. R., & Quispe, D. C. (2020). *Flour Amino Acids and Protein Isolate of Quinoa (Chenopodium Quinoa) of the White and Pink Variety of Junín.*
- Madridiario. (2024). *¿Qué es la harina de almortas y para qué sirve?* Madridiario. <https://www.madridiario.es/que-es-harina-almortas-para-que-sirve>
- Maldonado, A. (2022). *COMPORTAMIENTO FITOTÉCNICO Y ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE GRANO DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CHÍCHARO (Lathyrus sativus L.) EN CONDICIONES DE LA E.E.A. EL MANTARO* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8461/T010\\_70302164\\_T\\_removed.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8461/T010_70302164_T_removed.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mallor, C. (2023). *La almorta (Lathyrus sativus L.): Una legumbre con historia.* <https://asesoresaragon.org/download-doc/468104>

- Manzanilla-Valdez, M. L., Boesch, C., Martínez-Villaluenga, C., Montaña, S., & Hernández-Álvarez, A. J. (2024). Mejora de la extracción de proteínas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): Efectos de la solubilización alcalina y la precipitación isoelectrica sobre la estructura, la digestibilidad y los antinutrientes. *Food Hydrocolloids for Health*, 6, 100191. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2024.100191>
- Mayoral, A. L., Barron, L. J. R., & Lobato, L. M. (2020). *Optimización del proceso de obtención de extractos proteicos en subproductos de leguminosas*.
- Maza, N. N. (2020). *Extracción y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de carbohidratos tipo almidón de cinco variedades de Quinoa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4465>
- Montes, L. F. F., & Méndez, A. S. (2023). Calidad nutricional y evaluación biológica de la harina de arveja chata (*Lathyrus sativus* L.) cocida en ratas. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 43(1), Article 1. <https://doi.org/10.12873/431fernandezmon>
- Morandini, P. (2010). Inactivation of allergens and toxins. *New Biotechnology*, 27(5), 482-493. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2010.06.011>
- Napan, J. C. O. (2022). *COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS EN EL MÚSCULO*".
- Navarro, A., Cacho, J., & Ortega, T. (2009). *Revista del comité científico n° 11*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/evaluacion\\_riesgos/informes\\_comite/ALMORTAS\\_CONSUMO.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/ALMORTAS_CONSUMO.pdf)
- Nazate, F. K., Cuarán, M. J., & Agroindustrial, I. (2016). *Obtención de proteína hidrolizada de quinua chenopodium quinoa willd a partir de un aislado proteico*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124703/records/6705145fb1dfe472e14576e7>
- Neira, A. (2021). *Análisis bromatológico de la harina de soya* [Universidad Técnica de Machala]. [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16978/1/E-12172\\_NEIRA%20QUEZADA%20ANGIE%20MISHEL.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16978/1/E-12172_NEIRA%20QUEZADA%20ANGIE%20MISHEL.pdf)
- Norambuena, A. J. (2023). *Caracterización fisicoquímica de galletas fortificadas con harina de grillo para combatir a la problemática de desnutrición infantil*. <https://dspace.esoch.edu.ec/items/104460d1-4749-44b8-abd5-91ebf735b0b8>
- Núñez, E. A. (2024). *Identificación de proteínas en concentrados de las semillas de sambo (Cucurbita ficifolia B.)*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40728>
- Ondarse, D. (2024). Solubilidad—Qué es, factores y ejemplos cotidianos. <https://concepto.de/>. <https://concepto.de/solubilidad/>

- Ordoñez, L. (2020). *Caracterización fisicoquímica y estudio de las propiedades funcionales de aislado proteico de semillas de leucaena leucocephala* [Universidad Autónoma de Querétaro]. <https://ri-ng.uaq.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2343/RI005404.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (2021). *Beneficios nutricionales de las Legumbres*.
- Ortega, C. (2019, septiembre 7). Anova: Qué es y cómo hacer un análisis de la varianza. *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/anova/>
- Ortega, M. (2019). *CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS*.
- Ortiz, R. M. (2022). *Características Fisicoquímicas y Sensorial de Galleta Integral con Harina de Trigo (Triticum Aestivum L.) y Okara de Soya (Glycine Max)*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8233>
- Oviedo, E. (2023). *Valor nutricional de la soja en alimentación avícola*. <https://avinews.com/download/0823-LPN-Memoria-Workshop-Gerentes-Nutricion-Oviedo-v02.pdf>
- Páez, A. R. R. (2020). *EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE GUANÁBANA (Annona muricata): ANÁLISIS PROXIMAL Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS AISLADOS PROTEICOS*.
- Pérez, M. del R., Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramíre, J. C., Silva, Y., Ulloa Rangel, B. E., Pérez Saucedo, M. del R., Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramírez Ramírez, J. C., Silva-Carrillo, Y., & Ulloa Rangel, B. E. (2021). Caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico obtenido de la semilla de mango (Mangifera indica L.). *Biotecnia*, 23(1), 120-126. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1306>
- Pérez, M. del R., Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramírez, J. C., Silva, Y., Ulloa Rangel, B. E., Pérez Saucedo, M. del R., Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramírez Ramírez, J. C., Silva-Carrillo, Y., & Ulloa Rangel, B. E. (2021). Caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico obtenido de la semilla de mango (Mangifera indica L.). *Biotecnia*, 23(1), 120-126. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1306>
- Pezo, C. (2015). *Obtención y caracterización de un aislado proteico a partir de la torta desengrasada de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.)*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN.
- Prieto, R., & Lamas, D. (2021). Comparación de parámetros proximales entre aislados comerciales y

*Arthrospira platensis* Gomont, especie cultivada en condiciones controladas en Paraguay. *Steviana*, 13(2), 28-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8955463>

Puruncajas, Y. (2017). *Método de secado en frío (liofilización) y secado en calor (spray dryer) para la obtención de concentrados proteicos de haba (Vicia faba)*. [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e895fd83-90a5-404f-bb11-09e7017fd640/content>

Quispe, K. (2019). Estimación de la incertidumbre en la determinación de humedad, ceniza, grasa y proteína en mezcla de harinas (alimento de reconstitución instantánea). *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4571>

Renata, A. M. (2020). *EEffeccttoo ddeell ttrraattaammiiieennttoo ttéerrmmiiccoo ssoobbrree llaa ssoolluubbiilliiddaadd yy ssoorrcciióónn ddee aagguuaa eenn pprrooteeíinnaass ddee oorriiggeenn vveeggettaall*.

Reyes, L., & Carmona, F. A. (2020). *La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio*. <https://hdl.handle.net/20.500.12442/6630>

Rivera, J., Olarte, S., & Rivera, N. (2021). La malnutrición infantil en Cotopaxi y sus determinantes. *Revista UTCiencia: i-ISSN: 1390-6909. e-ISSN: 2602-8263*, 8(1), Article 1.

Rivera, M. M. (2016). *Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica (Chenopodium quinoa)*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105605>

Ruíz, F. de J. (2020a). *Hidrolizado de proteínas de chícharo (Pisum sativum) y arroz (Oryza sativa) y su efecto antiadipogénico in silico* [Masters, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/20202/>

Ruíz, F. de J. (2020b). *Hidrolizado de proteínas de chícharo (Pisum sativum) y arroz (Oryza sativa) y su efecto antiadipogénico in silico* [Masters, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/20202/>

Ruiz, M. J., Cámara, M. M., Giner, R. M., Jos, Á. M., Talens, P., Cámara Hurtado, M. M., Conchello Moreno, P., Daschner, Á., Estruch Riba, R., Calderón Pascual, V., Universidad de Sevilla. Departamento de Nutrición y Bromatología, T. y M. L., & Toxicología, U. de S. C. (2018). *Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) sobre la seguridad del consumo de harina de almortas*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125077/records/6765398a50e69ae8183895c7>

- Salazar, B. (2024). *Evaluación de los residuos de café para obtención de harina*.  
<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/4206>
- Sangronis, E., Machado, C., & Cava, R. (2004). Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (Phaseolus vulgaris Y Cajan cajan) germinadas. *Interciencia*, 29(2), 80-85.
- Saperas, M., Díez, M., Martín, H., Rivera, A., Abadías, M., & Aguiló, I. (2021). *Las legumbres como ingrediente potencial para el sector agroalimentario*.
- Seguí, L. (2012). *Centrifugación a escala de laboratorio*. Universidad Politécnica de Valencia.  
<https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/4ad1ce39-d1f0-46f6-b30e-60363ad016c6/content>
- Serp, A. M., Hincapié, G., & Álvarez, C. (2019). Determinación del punto isoeléctrico de las proteínas presentes en cuatro fuentes foliares: Yuca (Manihot esculenta Crank) variedades verónica y tai, jatropha (Jatropha curcas L.) y gmelina (Gmelina arborea). *Prospectiva*, 12(1), 30-39.  
<https://doi.org/10.15665/rp.v12i1.148>
- Serpa, A. M., Hincapié, G., & Álvarez, C. (2019). Determinación del punto isoeléctrico de las proteínas presentes en cuatro fuentes foliares: Yuca (Manihot esculenta Crank) variedades verónica y tai, jatropha (Jatropha curcas L.) y gmelina (Gmelina arborea). *Prospectiva*, 12(1), 30-39.  
<https://doi.org/10.15665/rp.v12i1.148>
- Serpa, A. M., Hincapié, G., & Álvarez, C. (2022). Determinación del punto isoeléctrico de las proteínas presentes en cuatro fuentes foliares: Yuca (Manihot esculenta Crank) variedades verónica y tai, jatropha (Jatropha curcas L.) y gmelina (Gmelina arborea). *Prospectiva*, 12(1), 30-39.  
<https://doi.org/10.15665/rp.v12i1.148>
- Serpa Guerra, A. M., Hincapié Llano, G., & Álvarez López, C. (2014). Determinación del punto isoeléctrico de las proteínas presentes en cuatro fuentes foliares: Yuca (Manihot esculenta Crank) variedades verónica y tai, jatropha (Jatropha curcas L.) y gmelina (Gmelina arborea). *Prospectiva*, 12(1), 30-39. <https://doi.org/10.15665/rp.v12i1.148>
- Serrano, A. E. S. (2024). *Obtención de harina de semillas de jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam) para potencializar las características organolépticas del chocolate*.  
<https://dspace.esoch.edu.ec/items/313032a3-b4ba-4c72-9350-1157d449d815>
- Simbaña, C. L. (2021). *Estudio de las propiedades físicas y funcionales de un hidrolizado enzimático de proteína de chocho a escala piloto y su aplicación como fertilizante* [bachelorThesis, QUITO/EPN/2011]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3762>

- Simbaña, E. (2022). *Leguminosas: Evaluación de sus compuestos nutricionales y bioactivos*.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e123ffc0-e418-4bea-b82b-3499b78976c0/content>
- Sotelo, A., Valenzuela, R., Césare, M. F., Alegría, C., Norabuena, E., Gonzáles H, T., Paitan A, E., Valderrama R, M. T., Echevarría R, M., Sotelo M, A., Valenzuela R, R., Césare C, M. F., Alegría A, C., Norabuena M, E., Gonzáles H, T., Paitan A, E., Valderrama R, M. T., & Echevarría R, M. (2020). Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Mucuna pruriens*) en cuyes. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(1). <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17537>
- Taimal, M. G. (2022). *Revisión sistemática de métodos analíticos sobre extracción de proteína vegetal* [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo].  
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8653>
- Tapia, E. V. (s. f.). *Caracterización físico, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja (*Pisum sativum*)*.
- Tello, A. G. (2018). *Estudio de la actividad antioxidante de aislados proteicos de harina de haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) y su digestibilidad gástrica y duodenal (in vitro)*.  
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28380>
- Thopsom, V. E. (2024). *Evaluación de las condiciones de extracción de la proteína de semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*), su composición química y sus características funcionales tecnológicas para su valorización*.
- Tirado, A. L. A. (2022). “*Propiedades de gelificación de una mezcla de aislados proteicos vegetales con contenido de aminoácidos para cubrir los requerimientos de adultos mayores*”. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3600>
- Vaca, K. A. (2024). *Determinación de las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y reológicas de la harina de lenteja de agua (*Lemna minor* L.) como base para futuras aplicaciones en la industria panadera y pastelera*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42492>
- Valerio, K. M. (2019). *Efecto de la temperatura y el PH en la solubilidad del aislado proteico de arveja (*Pisum sativum*) comercial*. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/8c6e1364-4265442a-86ae-4b32e62c9f47>

- Villalva, E. (2005). *Transformación y mejora del valor nutritivo de la harina de guisante mediante la adición de enzima fitasa*. Editorial de la Universidad de Granada.
- Villaroel, M., Zapata, C., Pino, L., & Rubilar, M. (2019). *Establecimiento de condiciones óptimas para obtener un aislado proteico de avellana chilena (Gevuina avellana, Mol)*. <http://www.alanrevista.org/ediciones/2012/1/art-12/>
- Zorita, M. (2018, junio 12). El latirismo, el veneno del hambre. *Miguel Zorita*. <https://miguelzorita.com/latirismo-veneno-hambre/>