



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA
HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)”**

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

Autoras:

Párraga Macías Shirley Elizabeth
Tenelema Bastidas Jennifer Abigail

Tutor:

Romero Corral Renato Agustín

LATACUNGA – ECUADOR Julio 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Párraga Macías Shirley Elizabeth, con cédula de ciudadanía No. 1313987362 y Tenelema Bastidas Jennifer Abigail, con cédula de ciudadanía No. 1850433135, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: “**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)**”, siendo el Ingeniero Mg. Renato Agustín Romero Corral, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 21 de Julio del 2025

Párraga Macías Shirley Elizabeth
C.C: 1313987362
ESTUDIANTE

Tenelema Bastidas Jennifer Abigail
C.C: 1850433135
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PÁRRAGA MACÍAS SHIRLEY ELIZABETH**, identificada con cédula de ciudadanía **1313987362** 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 **“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)”**, 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: Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.

Tema: **“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)”**

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de julio del 2025.



Párraga Macías Shirley Elizabeth
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **TENELEMA BASTIDAS JENNIFER ABIGAIL**, identificada con cédula de ciudadanía **1850433135** 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 **“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)”**, 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: Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.

Tema: **“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)”**

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:

- f) 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.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) 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.

Jennifer Tenelema

Tenelema Bastidas Jennifer Abigail
LA CEDENTE

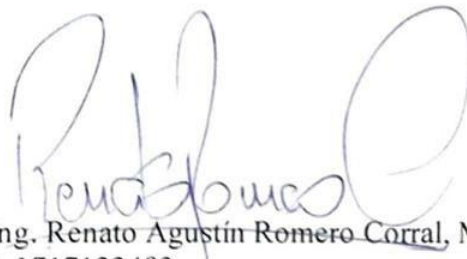
Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)**”, de Párraga Macías Shirley Elizabeth y Tenelema Bastidas Jennifer Abigail, 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



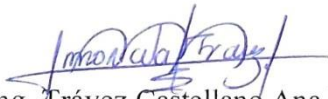
Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.
C.C: 1717122483
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: de Párraga Macías Shirley Elizabeth y Tenelema Bastidas Jennifer Abigail, con el título del Proyecto de Investigación: “**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)**”, 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.

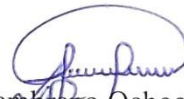
Latacunga, 21 de julio del 2025



Ing. Trávez Castellano Ana Maricela, Mg.

C.C: 0502270937

LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Zambrano Ochoa Zoila Eliana, Mg.

C.C: 0501773931

LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Morcans Tetán Nancy Fabiola, Mg.

C.C: 0503352122

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradeciendo primeramente a Dios por darme la dicha y oportunidad de haber culminado esta meta y gran proyecto con éxitos.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y todos los docentes que compartieron sus conocimientos instruyéndome a lo largo de mi carrera y que gracias a todos estos conocimientos formaron la persona que soy ahora.

Agradezco a mi tutor el Ing. Renato Romero quien a pesar de su duro labor de docente estuvo compartiendo su conocimiento y apoyo guiándonos de una mejor manera para culminar este proyecto.

Agradeciendo profundamente a mis queridas lectoras, las ingenieras Maricela Trávez, Eliana Zambrano y Nancy Moreano por su tiempo y dedicación, sus críticas constructivas y retroalimentación han sido esenciales para mejorar la claridad y calidad de esta tesis.

A todas las personas que estuvieron presentes dentro de todo este proceso, amigos, compañeros de clase y en especial a mi compañera de tesis Abby, gracias a todos por ser ese apoyo necesario y haber hecho de todo este tiempo la mejor experiencia, se han ganado un lugar especial en mi corazón y los recordaré toda una vida.

Shirley Elizabeth Párraga Macías

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios y a la virgen de Agua Santa por darme la fortaleza, sabiduría, perseverancia para culminar esta primera etapa de mi vida.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme el espacio, recursos y el personal docente calificado por brindarme conocimientos, alcanzar un peldaño más en mi vida profesional.

A mis amistades y mi compañera de tesis Shirly, por ser parte de esta maravillosa etapa, agradecerles por los buenos y malos momentos compartidos juntos, experiencias, aventuras compartidas durante estos años.

Este trabajo no habría sido posible sin la colaboración y respaldo de mi tutor Ing. Renato Romero por su apoyo, guía y conocimientos. Aquellos que de una manera u otra colaboran a que este proyecto sea una realidad, con sus críticas constructivas y apoyo moro son invaluable.

Jennifer Abigail Tenelema Bastidas

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación, primeramente, a Dios por haberme dado la sabiduría y fortaleza para alcanzar este logro.

A mis queridos padres Antonia Macias y Néxar Parraga, a mi hermanito menor Jordy y a mi querido hermano Dixón que, aunque ya no esté conmigo su recuerdo y amor siguen vivos en mi corazón, su gran amor, apoyo incondicional y el forjarme como mejor persona, ha sido mi pilar fundamental para continuar con este gran proyecto, son mi mayor orgullo y un ejemplo por seguir.

Dedico este logro también a mi enamorado Samuel por su paciencia y comprensión durante los momentos difíciles, su apoyo y motivación constante hicieron que este trabajo sea aún mas especial. Esta tesis es un logro compartido y estoy muy agradecida por tenerte a mi lado. A las personas que fueron parte de mi vida universitaria y confiaron en mí, me apoyaron y dieron ánimos en momentos difíciles cuando lo creía ya todo perdido, pero gracias a sus palabras continué hasta el fin. Este proyecto es, parte, fruto de su apoyo. Por y para ustedes.

Shirley Elizabeth Párraga Macías

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi señora de Agua Santa, por brindarme sus bendiciones, ser mi guía en todo este proceso. A mis padres Mariana Bastidas y Francisco Tenelema, con esfuerzo, sabiduría, enseñanzas fueron mi pilar de fortaleza y perseverancia. Este primer triunfo es suyo como mío, sin su apoyo este triunfo no sería posible.

Deseo expresar mi sincero reconocimiento a mi hermano Christian Tenelema, por sus consejos, disciplina y ser un ejemplo de superación para perseguir nuestros sueños con sacrificio y esfuerzo.

A mis amigos quienes han sido testigos del sacrificio, esfuerzo y dedicación que lleva esta etapa universitaria.

A Joel y Marcelo, por confiar siempre en mí, apoyarme, aconsejarme y creer en mí cuando ni yo lo hacía, gracias por sus palabras de aliento y compartir conmigo cada pequeño momento hacia este logro.

Jennifer Abigail Tenelema Bastidas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE ALMORTA (*Lathyrus sativus L.*)”

Autoras:

Párraga Macías Shirley Elizabeth
Tenelema Bastidas Jennifer Abigail

RESUMEN

La almorta (*Lathyrus sativus L.*) es una leguminosa cultivada en la zona centro Andino del Ecuador, es conocida por su contenido nutricional, capacidad de resistencia a temporadas de sequía y adaptación a suelos con bajos nutrientes. La presente investigación tuvo como finalidad la caracterización nutricional y funcional de la harina precocida de almorta. Se realizó la caracterización proximal del grano en estado seco evaluando su composición fisicoquímica, posteriormente se determinó el optimizado de los parámetros para la precocción del grano en autoclave (tiempo y temperatura de precocción) aplicando diferentes combinaciones de tiempos (10, 20 y 30 min) y temperaturas (110 °C, 120°C y 130°C) Las variables respuesta a evaluar fueron la solubilidad y contenido proteico de la harina precocida, para el tratamiento estadístico se empleó el software Desig Expert Trial, utilizando un diseño experimental de superficie respuesta IV óptimo. A la corrida experimental optimizada se le evaluó las propiedades nutricionales, microbiológicas y funcionales. En cuanto al análisis proximal del grano se obtuvo valores de 13,19% de humedad, proteína 22,80%, ceniza 2.91%, grasa 1.17%, fibra 8.57% y carbohidratos 51.36%. La corrida experimental optimizada se logró a 110 °C durante 30 minutos, obteniendo 26.04% de valor proteico, 29.69 % en solubilidad y una deseabilidad de 0.98. Las propiedades funcionales de la corrida experimental optimizada mostraron que la harina precocida de almorta presenta una baja absorción de agua, una masa sin elasticidad dado que no presenta gluten, viscosidad baja de 70 mL de sólidos sedimentados, amilasa relativamente baja, y con presencia de almidón resiste, lo que resulta en condiciones no idóneas para procesos de panificación. Los análisis microbiológicos evaluados presentaron bajos niveles de coliformes 2.3 UFC/g, ausencia de *Salmonella* y mohos. Debido a su alto contenido nutricional, esta harina es una alternativa en el desarrollo de productos innovadores, puede emplearse como ingredientes en alimentos fortificados y bebidas funcionales, surgiendo como una sustitución a los productos convencionales.

Palabras clave: Almorta, harina precocida, propiedades funcionales, proteína, solubilidad, autoclave, análisis microbiológico.

TECHICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF PRECOOKED VEGETABLE FLOUR (*Lathyrus sativus L.*)”

Authors:

Párraga Macías Shirley Elizabeth
Tenelema Bastidas Jennifer Abigail

ABSTRACT

The vetch (*Lathyrus sativus L.*) is a legume cultivated in the central Andean zone of Ecuador, it is known for its nutritional content, capacity to resist drought seasons and adaptation to soils with low nutrients. The present investigation had the objective of the nutritional and functional characterization of precooked almond flour. The proximal characterization of the grain in its dry state was carried out, evaluating its physicochemical composition, subsequently the optimized parameters for the precooking of the grain in an autoclave were determined (precooking time and temperature) applying different combinations of times (10, 20 and 30 min) and temperatures (110 °C, 120 °C and 130 °C). The response variables to be evaluated were the solubility and protein content of the precooked flour, for the statistical treatment, the Desig Expert Trial software was used, using an optimal IV response surface experimental design. The nutritional, microbiological and functional properties of the optimized experimental run were evaluated. Regarding the proximate analysis of the grain, values of 13.19% moisture, 22.80% protein, 2.91% ash, 1.17% fat, 8.57% fiber and 51.36% carbohydrates were obtained. The optimized experimental run was achieved at 110 °C for 30 minutes, obtaining 26.04% protein value, 29.69% solubility and a desirability of 0.98. The functional properties of the optimized experimental run showed that precooked vetch flour has low water absorption, an inelastic dough since it does not contain gluten, low viscosity of 70 mL of settled solids, relatively low amylase, and the presence of resistant starch, resulting in conditions not ideal for baking processes. The microbiological analyses evaluated showed low levels of coliforms 2.3 CFU/g, and absence of *Salmonella* and molds. Due to its high nutritional content, this flour is an alternative for developing innovative products. It can be used as an ingredient in fortified foods and functional beverages, emerging as a substitute for conventional products.

Keywords: Baby pea, precooked flour, functional properties, protein, solubility, autoclave, microbiological analysis.

ÍNDICE

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
<i>AGRADECIMIENTO</i>	ix
<i>AGRADECIMIENTO</i>	x
<i>DEDICATORIA</i>	xi
<i>DEDICATORIA</i>	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1 INFORMACIÓN GENERAL	3 2
DISEÑO DEL PROYECTO	4
2.1 Descripción del problema	4
2.2 Marco contextual	5
2.3 Formulación del problema	5
2.4 OBJETIVOS	6
2.4.1 Objetivo General	6
2.4.2 Objetivo Especifico	6
2.5 ACTIVIDADES	1
.....	7
2.6 Fundamentación Teórico.....	3
2.6.1 Antecedentes	3
2.6.2 Marco Teórico.....	5
2.6.3 Marco conceptual.....	16
2.7 Metodología del Proyecto de Investigación.....	18
2.7.1 Tipos de investigación.....	18
2.7.2 Métodos de investigación.....	19

2.7.3 Técnica de investigación	20
2.7.4 Instrumentos de investigación.....	20
2.7.5 Materiales, equipos y reactivos	21
2.7.6 Metodología para la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del grano de almorta	22
almorta	22
2.7.7 Carbohidratos	25
2.7.8 Metodología de obtención de la harina precocida de almorta.....	25
2.7.9 Diagrama de flujo de la obtención de la harina precocida de almorta	30
2.7.10 Metodología para determinar los análisis físicos de la harina precocida de almorta.....	30
2.7.11 Densidad compactada.....	32
2.7.12 Determinación de análisis nutricionales de la harina precocida de almorta de la corrida experimental optimizada	34
2.7.13 Determinación de las propiedades funcionales de la mejor corrida experimental optimizada	38
de harina precocida de almorta	38
2.7.14 Determinación de los análisis microbiológicos de la harina precocida de almorta de la corrida experimental optimizada.....	40
2.8 Validación de las preguntas científicas o hipótesis	42
2.8.1 Hipótesis nula.....	42
2.8.2 Hipótesis alternativa.....	42
2.8.3 Validación de la hipótesis	42
2.9 Diseño Experimental	42
2.9.1 Cuadro de variables.....	43
2.9.2 Factores de estudio para los parámetros y análisis de la mejor corrida experimental optimizada.....	44
2.9.3 Cuadro de combinación para las corridas experimentales de diseño experimental de la harina precocida de almorta.....	44
2.10 Análisis y discusión de resultados.....	46

2.10.1 Características del grano seco de Almorta en función a parámetros fisicoquímicos	46
2.10.2 Características físicas de las harinas precocidas de almorta de las distintas corridas	47
2.10.3 Optimización de proteína y solubilidad de la harina precocida de almorta	49
2.10.4 Parámetros del modelo codificado para solubilidad variedad almorta	51
2.10.5 Modelo tridimensional de solubilidad.....	52
2.10.6 Parámetros del modelo codificado de proteína para la variedad de almorta.....	53
2.10.7 Modelo tridimensional de proteína	54
2.10.8 Optimización de la temperatura y tiempo de precocción en función de los índices de	55
solubilidad y al contenido de proteína	55
2.10.9 Características nutricionales de la harina precocida de almorta	57
2.10.10 Parámetros funcionales de la harina precocida de almorta	59
2.10.11 Características microbiológicas de la harina precocida de almorta	61
3 IMPACTO TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL O ECONÓMICOS	61
3.1 Impacto social	61
3.2 Impacto técnico	62
3.3 Impacto económico	62
3.4 Impacto ambiental	62
4 RECURSOS Y PRESUPUESTOS.....	62
5 CONCLUSIONES	66
6 RECOMENDACIONES	66
7 BIBLIOGRAFÍA.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades tareas en relación con los objetivos planteados	1
Tabla 2. Características de la Almorta	6
Tabla 3. Composición de la semilla de almorta	7
Tabla 4. Requisitos fisicoquímicos de la harina precocida	10
Tabla 5. Requisitos microbiológicos de la harina precocida	10
Tabla 6. Interpretación de los valores del índice de Hausner	33

Tabla 7. Propiedades del flujo y grados del ángulo de reposo	33
Tabla 8. Interpretación de resultados.....	39
Tabla 9. Valores proximales del volumen de sedimentos	39
Tabla 10. Descripción del diseño experimental	43
Tabla 11. Cuadro de variables de estudio del diseño experimental	43
Tabla 12. Análisis nutricional de la mejor corrida experimental	43
Tabla 13. Cuadro de parámetros funcionales a la mejor corrida experimental óptima	44
Tabla 14. Análisis microbiológica de mejor corrida experimental	44
Tabla 15. Descripción de las combinaciones experimentales de la harina precocida de almorta.	44
Tabla 16. Resultados fisicoquímicos de grano de almorta	45
Tabla 17. Comparación de análisis proximales del grano de almorta con otros estudios	45
Tabla 18. Análisis físicos de la harina precocida de almorta	46
Tabla 19. Valores de solubilidad y proteína de las corridas experimentales de la harina precocida de almorta.	48
Tabla 20. Modelo codificado de solubilidad de la almorta	50
Tabla 21. Modelo codificado de proteína	52
Tabla 22. Modelo predictivo para la optimización de condiciones de temperatura y tiempo de precocción de la harina	54
Tabla 23. Estudio comparativo de resultados de solubilidad y proteína en distintas harinas crudas, harinas precocidas y harinas por proceso de tostado	55
Tabla 24. Optimización de la harina precocida de almorta	56
Tabla 25. Evaluación comparativa con otras harinas precocidas	57
Tabla 26. Resultados de los parámetros funcionales de la harina óptima de almorta	58
Tabla 27. Resultados microbiológicos de la harina precocida de almorta	59
Tabla 28. Tabla de presupuesto del proyecto de investigación	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Almorta	5
Figura 2. Características de la almorta	6
Figura 3. Cultivo de almorta	7
Figura 4. Almorta (Fabaceae).....	8
Figura 5. Grano de almorta precocido	8
Figura 6. Autoclave Hirayama HA series	12
Figura 7. Remojo del grano de almorta	26

Figura 8. Selección y limpieza del grano	26
Figura 9. Pesado de la materia relación 1:1	27
Figura 10. Frascos con la muestras en autoclave	27
Figura 11. Enfriamiento y deshidratado del grano preconocido	28
Figura 12. Molienda del grano precocido	28
Figura 13. Tamizado de la harina	29
Figura 14. Pesado y sellado de la harina	29
Figura 15. Flujo grama del proceso de obtención de la harina precocida de almorta	30
Figura 16. Parámetros del modelo tridimensional de solubilidad de la almorta	51
Figura 17. Parámetros del modelo tridimensional de proteína de la almorta	53

INTRODUCCIÓN

La almorta (*Lathyrus sativus L.*), conocida comúnmente como habilla, habichuela, chícharo, guisante o muela, es una leguminosa originaria del continente europeo que con el pasar del tiempo se ha extendido por diversas regiones del mundo Yan et al., (2006). Esta especie perteneciente a la familia Fabáceas, representa un cultivo de gran aceptabilidad, capaz de desarrollarse en suelos marginales y resistir tanto altas como bajas temperaturas. Según la investigación de Navarro et al., (2009), esta leguminosa se distingue por su elevado contenido proteico, alcanzado entre 27% y 32% en base seca, lo que la diferencia de otras leguminosas. Sin embargo, estudios como el de Castro et al., (2023) han reportado que la almorta contiene Beta-ODAP, un compuesto que puede provocar latirismo. No obstante, los avances científicos y tecnológicos actuales han permitido desarrollar variedades con menor contenido de esta neurotoxina. Chamorro & Ladio (2020) confirman que cuando los granos se someten a tratamiento térmico, se reduce significativamente su toxicidad mientras mejora su perfil nutricional.

Actualmente el sector alimentario se ha orientado hacia la elaboración de productos que combinen un aporte nutricional completo con facilidad y rapidez de preparación para satisfacer las demandas del consumidor. En este contexto, las harinas precocidas representan una solución ideal, ofreciendo mejor digestibilidad, mayor vida útil, agilizando el proceso de precocción en diversas preparaciones como coladas, sopas, papillas, repostería (Núñez, 2021).

El objetivo de elaborar una harina precocida de almorta es una gran estrategia para aportarle a esta leguminosa un valor agregado, cumpliendo con que esta sea segura para el consumo humano y optimizando sus perfiles nutricionales y funcionales, llegando a ser un producto que gracias a su contenido proteico puede ayudar a mitigar la desnutrición infantil que se ha documentado en el Ecuador.

Para desarrollar esta investigación se realizaron análisis fisicoquímicos tanto al grano de almorta como de la harina precocida, evaluando el contenido de humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra y carbohidratos. Estos análisis permitieron determinar cómo las variables independientes (temperatura y tiempo de precocción) impactan sobre el perfil nutricional y funcional en la harina. Para la determinación de las condiciones óptimas de procesamiento, se realizaron análisis de contenido de proteína y solubilidad, incorporando posteriormente estos valores al programa Desing Expert en conjunto con los factores utilizados durante la precocción. La harina presentó mejor contenido de proteína y un índice de solubilidad adecuado

fue considerado de mayor calidad, confirmando así los parámetros de temperatura y tiempos de precocción empleados fueron los apropiados.

El trabajo de investigación realizado contribuirá a futuras investigaciones promoviendo al cultivo y la utilización de la almorta para elaboración de diversos productos que aprovechen su perfil nutricional. El potencial de esta leguminosa llegando incluso a ser un alimento muy consumido que disminuya la ola de desnutrición presente tanto a nivel mundial como local.

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto: “Caracterización nutricional y funcional de la harina precocida de almorta (*Lathyrus sativus L.*)”

Fecha de inicio: octubre del 2024

Fecha de finalización: agosto 2025 **Lugar de ejecución Barrio:** Salache

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: Carrera

de Agroindustria

Equipo de Trabajo:

Tutor de titulación

Ing. Renato Agustín Romero Corral Mg.

Investigadores

Investigador 1: Párraga Macías Shirley Elizabeth

Investigador 2: Tenelema Bastidas Jennifer Abigail

Línea de investigación

Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgo y seguridad laboral

Sub línea de investigación

Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales

2 DISEÑO DEL PROYECTO

2.1 Descripción del problema

La Desnutrición Crónica Infantil (DCI) constituye uno de los desafíos más apremiantes en la población pediátrica ecuatoriana. El 15 de julio de 2022, el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) implementó la primera Encuesta Especializada sobre la Desnutrición Crónica Infantil (ENDI), cuyos resultados revelaron que la región rural de la sierra presenta el mayor índice de DCI con un 27,7% (INEC, 2023). Esta problemática se intensifica en ciertas localidades de la provincia de Cotopaxi, donde según (Taco, 2024), las parroquias de Poaló, Toacaso y Belisario Quevedo registran prevalencias alarmantes del 68%, 67% respectivamente.

Ecuador posee una extraordinaria diversidad en la producción agrícola, atribuida a sus variadas características edafoclimáticas y su privilegiada ubicación geográfica, siendo las regiones costa y sierra las de mayor productividad. La agricultura nacional requiere la implementación de técnicas especializadas para el manejo sostenible de tierra, agua e insumos, garantizando cosechas óptimas sin comprometer la integridad ambiental (Basantes, 2015).

No obstante, a pesar de esta riqueza agrícola, existe una significativa subutilización de los recursos disponibles para beneficio de la población ecuatoriana. Esta paradoja resulta especialmente preocupante considerando los elevados índices de desnutrición que enfrenta el país, lo cual evidencia la urgente necesidad de desarrollar alimentos funcionales que contribuyan a mejorar estas condiciones nutricionales (Zamora et al., 2020). La diversificación de productos funcionales emerge como una estrategia viable para satisfacer las demandas del consumidor, enfocándose en necesidades específicas relacionadas con la elaboración de productos alimenticios, bebidas, textiles y otros sectores industriales (Rodríguez & Angulo, 2018).

La investigación desarrollada por Betancourt (2017), incluyó actividades de reintroducción de la especie *Lathyrus sativus L.* en el barrio La Banda de la ciudad de Loja, con el objetivo de evaluar el rendimiento productivo, bajo las condiciones edafoclimáticas locales. Los resultados obtenidos demostraron una producción de 2840 kg/ha, comparable con los rendimientos reportados en otros países productores. Sin embargo, se ejecutó un censo correspondiente a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), elaborado por (INEC, 2020), donde se recopiló información sobre la superficie sembrada de producción (cultivos transitorios, cultivo permanente) y el uso de las semillas certificadas (arroz, maíz, papa, frejol, trigo, chocho, quinoa, amaranto y cebada) en cultivos agrícolas del país, desde este año no se ha registrado una

actualización de semillas, cosechas y plantas en el sector agrícola, por lo tanto, no existen registros oficiales del cultivo de almorta en la provincia de Cotopaxi. El desaprovechamiento de esta semilla es alarmante, debido a que es un grano rico en altas calidades de nutrientes para el organismo en cantidades moderadas, una de las formas de aprovechamiento es la obtención de la harina precocida en base a este semilla de almorta.

2.2 Marco contextual

La almorta es una leguminosa resistente a cambios climáticos, su adaptabilidad permite su cultivación en diversos tipos de suelo. El grano de almorta es utilizado para el consumo humano y animal. A pesar de su alto contenido proteico y fibra, el aprovechamiento es limitado, esta situación refleja en la ausencia de registros oficiales de su siembra en la provincia de Cotopaxi, evidenciando el desaprovechamiento de este recurso autóctono con alto valor nutricional (Aguayo, 2021). La disminución de producción de almorta puede resultar en pérdidas significativas para los pocos productores dedicados a su cultivo, además este descenso se atribuye al constante cambio e innovación frente a otros granos con mayor demanda (Betancourt, 2017).

La desnutrición crónica infantil representa un grave riesgo en la región, alcanzando algunas parroquias de Cotopaxi, con predominación superiores del 60%, situación que contribuye en la búsqueda de alternativas alimentarias funcionales y sustentables que contribuyan a mejorar la seguridad nutricional de población (Taco, 2024). Por ende, las poblaciones vulnerables y el poco aprovechamiento de la almorta se sitúan en la región sierra, específicamente en las zonas rurales de Cotopaxi, las condiciones agroecológicas, climáticas, son óptimas para su cultivo, sin embargo, la falta de promoción, valorización económica del cultivo (INEC, 2023).. Por ello, la explotación de la almorta se vincula su contenido nutricional, adaptabilidad. Al obtener la harina precocida de almorta compone una opción viable para el desarrollo de alimentos fortificados por su contenido nutricional, y puede ser incorporada en la elaboración de productos funcionales (Mallor, 2023).

2.3 Formulación del problema

¿Cuál es la caracterización nutricional y funcional de la harina precocida de almorta (*Lathyrus sativus L.*) mediante las características físico químicos del producto final?

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo General

Caracterizar las propiedades nutricionales y funcionales de la harina precocida de almorta (*Lathyrus sativus L.*).

2.4.2 Objetivo Especifico

- Caracterizar el grano de almorta en función a los parámetros fisicoquímicos.
- Optimizar el proceso de precocción sobre las propiedades físicas de la harina precocida de almorta.
- Analizar la harina precocida de la mejor corrida experimental obtenida del proceso de precocción en función a propiedades nutricionales, funcionales y microbiológicas.

2.5 ACTIVIDADES

Tabla 1. *Actividades tareas en relación con los objetivos planteados*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Caracterizar el grano de almorta en función a los parámetros fisicoquímicos.	Analizar las características fisicoquímicas: <ul style="list-style-type: none"> - Humedad - Proteína - Grasa - Fibra - Ceniza - Carbohidratos 	Humedad (AOAC/Gravimétrico/AOAC 925.10) Proteína (AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11) Fibra (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15) Grasa (AOAC/Goldfish/AOAC 920.39) Ceniza (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03) Carbohidratos Diferencia de porcentajes/ (Alvarez & Rodríguez, 2023)	-Caracterización del grano seco de almorta se encuentra en la tabla 16.
Optimizar el proceso de precocción sobre las propiedades físicas de la harina precocida de almorta	Determinación de los factores de estudio: <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de precocción - Tiempo de precocción Determinar las corridas experimentales Acondicionamiento del grano Obtención de las harinas precocidas	Acondicionamiento del grano (Salinas et al., 2023) - Metodología de obtención de la harina (Núñez, 2021) Metodología de medición de las características físicas de la harina: Densidad aparente (Ramos, 2016) Densidad compactada (L. Gremasqui et al., 2021) Índice de Hausner (Bernal, 2023) Ángulo de reposo (Polanco, 2017) Índice de solubilidad (Anderson, 1982) Proteína (AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11)	Características físicas de la harina precocida de almorta, descritas en la tabla 17. - Valores óptimos de temperatura y tiempo de precocción en función al contenido de proteína e índice de solubilidad, mencionados en la tabla 18. - Contenido de proteína y solubilidad, registrado en la tabla 21.
	Medición de las características físicas: <ul style="list-style-type: none"> - Densidad aparente - Densidad compactada - Índice de Hausner - Ángulo de reposo - Índice de solubilidad - Contenido de proteína 		

<p>Analizar la harina precocida de la mejor corrida experimental obtenida del proceso de precocción en función a propiedades nutricionales, funcionales y microbiológicas</p>	<p>Metodología de los parámetros funcionales de la harina:</p>	<p>Proteína (AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11) Fibra (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15) Grasa (AOAC/Goldfish/AOAC 920.39) Ceniza (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03) Carbohidratos Diferencia de porcentajes/ (Alvarez & Rodríguez, 2023)</p>	<p>Salmonella (M. Moreno, 2020b)</p>
<p>Análisis nutricionales: - Humedad total - Proteína - Fibra Grasa - Ceniza - Carbohidratos - Materia seca - Materia orgánica - ELN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Índice de absorción de agua - Índice de amasado - Índice de amilasa - Índice de gluten - Índice de viscosidad - Índice de retrogradación <p>Análisis microbiológico: - REP mohos - Coliformes, NMP - Salmonella</p>	<p>Metodología de los parámetros funcionales de la harina: - Índice de absorción de agua (Alemán & Moreno, 2004) Índice de amasado (Vega, 2009) Índice de amilasa (Vega, 2009) Índice de gluten (Guil, 2015a) Índice de viscosidad (Alemán & Moreno, 2004) Índice de retrogradación (T. P. Carichas et al., 2012)</p> <p>Análisis microbiológico: REP mohos (Muñoz & Orellana, 2014) Coliformes, NMP (NTE INEN 1529-5:2006)</p>	<p>Características nutricionales de la corrida óptima, evidenciadas en la tabla 23. Parámetros funcionales de la corrida óptima de la harina precocida de almorta, descritos en la tabla 24. Análisis microbiológicos de la corrida óptima, se revelan en la tabla 25.</p>

2.6 Fundamentación Teórico

2.6.1 Antecedentes

En revisiones bibliográficas se examinaron diversos métodos sobre elaboración de las harinas precocidas aplicando varios tipos de metodologías. En estos estudios evaluaron las propiedades fisicoquímicas, funcionales y microbiológicas bajo diferentes condiciones de tiempo y temperatura durante el proceso de precocción para determinar el contenido proteico.

En la investigación de Salinas et al (2023) se realizaron pruebas sobre eliminar o reducir el contenido de β -ODAP en almortas mediante tratamientos de alta presión hidrostática (HHP) donde observaron que mediante el tratamiento HHP remojado con una presión de 600MPa, durante un tiempo de remojo de 9 horas y 15 minutos de pasteurización se obtuvo una mayor reducción de β -ODAP en las semillas de almorta. Tomando en cuenta que el tratamiento de HHP ayudó a eliminar el β -ODAP se puede efectuar una elaboración de harina precocida de almorta dado que se ha reportado que esta leguminosa es reconocida por su alto contenido de proteínas vegetales y puede contribuir a la seguridad alimentaria.

En la investigación de Amanta & Chicaiza (2024) “Evaluación de las propiedades funcionales y nutricionales de harinas precocidas de dos variables de quinua (*chenopodium quinua*) INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia”, se realizaron análisis bromatológicos en las semillas de quinua de ambas variedades, obteniendo contenidos proteicos destacados: 15,84% para la variedad Tunkahuan y 17,83% para la variedad Excelencia. El análisis estadístico de la precocción de los granos de quinua se llevó a cabo utilizando el software Design Expert con un diseño experimental de superficie de respuesta IV óptimo. Los factores experimentales fueron el tiempo (10, 20 y 30 minutos) y la temperatura (110, 115 y 120°C), mientras que las variables respuesta evaluadas fueron la solubilidad de la harina precocida y el contenido proteico del grano precocido.

Las condiciones óptimas del proceso se establecieron a 110°C durante 30 minutos. Para la variedad Tunkahuan se obtuvo 9% de solubilidad en la harina precocida y 11% de proteína en el grano precocido, con una deseabilidad de 0,666. Los análisis nutricionales de la harina precocida evidenciaron un alto contenido proteico con un valor de 21,08%. Para la variedad Excelencia se registró 9% de solubilidad y 13% de contenido proteico con una deseabilidad de 0,748. La harina precocida alcanzó 21,59% de contenido proteico, demostrando que la variedad Excelencia presenta un mejor perfil proteico en comparación con la variedad Tunkahuan.

Según la investigación de Tipantuña (2024) titulado “Caracterización nutricional y funcional de harina precocida de amaranto (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*) donde se evaluó la composición química proximal del grano de amaranto, obteniendo los siguientes resultados: carbohidratos 58,61%, proteínas 17,70%, humedad 12,05%, grasa 6,92%, fibra 1,97% y cenizas 2,75%. La precocción del grano se realizó mediante calor húmedo, empleando como factores experimentales la temperatura (110, 115 y 120°C) y el tiempo (10, 20 y 30 minutos). Se evaluaron como variables respuesta la solubilidad de la harina y el contenido proteico del grano precocido.

El análisis estadístico de la precocción se llevó a cabo utilizando el software Design Expert con un diseño experimental de superficie de respuesta IV óptimo. La combinación óptima se obtuvo a 115°C durante 25 minutos, registrándose una solubilidad de la harina de 6,91% y un contenido proteico de 13,38%. Los análisis nutricionales de la harina obtenida bajo las condiciones óptimas reportaron: carbohidratos 63,93%, proteínas 18,03%, humedad 2,72%, grasa 7,14%, fibra 2,11% y cenizas 3,23%. Los siguientes análisis de propiedades físicas mostraron los valores: higroscopicidad 1,365%, densidad aparente 0,492 g/ml, densidad compactada 0,972 g/ml, ángulo de reposo 13,96° e índice de Hausner 1,365.

En la investigación titulada “Estudio de las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003” de Pila & Sigcha (2024) se utilizó una metodología de precocción en autoclave mediante la aplicación de diferentes combinaciones de temperatura (110, 115 y 120°C) y tiempo (10, 20 y 30 minutos), utilizando un diseño cuadrático de superficie respuesta para la optimización del proceso. Para la variedad RITA, la corrida óptima se inició a 110°C durante 30 minutos, obteniendo un contenido proteico de 6,59% y una solubilidad de 6,61%.

En contraste, la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 presentó condiciones óptimas a 111°C por 30 minutos, registrando un contenido proteico de 9,50% y una solubilidad de 6,63%. Los análisis fisicoquímicos de la corrida óptima revelaron diferencias composicionales entre variedades. La variedad RITA presentó: humedad 7,62%, proteína 11,09%, fibra 4,99%, grasa 1,35%, cenizas 1,74% y carbohidratos 73,21%. Por su parte, la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 mostró: humedad 5,95%, proteínas 14,98%, fibra 6,02%, grasa 1,79%, cenizas 2,56% y carbohidratos 68,70%. Estos resultados evidencian que la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 presenta un perfil nutricional superior, particularmente en contenido proteico, en comparación con la variedad RITA.

2.6.2 Marco Teórico

2.6.2.1 Almorta (*Lathyrus sativus L.*)

Es una leguminosa anual de la familia Fabacea, conocida como almorta, guaya, chícharo, habilla (Mallor, 2023). Es un cultivo adaptable a condiciones edafoclimáticas adversas, como suelos pobres, zonas con baja disponibilidad hídrica (Carichas et al., 2012). Su grano se utiliza como alimento en diversas regiones del mundo, pero no debe consumirse excesivamente por su contenido B-ODAP, compuesto anti nutricional que en ingesta de altas cantidades puede ser toxica, por ende, para su consumo seguro requiere de tratamientos como precocción, remojo (Jiao et al., 2011).

2.6.2.2 Origen

La almorta es originaria del continente europeo, la primera especie documentada fue en la Península Balcánica, con el paso del tiempo está se extendió a varias partes del mundo (Yan et al., 2006b). Sin embargo, su consumo excesivo provocó casos de Latirismo, lo cual, para el año 1944 se prohibió el consumo. Con el avance de la tecnología y la ciencia reciente se ha logrado la existencia de variedades de almorta con un menor grado de contenido de Beta-ODAP para el consumo humano (Castro et al., 2023).

Figura 1. Almorta



Fuente: (Calvo, 2018)

2.6.2.3 Características

Según Maldonado (2022) la almorta pertenece al género *Lathyrus*, de la familia Fabáceas. Por todo el mundo existe la especie *Lathyrus sativus L.* con las siguientes características: flor azul, blanca y mixto.

Chamorro & Ladio (2020) menciona que es una hierba anual, con amplia variedad de flor, semilla, color. Las semillas no llegan a ser tóxicas al aplicarlas en conjunto a una fuente de vitamina A, así mismo, al ser ésta sometida a un tratamiento térmico mejora su valor nutricional.

En la tabla 2 se detallan las características que esta planta presenta:

Tabla 2. *Características de la Almorta*

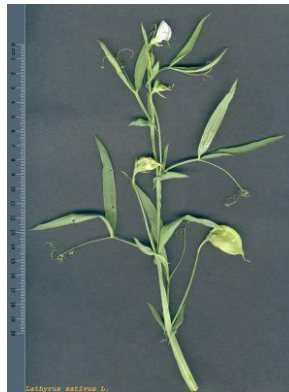
Almorta	Características
Altura	Crece entre 40 y 100 cm de altura, depende del entorno cultivado
Tallo	Es delgado, ramificado y herbáceo.
Hojas	Son pinnadas con folios lanceados y mide hasta 50 cm.
Flores	Florece en primavera, estas son pequeñas de color azul intenso con leves tonos púrpura.
Fruto	Son alargados que contiene 3 y 5 semillas de color blanuzco a marrón.

Fuente: (Heuzé et al., 2016)

2.6.2.4 Taxonomía

Desde el punto de vista de Betancourt (2017), el cultivo de almorta cultivado en el Ecuador presenta la siguiente taxonomía, su división es (Magnoliophyta), reina (Plantae), subreina (Trachebionta), división (Fabales), familia (Faceae), subfamilia (Faboidae), tribu (Viceae), género, (*Lathyrus*), especie (*Lathyrus sativus L*), denominación (habichuela, habilla, chícharo, guisante).

Figura 2. *Características de la almorta*



Fuente: (Aguilella, 2004)

2.6.2.5 Condiciones de cultivo

Según Navarro et al., (2009) la habilla o almorta es un cultivo anual que puede producirse en suelos pobres, secos y anegados, al igual que es resistente a altas temperaturas o heladas. Para los productores de bajos recursos económicos es un recurso alternativo.

Los factores que se toman en cuenta en el cultivo de almorta son:

- Cultivo: crece en zonas subtropicales como: cultivo de invierno, encharcamiento y salinidad moderada.

- Precipitación: 16 – 26 pulgadas (400-650mm por año)
- Temperatura: de 10 a 25°C
- Altitud: 1.700-2.700m

Figura 3. *Cultivo de almorta*



Fuente: (Mallor, 2023)

2.6.2.6 Valor nutricional

Según los estudios realizados por Navarro et al., (2013), la almorta se destaca por su contenido proteico. Este contiene el 27% de proteína, y su contenido en seco es del 32% de proteína. En su composición proteica predomina las globulinas (66%), seguido de albúminas (14%) y prolaminas (5%).

Por otro lado, en su composición química, los carbohidratos son más presentes en las semillas con el 60%, del cual el 75% es almidón, 30% amilosa, 70% amilopectina y el 1% de lípidos totales (Delgado et al., 2016). En la tabla 3 se presenta la composición de la semilla de almorta.

Tabla 3. *Composición de la semilla de almorta*

Componente	Intervalo
Agua (%)	7,50 – 8,20
Almidón (%)	48,00 – 52,30
Proteína (%)	25,60 – 28,40
Fibra ácido detergente (%)	4,30 – 7,30
Cenizas (%)	2,90- 4,60
Grasa (%)	0,58 – 0,80
Calcio (mg / kg)	0,07 – 0,12
Fósforo (mg / kg)	0,37 – 0,49
Lisina (mg / kg)	18,40 – 20,40
Treonina (mg / kg)	10,20 – 11,50
Metionina (mg / kg)	2,50 – 2,80
Cisteína (mg / kg)	3,80 – 4,30

Fuente: (Dixit et al., 2016).

2.6.2.7 Variedades de almorta

La habichuela, almorta (*Lathyrus sativus L.*), muela, chícharo, habilla o tito es una especie rústica que se adapta a cualquier suelo. De acuerdo con Avelino (2023), el género *Lathyrus*

incluye 187 especies y subespecies, pero solamente *Lathyrus sativus L*, se cultiva con fin alimenticio y el *Lathyrus cícera* es empleado a forraje para el alimento de animales.

Figura 4. Almorta (*Fabaceae*)



Fuente:(Calvo, 2018)

2.6.2.8 Usos

Según Lambein et al., (2019) dentro de la gastronomía española, la habilla es incorporada en dietas en forma de harina y la versatilidad que presente este grano es plasmada en sopas, guisos, ensaladas y varios platos salados. Enfocada de manera nutricional ésta sobresale al ser un alimento rico en grasa y en fibra. En el Ecuador a nivel rural se cultiva la almorta para usos como, forraje para el ganado, obtención simplemente del grano para semilla o elaboración de harina no comercial (Betancourt, 2017).

Sin embargo, este grano en su forma seca se debe consumir en pequeñas porciones y controladas. Con la tecnología actual se han desarrollado diferentes variedades de almortas con un índice bajo de toxinas, permitiendo el cultivo y consumo de este grano (Caicedo, 2021).

Figura 5. Grano de almorta precocido



Fuente: (López, 2007)

2.6.2.9 Harina precocida

La harina precocida es el producto obtenido del endospermo del maíz (*Zean mayz L.*), estos son sometidos al proceso de limpieza, desgerminación, precocción y molienda (Salcedo, 2003). La harina precocida presenta características de fácil hidratación, solubilidad y textura viscoelástica.

La textura de la harina precocida está ligada a la transformación del almidón por las condiciones del proceso (Aguilera, 2009).

2.6.2.10 Obtención de la harina precocida

De acuerdo con Chávez (2020) para la obtención de la harina de maíz precocida se debe seguir los presentes pasos:

- Limpieza

El maíz debe ser seleccionado de manera mecánica o artesanal, el objetivo es separar los granos de maíz que cumplen con el régimen de calidad. Posteriormente se limpia los granos seleccionados para eliminar cualquier impureza presente (Chávez, 2020).

- Desgerminado

En este punto se elimina el germen y la cáscara del grano para realizar la aplicación de vapor de agua para facilitar la separación (Chávez, 2020).

- Cocción

El grano desgerminado es sometido a cocción, este puede ser nixtamalización (cocción con cal), en la mejora de digestibilidad y sabor (Chávez, 2020).

- Laminado

Al terminar la cocción, el endospermo es transformado en hojuelas al ser aplicado en rodillos de alta presión, asegurando que el producto tenga la textura adecuada (Chávez, 2020).

- Secado

Las hojuelas son secadas o deshidratadas para reducir el contenido de humedad en un 10% aproximadamente (Chávez, 2020).

- Molienda

Después las hojuelas secas son trituradas en molinos hasta la obtención de una harina fina y uniforme. En este proceso consta de varios ciclos de molienda y tamizado, para la obtención de producto final en perfecto estado (Chávez, 2020).

2.6.2.11 Normativa INEN de la harina precocida

De acuerdo con la normativa NTE INEN 1737 1990 las harinas precocidas deben cumplir con los requisitos físicos-químicos presentados en la tabla 4.

Tabla 4. *Requisitos fisicoquímicos de la harina precocida*

Requisito	Unidad	Límite		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	

Humedad	%	-	13,5	INEN 518
Ceniza	%	-	1	INEN 520
Grasa	%	-	2	INEN 523
Proteína	%	7	-	INEN 519
Expansión	cm		8,5	INEN 1738
Tamaño de la partícula	mm		0,84	INEN 517

Fuente: (Cárdenas, 2022)

En la normativa NTE INEN 1737 1990 también menciona los límites de presencia de organismo microbiológicos en la harina precocida. En la tabla 5 se detallan los requisitos microbiológicos de la harina precocida.

Tabla 5. *Requisitos microbiológicos de la harina precocida*

Requisito	Unidad	N	C	Límite		Método de ensayo
				m	M	
Recuento, estándar en placa, REP	UFC/g	5	1	10 ⁵	3x10 ⁵	INEN1529-3
Mohos	UFC/g	5	2	10 ²	5x10 ²	INEN1529-8
Coliformes, NMP	UFC/g	5	2	0	10	INEN1529-6
<u>Salmonella</u>	<u>UFC/25g</u>	<u>5</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>INEN1529-15</u>

Fuente: (Cárdenas, 2022)

Siendo:

n = Número de muestras que van a examinarse

e = Número de muestras defectuosas m =

Límite mínimo o único

M = Límite máximo

2.6.2.12 Características de la harina precocida

Productos obtenidos por molienda, estos tienen características como: baja humedad, alta durabilidad, y su función principal es la factibilidad en hidratación, solubilidad y el desarrollo de textura visco elástica, resultado de los almidones modificados (Cárdenas & Salazar, 2016). La hidratación es un factor primordial que debe contener la harina precocida, debido que está ligado al estado de transformación de los almidones durante el proceso a causa de los factores presentes (temperatura, tiempo de cocción) (Bermúdez, 2016).

2.6.2.13 Tipos de harinas precocidas

- **Harina precocida de maíz**

Desde el punto de vista de Páez & Solano (2002) la harina precocida es obtenida del maíz al ser cocido, secado y pasado por molienda. El proceso de precocción permite que la harina sea fácil y rápida de preparar diversas recetas.

- **Harina precocida de yuca**

Esta harina es obtenida de la yuca, a partir de la cocción y deshidratación, es usada en la elaboración de arepas, panes entre otros productos. No contiene gluten y es rica en carbohidratos (Rodríguez et al., 2006).

- **Harina precocida de arroz**

Es elaborada a partir de la precocción del grano de arroz, y secado. Su textura es fina y sabor neutro, no contiene gluten, rica en carbohidratos, vitaminas y minerales. Los atributos dependen del tipo de grano empleado en la obtención de la harina precocida (Chafla, 2022).

- **Harina precocida de trigo**

Este tipo de harina es usada en pastelerías y productos de panadería. Empleada por su fácil preparación y la efectividad al aplicar en procesos de obtención del producto como los pasteles (Bressani et al., 2001).

2.6.2.14 Métodos de precocción

- **Precocción en marmita**

Las marmitas son ollas a vapor diseñadas para la utilización en la industria alimentaria que facilitan la cocción de alimentos en gran escala. En la industria láctea esta herramienta como lo es la marmita permite llevar a cabo algunas operaciones, tales como la pasteurización de la leche y la coagulación para la elaboración del queso (Cárdenas & Salazar, 2016).

- **Precocción por extrusión**

La extrusión es un procedimiento utilizado en la elaboración de alimentos instantáneos como bebidas, papillas, alimentos para bebés, postres, entre otros. Este proceso se desarrolla con una variedad de materias primas que incluye harinas de cereales, legumbres, frutas, tubérculos y mezclas personalizadas.

Según Pismag et al., (2023) mencionan que la cocción por extrusión es un proceso que se da continuamente permitiendo cambios progresivos en los alimentos que pasan por la extrusora. Esta cocción ayuda en la creación de moléculas con bajo peso a partir de almidones. El proceso principal se llama gelatinización, sucede cuando se extruye con poca humedad (12-45%), durante este proceso los gránulos de almidón se hinchan y se liberan partes de amilosa y polisacáridos con bajo peso molecular.

- **Precocción en plancha**

Según Fernández (2018) menciona que en el método de precocción en plancha se calienta el alimento de manera uniforme hasta llegar a un punto dorado sin que se llegue a calcinar, esto tiene como ventaja la mejora de textura dado que elimina la humedad del alimento sin verse afectada las características de la materia prima.

- **Autoclave**

Según Velasco (2024) el autoclave funciona usando vapor caliente y presión controlada según el proceso requerido para esterilizar el contenido. El agua, vapor saturado, mezcla de vapor, aire a presión, pulverización y rociado de agua son factores que contribuyen a producir calor en el proceso término de los alimentos.

De acuerdo con Lascano (2010) mediante el uso de la precocción por autoclave se busca conseguir productos inocuos y prolongar la vida útil de los alimentos.

Figura 6. *Autoclave Hirayama HA series*



Fuente: (Hirayama, 2025)

- **Pasteurización y esterilización**

Gramajo (2019) menciona que la esterilización es aumentar la temperatura a 65°C, para eliminar todo organismo vivo en el alimento dado que las bacterias se van a desnaturalizar, la temperatura debe mantenerse al menos 10 minutos. Estos efectos térmicos garantizan la inactivación de enzimas y microorganismos, lo que resulta en un producto estable. Últimamente la definición “pasteurización” incluye tanto tratamientos térmicos como tratamientos no térmicos. Es definida como pasteurización a cualquier proceso, tratamiento y combinación de ambos que aplicado a un alimento reduce los microorganismo más resistentes y relevantes para la salud pública (Calleja et al., 2010).

2.6.2.15 Análisis físicos de la harina precocida

Los análisis físicos de la harina son fundamentales para determinar las propiedades y comportamientos durante el procesamiento y almacenamiento (Bermúdez, 2016). Los análisis evaluados son:

- **Índice de solubilidad**

Parámetro que indica la capacidad de una sustancia (almidón, proteína, polvo) para disolverse en un solvente bajo condiciones específicas. Es expresado en porcentaje de la sustancia disuelta respecto a la cantidad inicial (Ortega, 2019).

- **Contenido de proteína**

Es la cantidad de proteína presente en una muestra de harina, polvo, alimento. Expresada en porcentaje de peso total, se basa en el contenido de nitrógeno, la mayoría de las proteínas contiene alrededor del 16% de nitrógeno (Ortega, 2019).

- **Densidad aparente**

Relación de masa y volumen total que ocupa la muestra, incluyendo tanto los sólidos como los huecos o poros presentes entre partículas, se expresa en kg/L o g/cm³ (Ramos, 2016).

- **Densidad compactada**

Es el valor de densidad de un polvo, harina después de haber sido sometido a una compactación mecánica (vibración, golpes, impacto), reduciendo al mínimo el volumen de espacios vacíos (Gremasqui et al., 2021).

- **Índice de Hausner**

Se utiliza para medir la fluidez de los polvos, calcula la relación entre la densidad compactada y densidad aparente. Un índice bajo (cercano de 1) indica buena fluidez, valores altos (superiores a 1.25) señalan mala fluidez y tendencia a cohesión (mal flujo) (Bernal, 2023).

- **Ángulo de reposo**

Es el ángulo formado en la superficie de un montón de polvo, harina o granel suelto con la horizontal, al estabilizarse tras ser vertido sin compactar. Indica el flujo del material: ángulo menor señala mejor fluidez y ángulos mayores reflejan tendencia a la cohesión o formase aglomeraciones (Polanco, 2017).

2.6.2.16 Parámetros funcionales de las harinas precocidas

Los análisis funcionales miden los parámetros como la capacidad de absorción de agua, viscosidad, perfil de hidratación, estabilidad térmica, capacidad de gelificación, entre otro. Igualmente, examina aspectos como la textura, sabor, digestibilidad, el impacto de estas propiedades en la calidad del producto final (Aguilera, 2009).

- **Índice de absorción de agua**

El índice de absorción de agua (IAA) es un parámetro que indica la absorción de agua de una harina, además, es un indicador de masa fresca. Se expresa como la cantidad de agua absorbida por unidad de muestra seca (g de gel/g de la muestra seca) (Moreno, 2016).

- **Índice de amasado**

El amasado consiste en realizar una relación 1:1, es decir, la misma cantidad de harina será la misma cantidad de agua utilizada, posteriormente mezclar y trabajar una masa para desarrollar la red de gluten, obteniendo una textura homogénea y elástica. Este índice determina la calidad de la formación del gluten y textura esperada en el producto terminado (Vega, 2009).

- **Índice de amilasa**

Es la enzima que degrada almidones en azúcares simples. El índice de amilasa hace referencia a la medición cualitativa y cuantitativa de la actividad de esta enzima en harinas. Así mismo, una alta actividad enzimática indica una mayor capacidad de degradación del almidón durante el procesamiento, influyendo en la textura, volumen y sabor de productos horneados (Angulo et al., 2013).

- **Índice de gluten**

Mide la cantidad y calidad del gluten en una muestra de harina, establece la fuerza del gluten y capacidad de retener gases, factores que influyen en la textura y volumen de productos panificados. Se expresa en porcentaje, harinas con un índice de gluten alto (>95%) se considera fuertes y bajos índices de gluten (<60%) establecen que son harinas débiles (Vega, 2009).

- **Índice de viscosidad**

Indica el cambio de viscosidad del fluido al variar la temperatura, a mayor índice de viscosidad menor es la variación de esta ante los cambios de temperatura (Alemán & Moreno, 2004).

- **Índice de retrogradación**

Es el proceso por el cual las moléculas del almidón gelatinizadas se reorganizan formando estructuras más ordenadas al enfriarse, endureciendo la textura de productos como panes, pures y geles (Carichas et al., 2012).

2.6.2.17 Análisis nutricionales de la harina

Los análisis proximales de la harina o producto son fundamental la evaluación de la composición química para establecer su calidad nutricional (Pismag et al., 2023). Los análisis que se miden son: humedad, cenizas, proteínas, grasa, fibra y carbohidratos.

- **Humedad total**

Es el porcentaje de agua presente en la harina, determina la estabilidad y vida útil. Un alto contenido de humedad favorece el desarrollo microbiano, por lo tanto, la degradación del alimento. Este va a depender tanto de la materia prima como el método de obtención y las condiciones aplicadas en el proceso de secado. El contenido de humedad <10% evita el deterioro de los almidones durante el almacenamiento (Gallegos & Coral, 2015).

- **Proteína**

Se mide para evaluar el valor nutricional y funcional de la harina, debido a las proteínas son importantes para la estructura, textura de los productos. Estos aportan aminoácidos esenciales y son determinantes de la calidad (Chávez & Miranda, 2024).

- **Fibra**

Conjunto de carbohidratos asociados a otros compuestos no-carbohidratos. Reside en el residuo vegetal no digerible, incluyendo los polisacáridos no amiláceos y la lignina. Principalmente se encuentra en el salvado lo que contribuye a la digestión y salud intestinal (Navarro et al., 2009).

- **Grasa**

Contenido lipídico presente en el germen del grano, influye en la absorción de vitaminas, propiedades funcionales de la harina. Las grasas afectan el sabor, textura, estabilidad de las harinas, por ello, es fundamental decretar su contenido y composición de ácidos grasos para la optimización en uso de productos panificados (Almeida, 2013).

- **Ceniza**

Esta influye en la base de nutrientes, debido que proporciona una estimación del contenido total de minerales en forma de sulfatos, nitratos, fosfatos, cloruros, entre otros (Jiménez, 2023).

- **Materia seca**

La materia seca es el residuo de una muestra una vez eliminado el agua por un proceso de calentamiento bajo condiciones controladas, con ello se evalúa la composición nutricional y la calidad de diversos productos. Se la expresa en porcentaje (Bermúdez, 2016).

- **Materia orgánica**

Materia compuesta de componentes orgánicas, se basa en carbono, hidrogeno, oxígeno y otros elementos. Sus compuestos biodegradable y conteniendo carbono (Jiménez, 2023).

- **ELN**

Es un valor calculado en análisis de alimentos que representa la cantidad de carbohidratos solubles o digeribles en una muestra. Se determina por diferencia, restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína, grasa, fibra y ceniza (Delgado et al., 2016).

2.6.2.18 Análisis microbiológicos de la harina

Este análisis evalúa la presencia, cantidad de microorganismos, presente en los alimentos incluyendo bacterias, levaduras, coliformes y mohos. Su objetivo es identificar microorganismos patógenos que causar enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y evaluar la vida útil del producto (Muñoz & Orellana, 2014).

- **REP Mohos**

Recuento en placa de mohos y levaduras, usando para evaluar la contaminación fúngica en la harina, que puede afectar su conservación y seguridad (Muñoz & Orellana, 2014).

- **Coliformes NMP**

Permite detectar y cuantificar la presencia de coliformes totales como indicadores microbiológicos de contaminación fecal y mala higiene durante procesamiento y almacenamiento (INEN, 1990).

- **Salmonella**

Análisis para detectar la presencia de la bacteria *Salmonella*, patógeno que representa un riesgo sanitario en harinas, derivados que están contaminados o mal procesados (Moreno, 2020).

2.6.3 Marco conceptual

- **Almorta:** Leguminosa cultivada en Eurasia anualmente, es conocida también con otros nombres como: Han li dou en China; arveja herbácea, arveja de garbanzo o veza de la India en el Reino Unido y América del Norte; almorta, muela, tito y guijo en España (Yan et al., 2006).
- **Autoclave:** Es un equipo que aplica presión y calor para llevar a cabo procesos térmicos y esterilización de materiales, su objetivo primordial es eliminar microorganismos y garantizar la esterilidad de los materiales o producto dentro de la industria alimentaria (Meléndez, 2022).
- **B-ODAP:** El B-ODAP es una neurotoxina que puede casuar latirismo, enfermedad degenerativa del sistema nervioso, además, es un aminoácido presente en la semilla y es responsable de los efectos neurológicos adversos asociados con el consumo excesivo (Calvo, 2018).
- **Caracterizaciones nutricionales:** Proceso el cual permite averiguar cuál es la composición nutricional de los alimentos, ofreciendo información detallada de los nutrientes presentes como hidratos de carbono, calorías, grasa, sal y proteína (Bressani et al., 2001).
- **Cocción:** Tratamiento en el cual se hace uso del calor con el fin de darles mejor aspecto a los alimentos, sean más conservables y hacerlos más blandos (Caracuel, 2008).
- **Coliformes NMP:** Permite detectar y cuantificar la presencia de coliformes totales como indicadores microbiológicos de contaminación fecal y mala higiene durante procesamiento y almacenamiento (INEN, 1990).

- **Densidad aparente:** De una harina se calcula la relación de masa y volumen, para determinar este valor se coloca una cantidad específica de muestra en un cilindro graduado, posteriormente se mide el volumen ocupado (Gremasqui et al., 2021).
- **Densidad compactada:** Se somete a la harina a un proceso de compactación con golpe mecánico y se reduce el volumen de los espacios entre las partículas (Núñez, 2021).
- **Diseño de superficie respuesta:** Técnica estadística de relaciones entre una o más variables dependientes y variables independientes se modelan, analizan mediante esta técnica estadística para mejorar la calidad de los productos por medio de la optimización de procesos (Nóchez & Ventura, 2009).
- **Deshidratado** Es un método en cual consiste en eliminar la mayor cantidad de agua presente en el alimento, reduciendo la actividad de agua y evitando el crecimiento microbiano para una mayor conservación del alimento (Aguilera, 2009).
- **Higroscopicidad:** Es la capacidad que tiene la harina de absorber humedad del ambiente, se mide la humedad adquirida en gramos (Dussán et al., 2019).
- **Índice de solubilidad:** La solubilidad es la capacidad que tiene la harina para disolverse en agua y esta se mide en porcentaje de peso seco (Magro, 2015).
- **Índice de Hausner:** Es la comparación entre la densidad compactada y la densidad aparente de la harina. Permite evaluar el flujo de propiedades del polvo y harina. Si el índice es más cercano a 1 indica un correcto flujo entre las partículas de la harina (Zuleta, 2013).
- **Latirismo:** Es un trastorno neurológico que implica paraplejia espástica, dolor, parestesia, causado por una intoxicación crónica producida por el consumo excesivo de almortas o sus derivados (Marichamy et al., 2005).
- **Propiedades funcionales:** Características que tiene un alimento, dado que aporta nutrientes e influye beneficiosamente en la salud y bienestar de quienes lo consumen (Mataix et al., 2020).
- **Precocción:** La cocción inicial y rápida que se le da a un alimento modificando su textura, aspecto y en varios casos inactivar las enzimas responsables del deterioro de los alimentos, se puede dar de tipo dorado (a fuego vivo) o blanqueado (ebullición rápida) sin que se cocine en su totalidad (Gavilanes, 2018).
- **REP Mohos:** Recuento en placa de mohos y levaduras, usando para evaluar la contaminación fúngica en la harina, que puede afectar su conservación y seguridad (Muñoz & Orellana, 2014).

- **Salmonella** : Análisis para detectar la presencia de la bacteria *Salmonella*, patógeno que representa un riesgo sanitario en harinas, derivados que están contaminados o mal procesados (Moreno, 2020).

2.7 Metodología del Proyecto de Investigación

Las metodologías de investigación que se aplicaron en el proyecto de investigación fueron seleccionadas con el fin de alcanzar los objetivos establecidos, recolectando la información necesaria, precisa y confiable a través de experimentos y observaciones, que fueron realizados en el laboratorio de la carrera de Agroindustria en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.7.1 Tipos de investigación

2.7.1.1 Investigación cuantitativa

Es un método que se centra en la medición numérica, se emplea para investigar fenómenos explorables aplicando técnicas estadísticas, matemáticas y computacionales. Se caracteriza por centrarse en el análisis estadístico, la comprobación de la hipótesis planteada y la visión de las variables e instrumentos de investigación, haciendo uso del diseño experimental junto con la estadística para la medición de parámetros (Villar, 2024).

En la investigación se presentó un enfoque cuantitativo debido a la aplicación de los factores numéricos por las variables de temperatura y tiempo de precocción, también, se enfocó en la recopilación de resultados, procesamientos, análisis e interpretación de resultados.

2.7.1.2 Investigación bibliográfica

La investigación, se llevó a cabo de manera bibliográfica, la información fue recopilada de fuentes confiables como artículos científicos, tesis anteriores y bibliotecas virtuales. Permitiendo la recopilación de información de diferentes autores con respecto al tema ayudando con la credibilidad y calidad del proyecto con el fin de respaldar las afirmaciones y conclusiones con evidencias sólidas (Matos, 2018).

También se describió el proceso optimizado para la precocción de la harina de almorta, en la cual se establecieron las condiciones óptimas empleando modelos matemáticos y detallando las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de almorta.

2.7.1.3 Investigación experimental

El objetivo de esta investigación se utilizó para el estudio de las propiedades funcionales de la harina precocida de almorta, permitiendo la recopilación de información preliminar, a identificar

posibles patrones y elaborar hipótesis que guíen investigaciones futuras de manera más detalladas (Castro et al., 2023).

Se utilizó en la investigación el diseño experimental de superficie respuesta, en el cual se aplicaron dos factores: temperatura y tiempo de precocción, evaluando los niveles de optimización en función a la solubilidad y proteína, con el objetivo de obtener las condiciones óptimas de precocción de la harina de almorta (*Lathyrus sativus L.*).

2.7.2 Métodos de investigación

2.7.2.1 Método experimental

Es el conjunto de técnicas que permite la investigación de fenómenos, corregir e integrar nuevos conocimientos, además, permite la formulación de pruebas y la validación de hipótesis (Medina et al., 2023).

Este método se aplicó para el monitoreo de las variables y delimitar la relación entre ellas para precisar de mejor manera la información que se utilizará en la validez de la hipótesis, es decir, este método se aplicaría en la veracidad de la hipótesis planteada en el trabajo de investigación.

2.7.2.2 Método cuantitativo

Se basa en análisis, recolección y procesamiento de datos numéricos. En este método se utiliza las matemáticas, estadística para la medición de relación entre variables y describir de manera objetiva los fenómenos estudiados (Lambein et al., 2019).

Este se aplicó para el análisis de los resultados del proceso de obtención de la harina precocida de almorta que se obtendría al realizar el diseño experimental, para medir la relación entre las variables.

2.7.2.3 Método deductivo

Consiste en el proceso de investigación que inicia de una deducción global y lógico, para la argumentación de las conclusiones específicas. Es decir, parte de lo general a lo más particular (Sanca, 2011).

Este método se empleó en la búsqueda, recolección de fuentes de información para la ampliación del marco teórico, que permitirá demostrar que la conclusión está implícita en la hipótesis, es decir, si las hipótesis planteadas son verídicas para la validez de la conclusión.

2.7.3 Técnica de investigación

2.7.3.1 Técnica de observación

Es un método de investigación que trata de un proceso que implica someter a un objeto a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), con el objetivo de evaluar las reacciones o efectos que se producen (variable dependiente) (Cortés et al., 2004).

Esta investigación es fundamental en la evaluación con diferentes condiciones de precocción, utilizado para el proceso la autoclave Hirayama que se encuentra en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.7.3.2 Técnica experimental

Técnica que pertenece a la técnica cuantitativa, permite la manipulación de variables para establecer las relaciones existentes entre ellas, aplicando grupos de control y experimentales (Vizcaíno et al., 2023).

Técnica que permitió el control y manipulación de las variables en la variable respuesta, para evaluar las crorridas obtenido. Donde se aplica factores de temperatura y tiempo para evaluar los niveles óptimos en función a la solubilidad y proteína de la harina precocida de almorta con el fin de obtener las condiciones adecuadas de precocción.

2.7.3.3 Técnica de investigación documental

Esta técnica se apoya en la recopilación o aproximación de datos de los antecedentes de la investigación por medio de documentos y gráficos formales, donde el investigador fundamenta y completa su investigación con el aporte de diferentes autores (UNEMI, 2019).

Esta técnica se utilizó en el proyecto de investigación por medio de revisiones bibliográficas para obtener antecedentes confiables previos al proyecto de investigación.

2.7.4 Instrumentos de investigación

2.7.4.1 Registro

Implica en la revisión y extracción de información de documentos existentes, informes, bases de datos, libros, registros, artículos científicos, entre otros (UNIR, 2019).

Este instrumento nos permitió el análisis de registros ya existentes, datos y revisar documentos científicos para extraer datos relevantes que nos permitirá crear una base de datos e información para el marco teórico y discusión de resultados.

2.7.4.2 Diseño experimental

La Metodología de Superficie Respuesta (MSR) permite optimizar procesos y sistemas mediante el análisis de múltiples variables, empleado en diversas áreas como la industria alimentaria, biotecnología y química (Nóchez & Ventura, 2009).

La investigación permitió el desarrollo del diseño experimental, donde se aplicó el Software Design-Expert 8.0.7.1. Trial, un modelo de optimización numérica mediante un diseño de superficie respuesta IV óptimo para la determinación de las corridas experimentales, así como la optimización de los parámetros. Tomando en cuenta dos factores como variables: temperatura (110, 115, 120 °C) y el tiempo (10, 20, 30 min) de precocción.

2.7.5 Materiales, equipos y reactivos

2.7.5.1 Material-equipo

- Frascos de vidrio de laboratorio de 500ml
- Probeta graduada de 250ml
- Bandejas
- Autoclave Hirayama HA- 3000MIL
- Deshidratador Hakka SKU: DES-HK-24
- Balanza electrónica PRECISA mod: XB320
- Molino eléctrico Dakota cod: adk-2200H
- Bandejas de secado
- Mufla Termocientific mod: FB1415M
- Probeta graduada de 100 ml
- Termómetro
- Morteros
- Estufa Memmeert Universal 30
- Espátula
- Vaso de precipitación de 600 ml
- Varilla de vidrio
- Tubos de ensayo
- Centrifuga BOECO C-28A
- Pinza universal
- Embudo

2.7.5.2 Materia prima

- Almorta (*Lathyrus sativus L.*)

2.7.5.3 Insumos

- Tamizadores
- Fundas de Ziploc
- Papel aluminio
- Gasas
- Guantes látex
- Plástico transparente
- Adhesivos
- Papel filtro
- Mascarillas
- Cofias
- Vasos desechables
- Botellas plásticas

2.7.5.4 Reactivos

- Agua purificada
- Agua destilada

2.7.6 Metodología para la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del grano de almorta

2.7.6.1 Determinación del parámetro fisicoquímico del grano de almorta

Los análisis como estudios y procedimientos aplicados para la evaluación de las características fisicoquímicas incluyen; contenido de humedad, proteína, fibras, cenizas y carbohidratos. Al analizar estos datos permite determinar la calidad del grano de almorta (Habilla), y su potencial uso en la industria alimentaria.

2.7.6.2 Determinación de humedad AOAC 925.10

Para la determinación de humedad se utilizó el método gravimétrico, el cual fundamenta la pérdida de peso de la muestra al ser desecada hasta alcanzar un peso constante (AOAC, 2005). Se aplicó la siguiente ecuación:

(Ec. 1)

$$\%Humedad = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

Donde:

H (%): Humedad en porcentaje de masa.

M1: Masa de la placa vacía.

M2: Masa de la placa más las microcápsulas antes de secar (g).

M3: Masa de la placa más las microcápsulas después del secado (g).

2.7.6.3 Determinación de proteínas AOAC 2001.11

Para el cálculo de contenido de proteína se usó el método de Kjeldahl, de acuerdo con la normativa (Valencia, 2022).

La ecuación aplicada para calcular la proporción de concentración de proteína se presenta a continuación:

(Ec. 2)

$$\%Nitrógeno = \frac{(V_m - V_b) \times M \times 14.01}{W \times 10}$$

(Ec. 3)

$$\%proteína\ cruda = \%nitrógeno \times F$$

Donde:

V_m = Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular una prueba

V_b = Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular el blanco de reactivo

M = Molaridad del HCl estándar

14.01 = Peso atómico de N

W = Peso (g) de la porción de prueba o estándar

10 = Factor para convertir mg/g a porcentaje F =

Factor para convertir N a proteína.

2.7.6.4 Contenido de grasa AOAC 920.39

Para la determinación del contenido de grasa se utilizó el método Goldfish, el cual, consiste en ser extraído de manera continua con un disolvente orgánico, se calienta el disolvente, se vaporiza y se

condensa sobre la muestra. El disolvente gotea de manera continua a través de la muestra para extraer la grasa (Ceniza, 2024).

La grasa se calcula entre la diferencia de peso de la muestra original y la extraída (grasa), para ello se emplea la siguiente ecuación:

(Ec. 4)

$$\%Grasa = \frac{P_1 - P_2}{P} \times 100$$

Donde:

P1= Peso del vaso con el extracto etéreo o residuo de grasa de la muestra

P2= Peso del vaso vacío

P3= Peso de la muestra empleada

2.7.6.5 Contenido de fibra AOAC 930.5

El método gravimétrico, permitió determinar el contenido porcentual de fibra, consiste en un tratamiento inicial de la muestra con ácido (ácido sulfúrico o ácido clorhídrico) para disolver los componentes solubles quedando principalmente la fibra intacta en el medio. A continuación, se somete a la muestra a un medio alcalino (hidróxido de sodio) permitiendo solubilizar otras fracciones (Escaño, 2021). Después de estas digestiones se realiza un filtrado. Los residuos que se encuentran en el filtro son lavados repetidamente para eliminar cualquier contaminante y posteriormente son secados en un horno a una temperatura determinada para finalmente pesarlos (Escaño, 2021).

(Ec. 5)

$$\%Fibra = \frac{P_f - P_v}{P_m} \times 100$$

Donde:

Pf = Peso de la placa conteniendo la muestra desecada

Pm = Cantidad de muestra pesada en el ensayo

Pv = Peso de la placa vacía

2.7.6.6 Ceniza AOAC 923.03

Este proceso consiste en calentar la muestra en una mufla hasta que se quemé todos los materiales orgánicos, dejando principalmente los residuos minerales (Ceniza, 2024). El contenido de ceniza se calcula en porcentaje con la ecuación siguiente:

(Ec. 6)

$$\%Ceniza = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

Donde:

P0= Peso del crisol vacío

P1= Peso del crisol con la muestra

P2 = Peso del crisol con las cenizas

2.7.7 Carbohidratos

Se determinó por diferencia restando del 100% entre los porcentajes de humedad, proteína, fibra, grasa y cenizas.

De acuerdo con Amanta & Chicaiza (2024) por el porcentaje de carbohidratos se calcula con la siguiente ecuación:

(Ec. 7)

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Fibra} + \% \text{ Grasa} + \% \text{ Ceniza})$$

2.7.8 Metodología de obtención de la harina precocida de almorta

2.7.8.1 Descripción de la obtención de la harina precocida de almorta

- Recepción

Los granos de almorta (habilla) son cosechados en el sector Cusubamba y 20 lb de almorta fueron adquiridos en la plaza Augusto Dávalos, ubicado en la ciudad de Salcedo.

- Acondicionamiento del grano

Seguidamente, el grano de almorta se sometió a un remojo de 8 horas, con el propósito de disminuir el contenido de B-ODAP. Este proceso se basó en la hidratación del grano modificando su estructura interna a temperatura ambiente. Después del remojo se realizó una

aireación ubicando los granos en una bandeja por un tiempo determinado de 30 minutos para estabilizar las condiciones del grano.

Figura 7. *Remojo del grano de almorta*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

- Selección y limpieza

Posteriormente se realizó una selección manual donde se separaron los granos en buen estado que cumplían con las características como: color, olor y tamaño, de los que se encontraban en mal estado, tales como, los de color muy oscuro, los de gran tamaño ya que pueden perjudicar el proceso de deshidratación por su mayor tamaño y aquellos que presentaban agujeros lo que podía deberse a presencia de gorgojos.

Figura 8. *Selección y limpieza del grano*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

- Pesado

A continuación, en base a la investigación se realizó un ajuste de relación 1:1 donde en cada una de las corridas se utilizó únicamente 3 botellas por la disponibilidad limitada de estos, en cada frasco de 500 ml se colocó 200g de almorta y 200ml de agua destilada.

Figura 9. *Pesado de la materia relación 1:1*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

- Precocción

Luego, los frascos de laboratorio se colocan en el autoclave Hirayama para someter el grano a una precocción, aplicando diferentes condiciones de temperatura (110, 115, 120 °C) y tiempo (10 min, 20min, 30 min) por cada corrida experimental, el tiempo del proceso de precocción consistió en hora y media y media hora de enfriamiento del autoclave hasta que este baje su presión a cero, por día se ejecutó 4 corridas.

Figura 10. *Frascos con la muestras en autoclave*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

- Secado

Posterior a la precocción, se retiró los envases del autoclave y se colocaron los granos precocidos en una bandeja esparciendo por toda la superficie, para su enfriamiento durante 30 minutos, posteriormente al enfriado se colocó en el deshidratadora a una temperatura de 65°C y un tiempo de 9 horas.

Figura 11. *Enfriamiento y deshidratado del grano precocido*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

- Molienda

Una vez finalizado el secado, los granos de almorta se introdujeron en el molino eléctrico de 3HP marca Dakota (capacidad de 50micrones- 1400 rpm), permitiendo controlar la fuerza aplicada y el tamaño de trituración, se realizó cuatro pasadas en el molino obteniendo una harina uniforme, este proceso se realizó por cada corrida.

Figura 12. *Molienda del grano precocido*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

- Tamizado

Después de la molienda, las harinas fueron pasados por un tamiz de 2 mm, para retirar las partículas de mayor tamaño, además, se aplicó un segundo tamizado de 0,25 mm, eliminando partículas gruesas y para mejorar, refinar la textura de la harina se la filtró por una tela lienzo, este proceso se lo llevo a cabo por cada corrida.

Figura 13. *Tamizado de la harina*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

- Envasado y pesado

Posteriormente, se empaca en fundas herméticas las harinas, se sella para evitar el ingreso de contaminantes presentes en el ambiente.

Figura 14. *Pesado y sellado de la harina*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

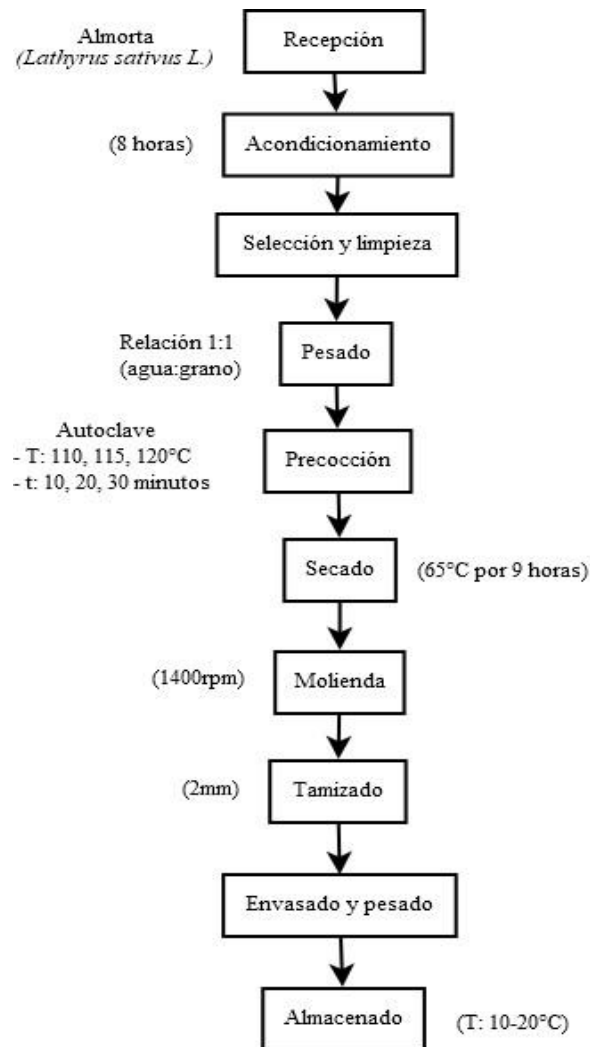
- Almacenado

Finalmente, las bolsas selladas se almacenan a una temperatura de 10 a 20°C para evitar que esta pierda sus propiedades.

2.7.9 Diagrama de flujo de la obtención de la harina precocida de almorta

En la ilustración 15 se presenta el proceso de obtención de la harina precocida de almorta en un flujo grama.

Figura 15. Flujo grama del proceso de obtención de la harina precocida de almorta



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

2.7.10 Metodología para determinar los análisis físicos de la harina precocida de almorta

2.7.10.1 Índice de solubilidad

La solubilidad de las harinas permite evaluar la capacidad de las proteínas y otros componentes solubles, lo cual se comprende las características funcionales de las harinas en diferentes aplicaciones en la industria alimentaria (Ortega, 2019).

La metodología aplicada fue basada en la descrita por (Anderson, 1982) donde se debe pesar 2,5g de la muestra y mezclar con 30 ml de agua destilada a 30°C en un tubo de centrifuga, se agita continuamente durante 30 minutos manualmente hasta disolverse para luego ser colocada en la centrifuga a 3000rpm por 10 minutos. Posteriormente el agua sobrenadante se vertió en una cápsula de evaporación tarada y para calcular el índice de absorción de agua se pesó el gel restante y se calculó a partir de su peso, aplicando la siguiente ecuación:

(Ec. 8)

$$\%Solubilidad = \frac{\text{peso sólido}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

2.7.10.2 Determinación de proteínas AOAC 2001.11

Para el cálculo de contenido de proteína se usó el método de Kjeldahl, de acuerdo con la normativa (Valencia, 2022).

La ecuación aplicada para calcular la proporción de concentración de proteína se presenta a continuación:

(Ec. 9)

$$\%Nitrógeno = \frac{(V_m - V_b) \times M \times 14.01}{W \times 10}$$

(Ec. 10)

$$\%proteína\ cruda = \%nitrógeno \times F$$

Donde:

V_m = Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular una prueba

V_b = Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular el blanco de reactivo

M = Molaridad del HCl estándar

14.01 = Peso atómico de N

W = Peso (g) de la porción de prueba o estándar

10 = Factor para convertir mg/g a porcentaje

F = Factor para convertir N a proteína.

2.7.10.3 Densidad aparente

Según Ramos (2016) se pesó 10 g de la muestra y se coloca en una probeta registrando el volumen que se ocupó. Con la siguiente ecuación se puede determinar la densidad aparente:

(Ec. 11)

$$Da = \frac{m}{v}$$

Donde:

Da: Densidad aparente

M: Masa de la muestra (g).

V: Volumen de la muestra (mL).

2.7.11 Densidad compactada

Se aplicó la metodología de Gremaqui et al., (2021) consiste en pesar 10 g de muestra, colocar en una probeta graduada y se debe registrar el volumen que ocuparía la muestra para posteriormente aplicar la siguiente ecuación:

(Ec. 12)

$$Dc = \frac{m}{v}$$

Donde:

Dc: Densidad compactada

M: Masa de la muestra (g).

V: Volumen sin compactar (mL).

2.7.11.1 Índice de Hausner

Partiendo del método anterior se emplea el volumen compactado y la masa medida, de acuerdo con el índice de Hausner, si es inferior a 1,25 indica que la harina tiene un buen comportamiento de fluidez, si el valor supera el 1,25 tiene una deficiencia en la capacidad de fluidez. Se aplica la siguiente ecuación (Bernal, 2023).

(Ec. 13)

$$IH = \frac{Dc}{Da}$$

Donde:

IH: Índice de Hausner

Da: Densidad aparente

Dc: Densidad compactada

En la siguiente tabla 6 se muestra la interpretación de los valores de índice de Hausner:

Tabla 6. Interpretación de los valores del índice de Hausner

Índice de compresibilidad	Propiedades de flujo	Índice de Hausner
5 a 11	Excelentes	1.00 a 1.11
12 a 17	Buenas	1.12 a 1.18
18 a 22	Aceptables	1.19 a 1.34
26 a 31	Pobres	1.35 a 1.45
35 a 38	Muy pobres	1.46 a 1.59
>38	Extremadamente pobres	>1.60

Fuente: (Bernal, 2023).

2.7.11.2 Ángulo de reposo

Se empleó el método del embudo, donde se pesa 100 g de la muestra y se colocó en el embudo, se ajusta a la altura del embudo a 20 cm y se deja caer la muestra libremente, momento donde se midieron los diámetros, radio y altura del cono formado (Polanco, 2017).

Para calcular el ángulo de reposo se emplea la siguiente ecuación:

(Ec. 14)

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h}{r} \right)$$

Donde:

θ : Ángulo de reposo

\tan^{-1} : Tangente

H: Altura del cono

R: Radio de cono

Las propiedades del flujo y los grados de ángulo de reposo se presentan en la tabla 7:

Tabla 7. *Propiedades del flujo y grados del ángulo de reposo*

Ángulo de reposo	Caracterización del flujo
Mayor a 50	Sin flujo libre
30-50	Baja fluidez
Menor a 30	Flujo fácil

Fuente: (Moreno, 2016)

2.7.12 Determinación de análisis nutricionales de la harina precocida de almorta de la corrida experimental optimizada

2.7.12.1 Humedad total (AOAC 925.10)

Según Gallegos & Coral (2015), este método consistió en colocar 3 g de muestra en un crisol y llevar al horno por 4 h a 105°C, y dejar enfriar durante 20 min. Para calcular la humedad total se aplicará la siguiente ecuación:

(Ec. 15)

$$\%Humedad = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Datos: m1: peso del crisol vacío (g) m2:

peso del crisol con la muestra inicial (g) m3:

peso del crisol con la muestra final (g)

2.7.12.2 Proteína (AOAC 2001.11)

Para la determinación de proteína Gallegos & Coral (2024), se coloca 1 g de muestra molida y homogenizada en tubos de Kjeldahl con un catalizador (mezcla de sales de cobre, óxido de titanio y óxido de selenio) con 10 ml de ácido sulfúrico concentrado. Esta mezcla debe someterse a digestión durante 60 min a 450°C, para luego ser enfriada a temperatura ambiente por 15 min.

Posteriormente, se añade 200 ml de agua destilada y se coloca la mezcla en un soporte de destilación, se incorpora una solución concentrada de hidróxido de sodio 10N, y se aplicará un

ácido clorhídrico con el indicador azul de metileno hasta que el color cambie de un azul claro a plateado.

La proteína se determinará con las siguientes ecuaciones:

(Ec. 16)

$$\% \text{Nitrogeno} = \frac{1.4 * (V1 - V2) * N}{P}$$

(Ec. 17)

$$\% \text{Proteína} = \% \text{Nitrogeno} * F$$

P: Peso de la muestra (g)

V1: Volumen de ácido clorhídrico para valorar la muestra (mL)

V2: Volumen de ácido clorhídrico para valorar el blanco (mL)

N: Normalidad de ácido clorhídrico

F: Factor de conversión (6.5)

2.7.12.3 Grasa (AOAC 920. 39)

Desde la investigación de Almeida (2013), se pesa 1 g de la muestra en papel filtro para luego ser colocada dentro de un cartucho de celulosa con forma de dedal, luego ubicar en la cámara del extractor. Se debe calentar 50 ml de éter de petróleo en un balón de ebullición y el vapor condensado cae sobre l cartucho de manera cíclica por 4 h. El solvente se recupera a través de un destilado, la cantidad de grasa obtenida en el vaso, este debe ser pesado.

La siguiente ecuación permite el cálculo:

(Ec. 18)

$$\% \text{ Grasa} = \frac{p2 - pi}{p1} * 100$$

Datos: pi: peso del balón de

ebullición p1: peso de la

muestra p2: peso del balón con

grasa

2.7.12.4 Fibra (AOAC 930.15)

En la investigación de Chávez & Miranda (2024), se evidenció como primer proceso, el pesaje de una muestra sobre papel aluminio. Luego, se transfiere a un beaker de digestión de 600 mL y se realiza un segundo pesaje, incluyendo el papel aluminio con el material residual. Posteriormente, se añade ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0,7 % en un vaso de Berzelius que contenía la muestra, seguido de la incorporación de alcohol n-amílico.

Los beakers son ubicados en las hornillas del equipo de extracción, donde el proceso se llevó a cabo durante 30 minutos. Después, se adiciona hidróxido de sodio (NaOH) al 22 % en cada vaso de Berzelius para realizar una digestión alcalina de igual duración. Finalizada esta etapa, los beakers y la muestra se lavaron con agua destilada caliente y los materiales de laboratorio donde son enjuagados con acetona.

Las muestras fueron secadas en una estufa por 12 horas y posteriormente enfriadas en un desecador. Una vez alcanzada la temperatura ambiente, se pesaron en una balanza analítica y se sometieron a calcinación en una mufla a 600 °C durante 4 horas. Finalmente, tras ser retiradas de la mufla y enfriadas en el desecador, se realizó un último pesaje para determinar el contenido de cenizas.

(Ec. 19)

$$\%F. C = \frac{W_{\text{crisol con muestra digerida}} - W_{\text{del crisol con cenizas}}}{W_{\text{papel con muestra}} - W_{\text{papel solo}}}$$

(Ec. 20)

$$\%F. C. \text{ Base seca} = \frac{100 * \%F. C}{\% \text{ de ms.}}$$

2.7.12.5 Ceniza (AOAC 923.03)

Colocar 1 g de muestra seca en el crisol, y depositar en una placa calefactora para el proceso de combustión de la materia orgánica. Al reducirse el volumen de la muestra, introducir en la mufla a 525°C, para quemar la materia orgánica y obtener la ceniza completamente blanca (Jimenez, 2023).

El porcentaje de ceniza se calcula con la siguiente ecuación:

(Ec. 21)

$$\%Cenizas = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} * 100$$

Datos:

P0: peso del crisol vacío

P1: peso del crisol con la muestra

P2: peso del crisol con las cenizas

2.7.12.6 Carbohidratos

Se determinó por diferencia restando del 100% entre los porcentajes de humedad, proteína, fibra, grasa y cenizas.

De acuerdo con Amanta & Chicaiza (2024) por el porcentaje de carbohidratos se calcula con la siguiente ecuación:

(Ec. 22)

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Fibra} + \% \text{ Grasa} + \% \text{ Ceniza})$$

2.7.12.7 Materia seca (AOAC 925.10)

Para determinar la materia seca, se aplicó una diferencia entre la humedad, por medio de la siguiente ecuación (Moreno, 2020):

(Ec. 23)

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

2.7.12.8 Materia orgánica

López & Montatigse, (2014) menciona el método de determinación de la materia orgánica por calcinación LOI, se debe pesar 5g de muestra depositando en crisoles de porcelana, posteriormente secar por 24 horas en un horno eléctrico a una temperatura de 105°C, retirar del horno y colocar en el desecador para su posterior enfriamiento.

Pesar en la balanza analítica de precisión. Luego introducirlo en la mufla para calcinación MM10 a temperatura de 360°C durante 2 horas, después dejar en el desecador y pesar la muestra calcinada en la balanza analítica digital. Se utiliza la siguiente ecuación:

(Ec. 24)

$$\%MOS = \frac{\text{Peso a } 105^{\circ}C - \text{Peso a } 360^{\circ}C}{\text{Peso a } 105^{\circ}C} \times 100$$

2.7.12.9 Extracto libre de nitrógeno (ELN)

Flores (2023) menciona que el ELN es una medida indirecta de los carbohidratos solubles, digeribles presente en los alimentos. Se determina con la sumatoria de los porcentajes de humedad, fibra, proteína, grasa, ceniza, restando el total del 100%. Esta fracción no contiene ninguna celulosa, pero puede contener hemicelulosa, lignina. La fórmula que se aplica es:

(Ec. 25)

$$ELN = 100 - (\%humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína)$$

2.7.13 Determinación de las propiedades funcionales de la mejor corrida experimental

optimizada de harina precocida de almorta

Los análisis de las propiedades funcionales de la harina precocida se realizarán aplicando la siguiente metodología:

2.7.13.1 Índice de absorción de agua

Indica la capacidad de la harina para absorber agua, para calcular este índice se deberá pesar 2,5g de harina seca en un vaso de precipitación, agregar 25 ml de agua a temperatura ambiente, agitar por 30 minutos y dejar reposar. Colocar posteriormente en tubos de ensayo (el tubo de ensayo debe estar a 25°C), luego se centrifuga a 3000rpm durante 10 min (Alemán & Moreno, 2004). Se calcula con base en la cantidad de agua retenida por la harina y se aplica la siguiente ecuación:

(Ec. 26)

$$\%CCA = \frac{\text{peso del gel} - \text{peso sólido seco}}{\text{peso sólido seco}}$$

2.7.13.2 Índice de amasado

De la mezcla de harina y agua se obtendrá una masa viscosa, suave al tacto, es seco, sedoso y se extiende con facilidad como una membrana delgada. Este índice indica la calidad del gluten, capacidad de la harina para formar masas elásticas y resistentes (Vega, 2009).

2.7.13.3 Índice de amilasa

Se pesa 7g de la muestra, se coloca en un tubo de ensayo. Se mide en una probeta graduada 25 ml de agua destilada, verter el agua en el tubo de ensayo y agitar con ayuda de una varilla de vidrio por 10 segundos de manera vigorosa. Sumergir el tubo de ensayo en agua hirviendo (baño maría) por 60 segundos. Dejar caer la varilla de vidrio desde cierta altura y con un cronómetro medir el tiempo que tarda en llegar al fondo (Guil, 2015).

La interpretación del resultado obtenido se determina mediante la información presentada en la tabla 8.

Tabla 8. Interpretación de resultados

Tiempo de caída (s)	Actividad enzimática	Calidad de la harina	Riesgo del producto
>300 s	Baja	Harina estable	Bajo riesgo de pan puros
200-300 s	Moderada	Actividad enzimática controlada	Riesgo moderado
<200 s	Alta	Alta actividad enzimática	Textura pegajosa

Fuente: (Lescano, 2010)

2.7.13.4 Índice de gluten

Se determina la extracción, pesaje del gluten húmedo y seco. Se debe pesar 30g de la muestra, verter en el mortero de porcelana y agregar gota a gota 16.5 ml de solución NaCl, remover continuamente la harina con la espátula. Comprimir la mezcla con la espátula, cuidando de no perder nada de la harina y formar una bola de masa. Lavar a mano dejando caer un ligero chorro de agua sobre la bola de masa por un tiempo de 8 minutos aproximadamente, prensando la masa y retirando del chorro. Se puede considerar terminada la extracción del gluten cuando el agua del lavado no lleve almidón, lo que se comprueba usando una solución de yodo (Vega, 2009). Este índice ofrecerá una perspectiva sobre la calidad de las proteínas destacando su fortaleza en lugar de su cantidad.

2.7.13.5 Índice de viscosidad

Se pesa 10g de la muestra y colocar 100mL en una probeta graduada, agitar por 1 minuto, dejar reposar por 30 minutos. Medir el volumen de solidos sedimentados. A mayor sedimentación es baja la viscosidad (harina débil) y menor sedimentación es alta viscosidad (harina fuerte) (Alemán & Moreno, 2004). Los valores proximales del volumen de sedimentos se muestran en la tabla 9:

Tabla 9. *Valores proximales del volumen de sedimentos*

Volumen de sedimentos (mL)	Interpretación
>40mL	Harina débil, baja viscosidad
20-40 mL	Viscosidad media
<20mL	Harina fuerte, alta viscosidad

Fuente: (Alemán & Moreno, 2004)

2.7.13.6 Índice de retrogradación

Se cocina el gel del almidón y se refrigera a 4°C por 24 horas. Se analizará la etapa final del amasado, cuando la masa logra su máxima consistencia debido a la presencia de gel.

Se evalúa los cambios como: el endurecimiento indica retrogradación (alta en harinas con almidón tipo A) y método cualitativo cortar con cuchillo y comparar la resistencia del corte (Carichas, 2012).

2.7.14 Determinación de los análisis microbiológicos de la harina precocida de almorta de la corrida experimental optimizada

2.7.14.1 Determinación de Mohos. Recuento en placa por siembra profunda

De acuerdo con Muñoz & Orellana (2014), pesar 25g de la muestra, homogeneizar y colocar 225ml de agua pectonada al 0,1%. Colocar la muestra en la licuadora por 2 minutos hasta obtener una suspensión homogénea, en cada tubo de ensayo y cerrar las muestras con su respectiva tapa. Inocular el medio de cultivo dentro del rango de 20 minutos posterior a la preparación de las disoluciones, en el medio del cultivo colocar 1cc en el agar de 20cc agar fundido y templado, es importante que la mezcla debe ser sembrada en el inóculo del medio de cultivo.

Las placas deben reposar hasta que estas se solidifiquen, invertir las cajas e incubarlas a 25°C por 5 días, seleccionar las placas que presenten entre 10 y 150 colonias.

Se aplicará la siguiente ecuación:

(Ec. 27)

$$N = \frac{\text{número total de colonias contadas}}{\text{cantidad total de muestra sembrada}}$$

2.7.14.2 Determinación de Coliformes Totales NMP INEN 529-6

Según (INEN, 1990) este proceso consiste en esterilizar la pipeta y transferir 10cm³ de la dilución 10⁻¹ a un tubo que contenga 10cm³ de caldo verde brillante/bilis lactosa, tomar en cuenta que no debe transcurrir más de 15 minutos en preparar la dilución y la siembra. Preparar la muestra inóculo de 1g o cm³.

Preparar otra pipeta estéril de 1cm³ para transferir 10⁻¹ a un tubo de ensayo que contenga 10cm³ de caldo verde brillante/ bilis lactosa de simple concentración esta corresponde a 0,1g o cm³ de la muestra. Con una nueva pipeta estéril transferir 1cm³ de la dilución 10⁻² a otro tubo que contenga 10cm³ de caldo verde brillante/ bilis lactosa que va a corresponder a 0,01g o cm³ de la muestra. Incubar los tubos por 24 horas a 30-35°C, en caso de mantenerlos en refrigeración incubarlos por 24 horas más, al terminar la incubación anotar la dilución más alta que presente gas: Este es la presencia o indicador de la cantidad detectada de bacterias coliformes.

2.7.14.3 Determinación de Salmonella

Para determinar la presencia o ausencia de *Salmonella* de acuerdo con Moreno (2020), por medio del cultivo *Shigella* agar, este cultivo permite el aislamiento de la *Salmonella spp.* a partir de alimentos. En este medio la cluripeptona y el extracto determinado a proporcionar alimento para el desarrollo microbiano.

El verde brillante inhibe en el desarrollo de las bacterias Gram positivas, el proceso a aplicarse es el siguiente, preparar 60g de la muestra en 1 litro de agua purificada, dejar reposar por 5 minutos y mezclar hasta homogeneizarse. Posteriormente calentar la dilución con agitación frecuente y llevar a ebullición durante 1 minuto. No esterilizar en autoclave. Las cajas Petri dejarlas enfriar y distribuir el medio de cultivo, debe tener una temperatura de 2 a 8°C. sembrar estriando directamente la superficie del medio de cultivo e incubar en aerobiosis a 37°C por 24 horas.

2.8 Validación de las preguntas científicas o hipótesis

2.8.1 Hipótesis nula

H0: El tiempo y temperatura de precocción del grano de almorta no influye en las propiedades fisicoquímicas de la harina precocida.

2.8.2 Hipótesis alternativa

H1: El tiempo y temperatura de precocción del grano de almorta influye en las propiedades fisicoquímicas de la harina precocida.

2.8.3 Validación de la hipótesis

En constancia a la investigación realizada aplicando el diseño experimental de superficie respuesta, utilizando el programa Desing Expert Trial, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, dado que el tiempo y temperatura influye en las propiedades fisicoquímicas de la harina precocida de almorta, de manera significativa.

2.9 Diseño Experimental

En esta investigación se aplicó un Diseño Experimental de Superficie Respuesta (MSR), esta metodología definida como un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a moldear, analizar problemas en el cual una variable respuesta de interés esta influenciada por múltiples variables independientes. El objetivo primordial consiste en optimizar la respuesta de interés por la identificación de los valores óptimos de los factores implicados (Nóchez & Ventura, 2009).

Tonato (2019) destaca que el modelo matemático que se aplica en este tipo de diseño es el siguiente:

$$\eta = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (\text{Ec. 28})$$

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \varepsilon \quad (\text{Ec. 29})$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon \quad (\text{Ec. 30})$$

Una de las formas más sencillas de superficie de respuesta es dada por la linealidad de primer orden, donde “ε” es el error experimental, indicado en ecuación (28), (29) y (30). Donde x_1, x_2, \dots, x_k son las variables independientes y $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ son los parámetros de regresión de la superficie estimada a partir de los datos experimentales. Los modelos codificados se expresan: 0 representa el nivel central o promedio del rango experimental: -1 representa el nivel bajo del rango, +1 representa el nivel alto del rango, es decir:

- T bajo °C → codificado como -1

- T intermedio °C → codificado como 0 (nivel central)
- T alta °C → codificado como +1

Para ello se utilizó el Software Design-Expert 8.0.7.1. Trial, para el desarrollo del diseño experimental se aplicó el modelo de optimización numérica mediante un diseño de superficie respuesta IV óptimo para la determinación de las corridas experimentales, así como la optimización de los parámetros. Evaluando dos factores como variables: temperatura (110, 115, 120 °C) y el tiempo (10, 20, 30 min) de precocción.

En la tabla 10 se detalla el diseño experimental aplicado. Este Software facilitó la evaluación de los factores se obtuvo 16 corridas. El objetivo será analizar la solubilidad y contenido proteico de la harina precocida de almorta. Se tomó en cuenta dos factores como variables: temperatura y el tiempo de precocción.

Tabla 10. Descripción del diseño experimental

Detalle	Unidad de Medida	Tipo	Valor Mínimo	Valor Intermedio	Valor Máximo
Temperatura	°C	Numérico	110	115	120
Tiempo	Min	Numérico	10	20	30

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

2.9.1 Cuadro de variables

Las variables que se evaluaron del proyecto de investigación de la caracterización de la harina precocida de almorta se muestran en el siguiente cuadro, donde se describe los parámetros, indicadores estudiados.

Las variables de estudio del diseño experimental se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Cuadro de variables de estudio del diseño experimental

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	UM
Harina precocida de almorta	Temperatura y Tiempo de Precocción	Densidad aparente	%
		Densidad compactada	%
		Índice de Hausner	%
		Ángulo de reposo	%
		Índice de solubilidad	%
		Contenido proteico	%

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

2.9.2 Factores de estudio para los parámetros y análisis de la mejor corrida experimental optimizada

Tabla 12. *Análisis nutricional de la mejor corrida experimental*

Análisis	UM
Humedad total	%
Proteína	%
Grasa	%
Fibra	%
Ceniza	%
Carbohidratos	%
Materia seca	%
Materia orgánica	%
ELN	%

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Tabla 13. *Cuadro de parámetros funcionales a la mejor corrida experimental óptima*

Parámetro	UM
Índice de absorción de agua	%
Índice de amasado	%
Índice de amilasa	%
Índice de gluten	%
Índice de viscosidad	%
Índice de retrogradación	%

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Tabla 14. *Análisis microbiológica de mejor corrida experimental*

Análisis	UM
REP Mohos	UFC/g
Coliformes, NMP	UFC/g
<i>Salmonella</i>	UFC/25g

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

2.9.3 Cuadro de combinación para las corridas experimentales de diseño experimental de la harina precocida de almorta.

En la tabla 15 se muestra las corridas experimentales con sus respectivos parámetros de estudio (tiempo y temperatura) que permitieron la identificación de las variables respuesta: solubilidad y contenido de proteína en la harina precocida de almorta.

Tabla 15. *Descripción de las combinaciones experimentales de la harina precocida de almorta.*

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	115	10
2	120	10
3	115	20
4	120	20
5	115	20
6	120	30
7	110	30
8	115	20
9	120	20
10	115	30
11	115	20
12	110	10
13	115	30
14	110	20
15	110	20
16	110	10

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

2.10 Análisis y discusión de resultados

2.10.1 Características del grano seco de Almorta en función a parámetros fisicoquímicos

En la tabla 16 muestra los análisis proximales del grano de almorta en estado seco:

Tabla 16. Resultados fisicoquímicos de grano de almorta

Parámetro	(% m/m)
Humedad	13,19
Proteína	22,80
Grasa	1,17
Fibra	8,57
Ceniza	2,91
Carbohidratos	51,36

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

En la siguiente tabla 17 se demuestra un análisis comparativo con otros estudios de granos.

Tabla 17. Comparación de análisis proximales de otros estudios

Parámetro (% m/m)	Otros estudios			
	Grano de almorta (Calero & Pacheco, 2024)	Cebada (RITA) (Pila & Sigcha, 2024)	Amaranto (Tipantuña, 2024)	Quinoa (INIAP Excelencia) (Amanta & Chicaiza, 2024)
Humedad	10,92	11,50	12,05	10,98
Proteína	28,01	9,18	17,70	17,83
Grasa	1,72	1,29	6,92	6,11
Fibra	9,38	4,82	1,97	6,47
Ceniza	2,32	1,56	2,75	2,34
Carbohidratos	47,65	71,65	58,61	56,27

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Los análisis proximales del grano de almorta evidenciaron resultados similares con los reportados por Calero & Pacheco (2024) siendo la única diferencia significativa en el contenido de proteína, con un valor superior al reportado por el presente estudio.

Respecto a los cereales, Pila & Sigcha (2024) el grano de cebada de la variedad RITA evidenciando un contenido más bajo de proteína que las leguminosas, pero niveles más altos de carbohidratos, con similitudes en los demás parámetros analizados.

En cuanto a los pseudocereales, como el amaranto, estudio realizado por Tipantuña (2024), y el estudio realizado por Amanta & Chicaiza (2024), en la quinua variedad INIAP Excelencia, se

evidenció un mayor contenido de carbohidratos y grasa, con un contenido de proteína inferior al reportado en el presente estudio.

Desde el punto de vista de Zuleta (2013) y Alvarado (2022), los resultados de los análisis proximales del grano de almorta al compararse con previas investigaciones aplicadas a leguminosas y pseudocereales por diversos autores; los valores representan índices bajos de divergencia entre los resultados de los estudios. Esto podría deberse a varios factores como: variedad del grano, tipo de grano, condiciones climáticas o proceso y metodología de análisis aplicadas.

2.10.2 Características físicas de las harinas precocidas de almorta de las distintas corridas

En la tabla 18 se muestra los valores de la densidad compactada, densidad aparente, índice de Hausner y ángulo de reposo de la harina precocida de almorta.

Tabla 18. *Análisis físicos de la harina precocida de almorta*

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Densidad Aparente (g/ml)	Densidad Compactada (g/ml)	Índice de Hausner	Ángulo de reposo (°)
1	115	30	0,69	0,58	1,07	38,09
2	115	20	0,7	0,63	1,16	37,6
3	110	10	0,68	0,56	1,29	45,35
4	110	20	0,65	0,55	1,27	41,4
5	120	30	0,45	0,44	1,19	43,45
6	120	10	0,56	0,46	1,22	41,95
7	115	30	0,68	0,63	1,06	36,09
8	115	20	0,71	0,62	1,18	36,75
9	110	30	0,73	0,59	1,11	38,39
10	115	30	0,65	0,65	1,18	37,25
11	115	20	0,67	0,63	1,26	38,32
12	120	10	0,52	0,45	1,22	40,58
13	115	10	0,69	0,66	1,15	36,25
14	120	20	0,42	0,48	1,26	41,56
15	110	20	0,75	0,51	1,29	38,27
16	120	10	0,6	0,5	1,22	42,68

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Se presentan los parámetros físicos, datos obtenidos del análisis de las harinas precocidas de almorta de las distintas corridas. En el índice de Hausner se registró un rango de 1,06-1,29 indicando un rango desde “Cohesividad Muy Baja” hasta “Cohesividad Moderada”. En el ángulo de reposo se reportó valores comprendidos de 36,09°- 45,35°, indicando propiedades del flujo que presenta la harina, rango que identifica “baja fluidez” de las corridas experimentales

De manera similar en el estudio presentado por (Moreno, 2016) se realizaron análisis físicos a distintas harinas, la harina de trigo registro un índice de Hausner de 1,46 con un ángulo de reposo de 60°, indicando una menor fluidez. La harina de maíz presentó un índice de Hausner de 1,32 y un ángulo de reposo 53,7°, mostrando un flujo intermedio, la harina de frijol reportó un índice de Hausner de 1,10 y un ángulo de reposo 46°, y mientras la harina de almidón indicó un índice de Hausner de 1,29 y con un ángulo de reposo de 57,3°, teniendo características similares al del maíz. Los análisis físicos de las harinas precocidas de diferentes cereales y pseudocereales andinos revelan variaciones significativas en sus propiedades de flujo de la harina. La variedad de cebada RITA presentó índices de Hausner entre 1,30-1,39, siendo inferior ligeramente en comparación con la variedad de cebada INIAP Cañipaca 2003 (1,37-1,48), los ángulos de reposo fueron valores similares entre ambas variedades (10,43°-13,99°). En la harina precocida de quinoa la variedad INIAP Excelencia mostró mejores características físicas del flujo con un índice de Hausner de 1,39 y ángulo de reposo de 13,79°, mientras que la otra variedad INIAP Tunkahuan registró un valor de 1,57 y 16,32°. Estos resultados indican que la variedad INIAP Excelencia presentó mayor fluidez y menor cohesividad.

La harina precocida de amaranto demostró consistencia entre las corridas experimentales, con índices de Hausner de 1,365-1,370 y ángulos de reposo de 13,96°-14,41°.

En comparación con los resultados reportados por (Figueroa, 2024), datos obtenidos de una solución aglutinante registró valores de índice de Hausner del 1,06 calificado como “Excelente” y con ángulo de reposo del 6,48 validado como “Excelente”.

Los análisis obtenidos por García & Navarro (2022) el ángulo de reposo de la muestra alcanza el punto máximo en el punto central con un diámetro 250um, disminuyendo de manera gradual hacia la periferia. Estas características permitieron la clasificación del material como “bueno” en términos de fluidez, sin embargo, el índice de Hausner registrado fue menor del 1,2 indicando una “cohesividad baja”, característica favorable para el flujo de la harina.

Al comparar los resultados obtenidos de harina de la almorta con los autores mencionados, los valores del índice de Hausner y ángulo de reposo obtenidos de las 16 corridas experimentales, se encuentran dentro del rango marcado por los investigadores, los parámetros presentados por Figueroa (2024) muestran que en el rango calificado como “Aceptables” se encuentran valores desde 1,00 hasta 1,34 y 1,35 en adelante son considerados “Muy Escasos”.

2.10.3 Optimización de proteína y solubilidad de la harina precocida de almorta

En la tabla 19 se presenta las distintas corridas y el modelo experimental de MSR, considerado el contenido de solubilidad y proteico de la harina precocida.

Tabla 19. Valores de solubilidad y proteína de las corridas experimentales de la harina precocida de almorta.

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (Min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)
1	120	10	27,72	25,09
2	120	20	28,75	24,4
3	115	30	29,85	25,89
4	115	20	28,91	25,69
5	110	10	28,11	25,13
6	115	20	28,34	25,29
7	120	10	28,17	25,09
8	115	10	28,11	25,87
9	110	20	29,15	26,05
10	110	30	30,01	25,94
11	110	20	29,25	25,81
12	115	20	28,9	25,68
13	115	30	30,03	25,9
14	120	20	28,65	25,45
15	120	30	29,16	24,41
16	115	20	28,98	25,68

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Los resultados expuestos en la tabla 16 muestran los valores de solubilidad y proteína de las 16 corridas experimentales, observando que las diferentes combinaciones de temperatura y tiempo de precocción influye de manera significativa en el contenido proteico de la harina. |

La solubilidad obtenida de 30,03% se registró a una temperatura de 115°C durante un tiempo de 30 minutos, afirmando que las combinaciones de los factores de temperatura intermedia y un tiempo alto hacen que la harina tenga una buena capacidad de solubilizarse.

En los resultados de solubilidad en dos harinas precocidas de pseudocereales, amaranto y quinoa, el amaranto registró una solubilidad baja de 4,23% a una temperatura de 110°C por 10 min, mientras que la solubilidad más alta 8,24% se evidenció a una temperatura máxima de 120°C y 30 min durante el proceso de precocción. La harina precocida de quinoa de la variedad Tunkahuan a 110°C durante 10 min del proceso de precocción registra una solubilidad de 8,67%, mientras que la variedad la Excelencia a la mismas condiciones presenta 9,49% de solubilidad.

Los resultados de solubilidad para el caso de dos variedades de cebada RITA e INIAP-Cañipaca 2003, presentó para la primera 6,61% y para la segunda 6,63% estos dos valores fueron obtenidos en condiciones iguales, es decir, a 110°C por un tiempo de 30 minutos.

El porcentaje de solubilidad en agua presente en las harinas procedentes de leguminosas tiene un mínimo y máximo de valores. De acuerdo con Caiza (2019), valores reportados del mínimo es del 16,8% con un máximo del 80%, presentes en las harinas de leguminosas como la habichuela, haba pallar, frejol. Validando los datos obtenidos presentados en la tabla 16 de las 16 corridas experimentales.

El mayor contenido de proteína se reflejó bajo los factores de 110 °C por 20 min obteniendo 26,05%, bajo la combinación de tiempo intermedio y temperatura baja, favoreció la preservación del valor proteico presente de la harina.

En el caso de la harina del pseudocereal (amaranto), a bajas temperaturas se preserva mejor el valor proteico, con una temperatura de 110°C por 10 min se alcanza un contenido proteico de 15,34%. De la misma manera en la quinoa de las dos variedades Tunkahuan y Excelencia se reveló el mayor valor proteico al mismo rango de condiciones, siendo para la variedad Tunkahua 11,55% y para la variedad Excelencia 14,01%.

Para los cereales, en el caso de las dos variedades de cebada se estableció la corrida óptima a 110°C durante 30 minutos, presentando un contenido preteico de 6,59% en la variedad RITA, por otro la variedad INIAP-Cañicapa indicó 9,50% en proteína.

Con los datos presentados y comparados con los valores obtenidos de los autores, estos presentan similitudes en condiciones de temperatura y tiempo para la corrida óptima, el grano de almorta se aplica un proceso de precocción de un tiempo prolongado en conjunto con una baja temperatura permite preservar de excelente manera el contenido de proteína.

2.10.4 Parámetros del modelo codificado para solubilidad variedad almorta

En la tabla 20 se muestra el modelo codificado, en el cual se obtiene un modelo cuadrático del ajuste de la ecuación matemática de las variables independientes.

Tabla 20. Modelo codificado de solubilidad de la almorta

Indicador	Modelo codificado
Intercepción	28,90
X_{TP}	-0,24
X_{PP}	0,84
R^2	0,9000
R^2 ajustado	0,8846
F modelo	58,61
F falta de ajuste	0,055

TP: Temperatura de precocción

PP: Tiempo de precocción

*Valor significativo para $p \leq 0,001$.

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

La tabla presenta un modelo matemático en el cual se describe el comportamiento de la solubilidad de la almorta en función de los parámetros de precocción. El modelo revela que la intercepción (28,90) representa el valor de solubilidad base cuando la temperatura como el tiempo de precocción están en el punto central. Los coeficientes revelan la existencia de una relación inversa entre la temperatura de precocción y la solubilidad ($X_{TP} = -0,24$), indicando que temperaturas elevadas reducen la solubilidad por la desnaturalización de las proteínas, mientras que el tiempo de precocción presenta una relación directa ($X_{PP} = 0,84$) lo que sugiere que los periodos prolongados favorecen la liberación de los componentes solubles. La estadística del modelo se confirma mediante múltiples indicadores de calidad: coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9000$) evidenciando el 90% de la variabilidad total en la solubilidad, respaldando por el (R^2 ajustado = 0,8846) que descarta el sobreajuste, mientras que el valor altamente significativo de la prueba del F modelo (58,61, $p \leq 0,001$) confirma que las variables incluidas tienen un efecto estadístico

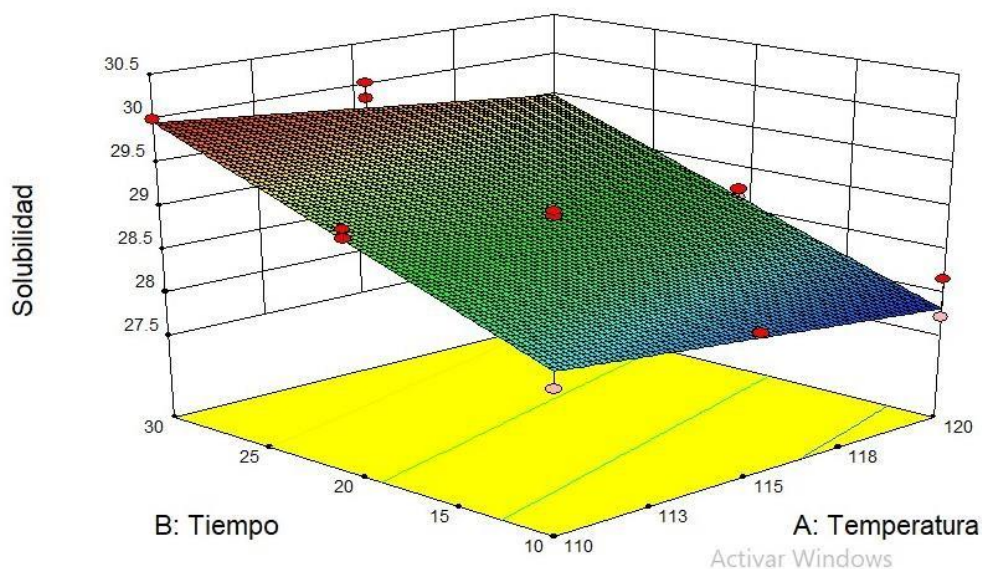
relevante, bajo el valor de la F de falta de ajuste (0,055), validando el modelo se adapta de manera adecuada a los datos experimentales.

El tiempo de precocción surge como el factor con mayor influencia positiva sobre la solubilidad de la harina de almorta, mientras la temperatura ejerce un efecto negativo menor, estableciendo que la optimización del proceso requiere temperaturas moderadas combinadas con un tiempo de precocción prolongados, proporcionando información crucial para el desarrollo de la harina precocida con propiedades funcionales óptimas.

2.10.5 Modelo tridimensional de solubilidad

La figura 16 presenta el modelo codificado de solubilidad de la harina precocida de almorta, en el cual se indica el efecto conjunto del tiempo y temperatura del proceso de precocción sobre la solubilidad.

Figura 16. *Parámetros del modelo tridimensional de solubilidad de la almorta*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Se observa el modelo tridimensional de solubilidad de la harina precocida de almorta mediante una representación gráfica 3D de superficie respuesta, se visualiza de manera integral la interacción entre la temperatura (eje A, rango 110-120°C) y el tiempo de precocción (eje B, rango 10-30min) afecta la solubilidad de la almorta (eje vertical, rango 27,5-30,05%), el punto de intercepto es del 28,90 en las temperaturas de 115°C por 20min, complementando y a su vez validando los resultados del modelo estadístico previamente analizado, la superficie presenta una pendiente descendente en dirección del aumento de temperatura, mostrando que a mayor

temperatura la solubilidad tiende a disminuir ligeramente, mientras al aumentar el tiempo de precocción la solubilidad incrementa, reflejando un efecto positivo del tiempo sobre la solubilidad. Los puntos rojos distribuidos sobre la superficie representan los datos experimentales reales utilizados para construir el modelo, su ubicación sobre la superficie confirma la excelente capacidad predictiva del modelo ($R^2=0,9000$), evidenciando el diseño experimental adecuado que cubre apropiadamente el espacio factorial evaluado. La grafica revela las condiciones óptimas de solubilidad se encuentra en la región que combina temperaturas moderadas (110-115°C) con tiempos de precocción prolongados de 10-15 min, donde la superficie alcanza sus valores máximos reflejados con tonos verdes intensos, mientras las condiciones menos favorables corresponden a la combinación de altas temperaturas (118-120°C) con tiempos cortos de 10-15 minutos, proporcionando una herramienta practica para la optimización del proceso que permite identificar visualmente las combinaciones de parámetros que maximizan la solubilidad de la harina.

2.10.6 Parámetros del modelo codificado de proteína para la variedad de almorta

La tabla 21 expone los parámetros del modelo codificado de contenido de proteína en la harina precocida de almorta, tomando en cuenta como variables independientes la temperatura y el tiempo de precocción analizando cómo estas actúan sobre en el contenido de proteína.

Tabla 21. *Modelo codificado de proteína*

Indicador	Modelo codificado
Intercepción	25,65
X_{TP}	-0,55
X_{PP}	0,028
$X_{TPX_{PP}}$	-0,37
X_{TP^2}	-0,59
X_{PP^2}	0,15
R^2	0,9020
R^2 ajustado	0,8530
F modelo	18,40
F falta de ajuste	5,49

TP: Temperatura de precocción

PP: Tiempo de precocción

*Valor significativo para $p \leq 0,001$.

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

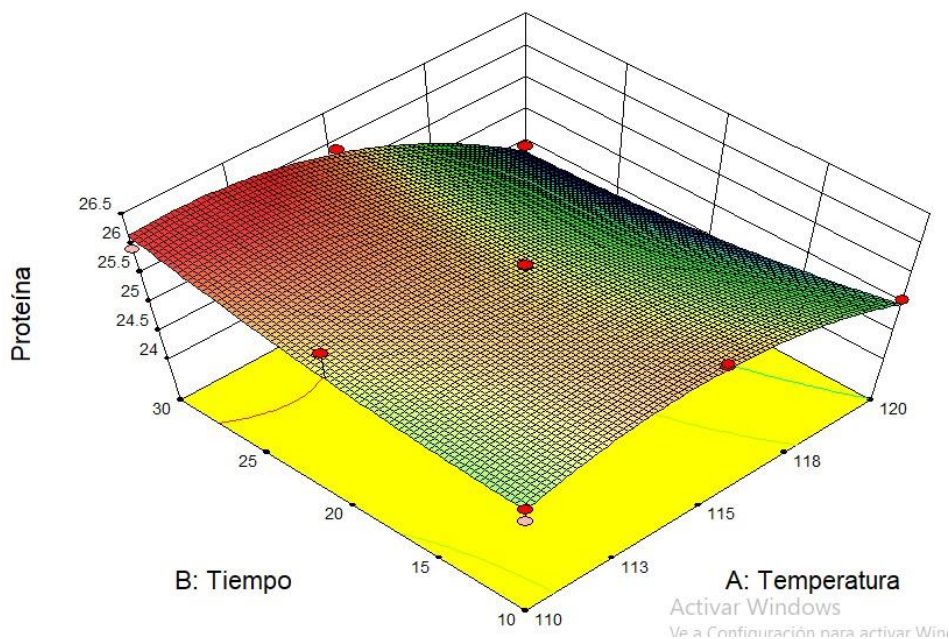
En el modelo cuadrático matemático de segundo grado presenta el comportamiento del contenido de proteína de la almorta en función de los parámetros de precocción. El modelo muestra como

intercepto un valor de 25,65 expresando el contenido de proteína esperado cuando las dos variables independientes se encuentran en sus niveles codificados centrales, por otro lado, los efectos lineales muestran que la temperatura ($XTP=0,55$) ejerce de manera negativo significativo sobre el contenido proteico debido a la desnaturalización térmica en contraste con el tiempo de precocción ($XPP= 0,028$) que presenta un efecto positivo mínimo. Los términos cuadráticos ($XTP^2 =0,37$) intensifica la pérdida de proteína a temperaturas altas, mientras que el tiempo cuadrático ($XPP^2=0,59$), indicando los periodos excesivamente prolongados también afectan de manera negativa al contenido de proteína. Además, se complementa por una interacción sinérgica positiva ($XTPXPP= 0,15$) entre ambos factores. La estadística del modelo se confirma mediante un coeficiente de ($R^2 = 0,9020$) que es el 90,20% de la variabilidad en el contenido proteico, respaldado por un (R^2 ajustado= 0,8530) y un F modelo = 18,40 que valida la significancia del conjunto, aunque el valor de F de falta de ajuste =5,49 sugiere limitación en la captura completa del comportamiento proteico. Estos resultados indican que la optimización para maximizar la retención de proteína de la harina precocida de almorta requiere temperaturas moderadas y tiempos de precocción controlados.

2.10.7 Modelo tridimensional de proteína

En la figura 17 se mostró la imagen de superficie respuesta tridimensional que indicó la relación entre el valor proteico y sus variables independientes de tiempo y temperatura del proceso de precocción.

Figura 17. *Parámetros del modelo tridimensional de proteína de la almorta*



Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

El modelo tridimensional se ajustó a los datos, evidenciando las condiciones óptimas que permiten el favorecimiento la corrida experimental óptima de la harina de almorta, evidenciando 25,65 de intercepto en los puntos de 115°C en un tiempo de 20 minutos. La superficie se muestra inclinada curvada, con múltiples regiones de máximos y mínimos locales, validando los efectos cuadráticos e interacciones entre variables que distinguen este modelo del comportamiento lineal, se observa las zonas con mayor contenido proteico representadas por tonos rojos y verdes intensos, con valores superiores a 26%, se concentran en las regiones de temperaturas moderadas (110-120°C) por tiempos moderados de 15-20min, condiciones extremas tanto temperatura y tiempo prolongados, así como baja temperatura con tiempos cortos resultan menor contenido de proteína con tonos amarillos, respecto a valores inferiores a 25%. Los puntos rojos representan los datos experimentales que validan el modelo ($R^2 = 0,9020$), donde las temperaturas excesivamente altas como los tiempos extremos comprometen la retención de proteína.

2.10.8 Optimización de la temperatura y tiempo de precocción en función de los índices de solubilidad y al contenido de proteína

Las condiciones óptimas para la optimización de los factores evaluados se establecen a una temperatura de 110°C por 30min, prediciendo una solubilidad de 29,969% y con un contenido de proteína del 26,04%, representando como la mejor corrida obtenida de las 16 corridas experimentales como se presenta en la tabla 22.

Tabla 22. Modelo predictivo para la optimización de condiciones de temperatura y tiempo de precocción de la harina

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)	Deseabilidad
110	30	29,969	26,0439	0,987

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Las óptimas condiciones para los factores evaluados determinaron a una temperatura de 110°C con un tiempo de 30 minutos, se predice una solubilidad de 29,96 % y contenido proteico de 26,04%, se estableció como la mejor corrida experimental alcanzado de las 16 corridas experimentales analizadas. El resultado de deseabilidad del 0,987 nos indica que cuanto más cercano este a 1 el proceso fue realizado correctamente aceptando que las condiciones establecidas en la corrida experimental fueron las óptimas, dado que, están dentro de los parámetros establecidos en la investigación.

En la presente tabla 23 se muestran los resultados obtenidos de índice de solubilidad y contenido de proteína que se registraron en harinas crudas, harinas precocidas y harinas obtenidas aplicando un proceso de tostado bajo condiciones de tiempo y temperatura de tostado.

Tabla 23. Estudio comparativo de resultados de solubilidad y proteína en distintas harinas crudas, harinas precocidas y harinas por proceso de tostado

Muestras	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Solubilidad (%)	Proteína (%)	Referencia
Harina cruda de camote	-	-	11,10	11,63	(Techeira et al., 2014)
Harina cruda de ñame	-	-	6,36	8,42	
Harina precocida de almorta	110	30	29,96	26,04	Presente estudio
Haina precocida de Amaranto	115	25	6,91	13,38	(Tipantuña, 2024)
Harina precocida de Quinoa (INIAP Excelencia)	110	10	9,49	14,01	(Amanta & Chicaiza, 2024)
Harina por proceso de tostado de cebada	220	25	23,61	-	
Harina por	Rubio (2021)	proceso de	190 25 6,64	-	tostado de haba

**Harina por
proceso de 194 14 4,68 - tostado de arveja**

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

En las harinas crudas de camote y ñame estudio realizado por (Techeira et al., 2014) muestra un registro de contenido de proteína significativamente bajo en relación a la harina precocida de almorta, esto podría atribuirse al tipo de alimento, ya que las muestras fueron de tubérculos, la solubilidad que presentan estos dos tubérculos, el camote y ñame se encuentran dentro de un rango de valores similares a la solubilidad del presente estudio analizado.

En la harina precocida de amaranto empleó factores de temperaturas y tiempos, así mismo en la harina precocida de quinoa de la variedad Excelencia, sin embargo, el valor proteico, solubilidad es bajo en comparación al de la almorta, esto se debe al tipo de grano, ya que los pseudocereales presentan diferentes características a comparación de una leguminosa.

De acuerdo con los antecedentes descritos los factores óptimos en la presente investigación confirman la confiabilidad de las condiciones establecidas (110 °C-30 min) para el proceso de precocción de la harina precocida de la almorta.

Conforme a los datos evaluados por Rubio (2021), el proceso de tostado incrementó significativamente en los tres granos evaluados, aumentando desde 2,45% hasta 23,61%, los granos de cebada requirieron condiciones más intensas para optimizar la solubilidad, con temperaturas elevadas de 200°C por 20-40 minutos. En este contraste. Las arvejas y habas alcanzan mayor solubilidad a temperaturas moderadas de 110°C-200°C con tiempos más cortos de 10 a 14 minutos.

2.10.9 Características nutricionales de la harina precocida de almorta

En la tabla 24 se presenta las características nutricionales presentes en la harina precocida de almorta.

Tabla 24. *Optimización de la harina precocida de almorta*

Parámetro	(% m/m)
Humedad	8,95
Proteína	27,48
Fibra	13,71

Grasa	1,21
Ceniza	2,41
Carbohidratos	46,24
Materia seca	91,05
Materia orgánica	89,84
ELN	47,44

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

En la tabla 25 que se presenta a continuación se aprecia una evaluación comparativa con otros estudios de harinas precocidas.

Tabla 25. *Evaluación comparativa con otras harinas precocidas*

Parámetro (% m/m)	Harina precocida de maíz		Harinas precocidas de otros estudios		
	Según la norma (INEN 1 737 1990-10)		Cebada (RITA) (Pila & Sigcha, 2024)	Amaranto (Tipantuña, 2024)	Quinoa (INIAP Excelencia) (Amanta & Chicaiza, 2024)
	Límite mínimo	Límite máximo			
Humedad	-	13,5	7,62	2,75	1,98
Proteína	7,0*	-	11,09	18,03	17,38
Fibra	-	-	4,99	2,11	6,47
Grasa	-	2,0*	1,35	-	6,11
Ceniza	-	1,0*	1,74	3,23	2,34
Carbohidratos	-	-	73,21	63,93	56,27

Materia seca	92,38	97,25	98,02
Materia orgánica	98,26	96,77	97,66
ELN	73,14	73,61	65,71

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

Los resultados presentados en la tabla 25 muestran el valor nutricional de la harina precocida de almorta. De acuerdo con la Norma (INEN 1 737 1990-10) indicado en la tabla 25 los rangos máximos de humedad 13,5%, 1,0*% de ceniza, 2,0*% de grasa, proteína sin límite. Al comparar los valores obtenidos con los parámetros de la norma, el contenido de humedad 8,95%, cumple de satisfactoriamente el límite máximo con un porcentual de 4,55 puntos por debajo del término establecido, indicando un adecuado control de almacenamiento y deshidratado. Para cenizas 2,41%, supera el rango máximo, desde un panorama nutricional este es ventajoso aportando un mayor contenido de mineral. El contenido de grasa de 1,2%, cumple con el rango de normativa, sin embargo, revela un bajo contenido lipídico. El contenido proteico 27,48%, supera ampliamente el valor mínimo, posicionándola como fuente nutricional altamente favorable. En el caso de fibra 13,71%, no es especificada en la norma como requisito, pero su alto contenido de fibra contribuye un valor agregado significativo del producto y los carbohidratos 46,24% indica que es una fuente de energía, estas características lo vuelven adecuado para diversas aplicaciones en la industria alimentaria como productos funcionales, alimentos saludables.

Además, al comparar con otros estudios el valor nutricional que presenta la harina de almorta es similar en contenido materia seca con la cebada Rita,

Al comparar los resultados con el valor nutricional de la corrida óptima, la harina precocida de almorta resalta su mayor contenido de proteína, fibra y ceniza en relación con otras harinas. En cuanto a grasa, carbohidratos y humedad, presenta valores similares. En particular, el contenido proteico de la harina de almorta es superior al de las demás harinas evaluadas.

2.10.10 Parámetros funcionales de la harina precocida de almorta

Los resultados que se obtuvieron de las características funcionales de la harina óptima se muestran en la siguiente tabla 26:

Tabla 26. Resultados de los parámetros funcionales de la harina óptima de almorta

Índice de absorción de agua	Amasado	Gluten	Viscosidad	Amilasa	Retrogradación
------------------------------------	----------------	---------------	-------------------	----------------	-----------------------

16,0367%	Masa sin elasticidad	0%	70ml	480s	Presencia de almidón resistente
----------	----------------------	----	------	------	---------------------------------

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

La harina de trigo tiene una capacidad de hidratación del 55-62%, pero en algunos casos las harinas con alto contenido de gluten tienden a valores del 65-66%, en el caso de las harinas integrales de trigo son del 20 a 30%, esto se debe al almidón dañado ejerce una influencia más fuerte en la absorción de agua (Rezette et al., 2025).

Sangronis et al., (2004), reportó un capacidad de absorción de agua de la harina de granos crudos de frijol blanco (*P. vulgaris*) y guandul (*C. cajan*) fue de 66%. El valor reportado de índice de absorción de agua de la harina de almorta fue del 16,04%, indicando que por cada 100g de harina se debe incorporar 16 g de agua, por ende, no es adecuada para panificación, la textura de las masas puede ser más secas y menos hidratadas.

La viscosidad reportada fue de 70 mL de sólidos sedimentados de la harina de almorta, indicando una viscosidad baja, implicando que las suspensiones de la harina tienden a sedimentarse más y formar menos gel. Kligler, (2020), determinó el valor de los sedimentos de la mezcla de harina de trigo por el método de Zeleny, en cual se demostró valores bajos de sedimentación.

La actividad de amilasa es relativamente baja, por ende, la masa es menos cohesiva y no es apta para productos de panificación. De acuerdo con Leitgeb et al. (2022), la harina de trigo destinada para la panificación debe tener valor de amilasa expresado en tiempo (s) de 300 a 400s, esto es crucial para la fermentación del pan, al descomponer el almidón en azúcares.

La harina de almorta no presenta gluten, por ende, las propiedades del amasado no son adecuadas para productos destinado a panificación, porque la masa no porta elasticidad y esta se fragmenta durante el procesos del mismo. Sacón et al., (2016), indicó la reología de la harinas de camote y trigo en la elaboración de pan, mostrando los resultados óptimos que debe tener la harina para un producto de panificación por medio de una sustitución parcial, indicando un índice de absorción de agua en las harinas de trigo precocidas del 4,09%, índice de amilasa de 1,49 (indicando una baja actividad amilásica y daño al almidón), se debe tener un índice de amasado del 1,15, los valores deben entrar en el rango de 8-9 para viscosidad y para retrogradación el valor debe de ser del 2,16 para el aumento de la vida útil.

Con los datos reportados la harina precocida de almorta se deduce que esta no es apta para panificación debido que no cumple los parámetros similares a la harina de trigo, sin embargo, por

el alto contenido proteico presente en la harina se puede considerar en elaborar un producto bajo una sustitución parcial con otros cereales y presenten un alto valor proteico cumpliendo las características que se debe tener para ser apto para productos panificados.

2.10.11 Características microbiológicas de la harina precocida de almorta

Tabla 27. Resultados microbiológicos de la harina precocida de almorta

Parámetro/ Unidad	Resultados	VLP
Coliformes NMP, UFC/g	2,3	<10 ³
Salmonella en 25 g	Ausencia	Ausencia
Mohos y levaduras UFC/g	Ausencia	<10000

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

La tabla 22 especifica los límites de los valores planteadas por la Norma Ecuatoriana INEN 1 737: 1 990, bajo los resultados expuestos se determinó la ausencia de *Salmonella*, mohos y levaduras de la muestra óptima de la harina precocida de almorta, cumpliendo con lo estipulado por la Norma. Sin embargo, presenta un 2,3 UFC/g de Coliformes NMP, de acuerdo con INEN el rango máximo del 10 UFC/g, el resultado está dentro del rango permitido entre mínimos y máximos, a pesar de ser detectable está por debajo del límite máximo en una zona aceptable. La harina precocida de almorta cumple significativamente los requisitos de la normativa, mostrando el control sanitario de la manipulación durante el proceso de obtención de la harina, calidad e inocuidad del producto final.

3 IMPACTO TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL O ECONÓMICOS

3.1 Impacto social

Al incentivar la utilización de la almorta como materia prima para la elaboración de productos con valor agregado como lo es la harina precocida, promueve la participación tanto de grandes como de pequeños sectores dedicados a la agricultura mediante el incremento de la producción de esta leguminosa, fortaleciendo así la economía rural e impulsando a generar nuevas oportunidades de desarrollo de productos con el uso de ingredientes tradicionales y de fácil acceso para los productores locales

3.2 Impacto técnico

El proyecto permite el desarrollo e innovación de un producto alimenticio mediante la optimización de procesos que podrían ser aplicados en pequeñas industrias alimentarias rescatando el alto contenido nutricional que aporta la harina precocida de almorta, con alto contenido proteico y fibra, esta leguminosa permite el desarrollo de una diversidad de productos agroindustriales que satisfacen las necesidades de los consumidores llegando a ser usado como una sustitución parcial para la elaboración de productos de panificación con un alto contenido de proteínas.

3.3 Impacto económico

El uso y elaboración que se les da a las materias primas locales de bajo costo permite el desarrollo de alternativas rentables y accesible para las comunidades dedicadas al cultivo de almorta, creando nuevas fuentes de ingresos, tanto por la venta directa del grano como por la transformación en productos como la harina de almorta contando con un alto potencial de lograr crear sus microempresas que serán las encargadas de generar empleos y fuentes de ingreso.

3.4 Impacto ambiental

La almorta puede ser cultivada en suelos pobres y con escasas de agua lo cual no genera desperdicios de esta, además de ser un cultivo que ayuda a la mejora de calidad del suelo por ser un fijador de nitrógeno, la obtención de la harina precocida contribuye la adopción de prácticas productivas y a la vez sostenibles, no genera desperdicios que puedan afectar el medio ambiente y al ser una materia prima local reduce el uso de transportes que deben recorrer largas distancias generando gases que contribuyen a la contaminación del aire principalmente CO₂ generando cambios climáticos.

4 RECURSOS Y PRESUPUESTOS

Tabla 28. *Tabla de presupuesto del proyecto de investigación*

Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total
Materia Prima				
Almorta	22	lb	1.25	27.5
Total				27.5

Materiales				
Tamizador	1	U	1	1
Fundas Ziploc	2	U	2	4
Papel aluminio	2	U	1.8	3.6
Guantes Látex	8	U	0.3	2.4
Adhesivos	1	U	0.75	0.75
Tela lienzo	1	m	5	5
Mascarilla	1	Paquete	2	2
Cofias	1	Paquete	10	10
Bandeja	1	U	5.75	5.75
Limpiones	1	Paquete	1.75	1.75
Embudo	1	U	1.5	1.5
Bowls	2	U	1.5	3
Jabón	1	U	0.9	0.9
Botella de vidrio	1	U	7.5	7.5
Total				49.15
Equipos y materiales				
			Costo aprox. (USD)	Depreciación anual (USD)
Autoclave Hirayama HA3000MIL	1	U	4500	400
Balanza electrónica PRECISA	1	U	1500	160
Molino eléctrico	1	U	600	110
Mufla termo científica	1	U	2500	220
Centrifuga	1	U	1500	120
Deshidratador	1	U	800	100
Estufa	1	U	5	100
Probeta	1	U	10	5
Termómetro	1	U	20	10
Tubos de ensayo	3	U	20	5

Mortero	1	U	15	3
Espátula	1	U	5	2.5
Varilla de vidrio	1	U	5	2.5
Vaso de precipitación	1	U	12	6
Total				1136
Reactivos				
Agua Purificada	18	L	0.3	5.4
Agua Destilada	2	L	2.5	5
Total				10.4
Movilización y alimentación				
Transporte	118	viaje	5.6	660.8
Internet	42,5	Hora	42.5	42.5
Alimentación	15	alimento	7.5	112.5
Total				815.8
Materias bibliográficos y fotocopias				
Esferos	3	U	0.4	1.2
Libretas	1	U	1	1
Marcadores	1	U	1	1
Impresiones	150	Hojas	0.5	75
Anillados	4	Hojas	1.5	6
CD	1	U	1.5	1.5
Total				85.7
Análisis físicos-químicos del grano de almorta				
Humedad (% m/m)	Variedad almorta (Lathyrus sativus L.)	Análisis físicosquímicos precio en SETLAB	9	45
Proteína (% m/m)			9	
Fibra (% m/m)			9	
Grasa (% m/m)			9	
Ceniza (% m/m)			9	
Total				45

Análisis físicos de la harina precocida de almorta				
Contenido de proteína (16)	Almorta (Lathyrus sativus L.)	Análisis físicos de la harina precocida SETLAB	15	400
Humedad (16)			5	
Solubilidad (16)			5	
Total				400
Análisis funcionales				
Índice de absorción de agua	Variedad almorta (Lathyrus sativus L.)	Laboratorio UTC a la corrida experimental optimizada		N/A
Índice de amasado				
Índice de gluten				
Índice de viscosidad				
Índice de Amilasa				
Índice de Retrogradación				
Total				
Análisis fisicoquímicos de la corrida óptima				
Humedad (% m/m)	Variedad almorta (Lathyrus sativus L.)	Precio en SETLAB a la corrida experimental optimizada	9	45
Proteína (% m/m)			9	
Fibra (% m/m)			9	
Grasa (% m/m)			9	
Ceniza (% m/m)			9	
Total				45
Análisis microbiológicos de la corrida óptim				
REP Mohos	Variedad almorta (Lathyrus sativus L.)	Precio en SETLAB a la corrida experimental optimizada	7	39
Coliformes, NMP			7	
Salmonella			25	
Total				39
Total, de costo del proyecto				2253.55

Fuente: (Párraga & Tenelema, 2025)

5 CONCLUSIONES

- En los análisis fisicoquímicos del grano de almorta (*Lathyrus sativus L*) se evidenció, humedad (13,19%), un alto contenido de proteína (22,80%), grasa (1,17%) presenta un bajo contenido lipídico, la fibra (8,57%), cenizas (2,91%) y carbohidrato (51,36%) demostrando que la semilla tiene un alto potencial de aprovechamiento, y estudios posteriores indican que esta variedad presenta un valor mayor en proteína y fibra propia de las leguminosas en comparación a los cereales y pseudocereales.
- La optimización del proceso del grano aplicando el diseño de superficie respuesta IV óptimo con factores de tiempo y temperatura, bajo estas condiciones las variables optimizan la proteína y solubilidad presente en la harina, permitió establecer las condiciones ideales en 30 minutos de duración y con una temperatura de 110 °C, prediciendo un contenido proteico (26,04%) y solubilidad de (29,96%), además, de una deseabilidad del 0,987, validando debido que el valor es muy cercano a 1 la correcta manipulación del proceso, y factores .
- En los análisis nutricionales se destacan: humedad 8,95%, proteína 27,48%, grasa 1,21%, fibra 13,71%, ceniza 2,41%, carbohidratos 46,24%, materia seca 91,05%, materia orgánica 89,84% y ELN 47,44%, el análisis de contenido de proteína reveló que la precocción aumentó la proteína. Por otro lado, los parámetros funcionales de la harina precocida de almorta manifestaron limitaciones en aplicabilidad en productos destinados a la panificación, por la inexistencia de gluten y una elasticidad baja, sin embargo, esta puede ser aplicada en la elaboración de tortillas, mientras que en los resultados microbiológicos se presentaron niveles adecuados, la ausencia de Salmonella, Mohos, levaduras y la baja presencia de Coliformes indica una correcta manipulación e higiene durante el proceso de obtención de la harina.

6 RECOMENDACIONES

- Realizar análisis adicionales para profundizar en el conocimiento de las propiedades reológicas de la harina precocida y la influencia en el comportamiento

de esta en diferentes aplicaciones. Así mismo, desarrollar pruebas prácticas en diferentes productos con el fin de evaluar la funcionalidad de la harina precocida de almorta.

- Con los resultados obtenidos de las propiedades funcionales de la harina precocida de almorta, se podría proponer una sustitución parcial con otras harinas que contienen propiedades adicionales que puedan mejorar la textura, composición, rendimiento en productos de panificación.
- La harina precocida presentó un alto nivel de solubilidad en agua y de contenido proteico, lo que se sugiere su aplicación en productos solubles como: sopas instantáneas, papillas, colada. Así mismo, puede emplearse en la elaboración de bebidas funcionales. Como alternativa innovadora, esta harina puede combinarse con otros ingredientes para desarrollar polvos proteicos que mejoren el perfil nutricional de los alimentos.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilella, A. (2004). *Lathyrus sativus L.* Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. <http://herbarivirtual.uib.es/es/general/914/especie/lathyrus-sativus-l->
- Aguilera, Y. (2009). *Harinas de leguminosas deshidratadas.pdf*. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/101592/1/Harinas%20de%20leguminosas%20deshidratadas.pdf>
- Alemán, R., & Moreno, M. J. (2004). Evaluación de algunas propiedades funcionales y reológicas de harinas de coroba (*Jessenia polycarpa Karst*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(2), 161-171. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-78182004000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Almeida, A. (2013). *Métodos de extracción de grasas*. https://www.academia.edu/43740456/M%C3%A9todos_de_extracci%C3%B3n_de_grasas
- Alvarado, A. (2022). *Alimentos Bromatología (2a. Ed.)—(Capítulo 10 Leguminosas) | PDF | Alimentos | Cereales*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/588085445/Alimentosbromatologia-2a-ed-Capitulo-10-Leguminosas>
- Alvarez, V., & Rodríguez, S. (2023). *Prevalencia de Microalbuminuria como indicador de Nefropatía Diabética tipo II en pacientes de 40 a 80 años del área de Endocrinología del Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo del 2018 al 2021*.
- Anderson. (1982). Water Absorption and Solubility and Amylograph Characteristics of Roll-Cooked Small Grain Products. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1982/Documents/chem59_265.pdf
- AOAC. (2005). *de Humedad | PDF | Alimentos | Humedad*. <https://es.scribd.com/document/520429977/Determinacion-de-humedad>
- A. (2023).
- Ávila, J., Ruiz, E., Varela, G., Valero, T., Rodríguez, P., & Enjamio, L. (2013). *Informe legumbres-nutricion-y-saludvw.pdf*. <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgpublicaciones/informe-legumbresnutricion-y-saludvw.pdf>
- Basantes, E. (2015). www.repositorio.espe.edu.ec.

- Bernal, A. (2023). Índice de Hausner y Carr | PDF. <https://es.scribd.com/document/363578617/Indice-de-Hausner-y-Carr> Betancourt, J. (2017).
- Bressani, R., Turcios, J., Reyes, L., & Mérida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222001000300015
- Caicedo, P. (2021). <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/cb05c1c4-5bad-47e0-8a60-06cf8e3316bb/content>
- Caiza, J. (2019). Evaluación de la solubilidad de la proteína presente en matrices vegetales: Leguminosas, tubérculos y raíces. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b036683a-d216-4eb7-9bff-5fd12745718e/content>
- Calleja, C. A., Lanzarote, I. Á., & González, R. (2010). *Nuevas tecnologías en la conservación y transformación de los alimentos*. 165.
- Calvo, M. (2018). <https://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/toxico/latirismo.html>
- Caracuel, Á. (2008).)-Dic. 2008-ReAl AcADemiA De cienciAs VeteRinARiAs De AnDALucíA oRientAl 1. En *AnAles* (Vol. 21, Número 1).
- Cárdenas, G. (2022). *Norma INEN para Harina de Maiz para Consumo Humano | PDF | Maíz / Cereales*. <https://es.scribd.com/document/208596475/Norma-ENEN-Para-Harina-de-Maiz-Para-Consumo-Humano>
- Cárdenas, G., & Salazar, I. (2016).
- Carichas, T. (2012). *Influencia de la fecha de siembra, genotipo y densidad de plantas en el crecimiento, rendimiento y calidad del Lathyrus sativus L. en condiciones de secano Mediterráneo*.
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. La investigación aplicada y el desarrollo en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Ceniza, A. (2024). *4.5.01 AOAC Official Method 920.39 Fat (Crude) or Ether Extract in Animal Feed | PDF*. <https://es.scribd.com/document/480055415/AOAC-920-39>
- Chafra, W. (2022). *sativa*) <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/7e49c4df-3846-4bc5-8f08-1c4aaf9a975a/content>

- Chamorro, M. F., & Ladio, A. (2020). Native and exotic plants with edible fleshy fruits utilized in patagonia and their role as sources of local functional foods. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12906-020-02952-1> Chávez, A., & Miranda, A. (2024).
- Chávez, J. (2020). El enriquecimiento de la harina de maíz precocida y de la harina de trigo en Venezuela. Una gestión con éxito. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 33(1), 67-75. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0798-07522020000100067&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Cortés, M. E., Miriam, C., & León, I. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*.
- Delgado, C., Olías, R., Jiménez, J. C., & Clemente, A. (2016). Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. *Arbor*, 192(779), Article 779. <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3003>
- Dixit, G. P., Parihar, A. K., Bohra, A., & Singh, N. P. (2016). Achievements and prospects of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) improvement for sustainable food production. *Crop Journal*, 4(5), 407-416. <https://doi.org/10.1016/J.CJ.2016.06.008>
- Dussán, S., Hurtado, D., & Camacho, J. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro Granulometry, Functional Properties and Color Properties of Quinoa and Peach Palm Fruit Flour. *Información Tecnológica*, 30(5), 3-10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003> Escaño, A. (2021).
- Gallegos, R., & Coral, V. (2015). *Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho*. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/3913>
- García, R., & Navarro, V. (2022). “*Granulometría, propiedades funcionales y fisicoquímicas de la harina de macha macha (Vaccinium floribundum Kunth) y* <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/80adf7ae-b0b2-4b86-8e07-e3ad1c77f75a/content>
- Gavilanes, M. (2018). *Production processes in the food industries of the North sector of the city of Guayaquil and its impact on production costs*.
- Gramajo, M. (2019). Aplicación de los métodos de conservación de alimentos. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 1(15).

- <http://www.revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/riyc/article/view/1009>
- Gremaqui, L., Giménez, M., Lobo, M., & Sammán, N. (2021). *Propiedades químicas y físicas de harinas proteicas obtenidas por hidrólisis enzimática*. 229-236.
- Gremaqui, L., Giménez, M., Lobo, M., & Sammán, N. (2021). *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA 7 (2021)* pág. 229-236.
- Guil, J. *La biodiversidad de los alimentos ecuatorianos: Fuente de salud y riqueza potencial*. 2, 12.
- Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., & Lebas, F. (2016). *Guisante de tierra (Lathyrus sativus) | Feedipedia*. <https://www.feedipedia.org/node/285>
- Hirayama, H. (2025). *HA series—Autoclave médico by HIRAYAMA | MedicalExpo*. <https://www.medicalexpo.es/prod/hirayama/product-99361-1052570.html>
- INEC. (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
- INEC. (2023). <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/primera-encuestaespecializada-revela-que-el-20-1-de-los-ninos-en-ecuador-padecen-de-desnutricioncronica-infantil/>
- Jimenez, H. (2023). *Aoac 945.38 980.25 Cenizas | PDF | Agua | Alimentos*. <https://es.scribd.com/document/355103056/Aoac-945-38-980-25-Cenizas>
- Kligler, R. (2020). *Sedimentation value according to Zeleny*. <https://www.irekskompodium.com/en/flour-analysis/analysis-methods-for-testing-the-proteinquality/234-sedimentation-value-according-to-zeleny>
- Lambein, F., Travella, S., Kuo, Y. H., Montagu, M. V., & Heijde, M. (2019). Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): Orphan crop, nutraceutical or just plain food? *Planta*, 250(3), 821-838. <https://doi.org/10.1007/S00425-018-03084-0>
- Lascano, A. (2010). *Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: Cebada (Hordeum vulgare), maíz (Zea mays), quinua (Chenopodium quinoa), trigo (Triticum vulgare) y tubérculo: Papa (Solanum tuberosum) nacionales con trigo (Triticum vulgare) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pasta alimenticia*. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a9159f18-4701-42ee-902c-03e85eaab717/content>
- Leitgeb, M., Knez, Ž., & Hojnik, G. (2022). Enzyme Activity and Physicochemical Properties of Flour after Supercritical Carbon Dioxide Processing. *Foods*, 11(13), 1826.

- <https://doi.org/10.3390/foods11131826>
- Lescano Paredes, L. G. (2010). *Caracterización de las harinas de trigo nacional (cojitambo), maíz (iniap 122), cebada (cañicapa), quinua, papa (gabriela), destinadas a panificación mediante la determinación de las propiedades funcionales de sus almidones*. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/849>
- López, P. (2007). *Almorta (Lathyrus sativus) también conocido como guisante de olor, guisante chickling, indio del guisante, guisante blanco, verduras cicerchia guisante comida vegetariana*. 123RF. https://es.123rf.com/photo_67023770_almorta-lathyrus-sativustambién-conocido-como-guisante-de-olor-guisante-chickling-indio-del-guisant.html
- Magro, A. (2015). <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1296/tesis%20Oharina%202.pdf?sequence=1>
- Mataix, J., Gil, Á., Fontecha, J., & Muriana, F. (2020). *Qué son Cuáles son Para qué sirven Quién debe consumirlos*.
- Matos, A. (2018). *Investigación Bibliográfica: Definición, Tipos, Técnicas*.
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023).
- Moreno, A. *Evaluación de propiedades físicas y de flujo en harina de trigo, maíz y frijol de forma individual y en mezcla*. <http://repositorio.unam.mx>
- Navarro, A., Cacho, J., Hernández, T., & Palou, A. (2009). *Informe del Comité Científico de la Agencia Española de —Dad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el consumo humano ocasional de almortas (Lathyrus sativus)*.
- Nóchez, J., & Ventura, A.
- Núñez, G. *Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos de alta digestibilidad proteica*.
- Ortega, M. (2019). <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a2efd393-9238-4d04-947c-fef057caa9c7/content>
- Páez, M., & Solano, L. (2002). Consumo de harina de maíz precocida y su aporte de hierro y vitamina a en preescolares de bajos recursos económicos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(3), 274-281. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222002000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Pismag, R., Polo, M., Hoyos, J., Bravo, J., & Roa, D. (2023). Effect of extrusion cooking on the chemical and nutritional properties of instant flours: A review. *F1000Research*, 12, 1356. <https://doi.org/10.12688/f1000research.140748.1>

- Polanco, A. (2017). *Extracción, modificación y caracterización de proteínas de balanceados, a través de la elaboración de una Px. Sal.*
<https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/Tesis-Ana-Isabel-Polanco-Murrieta.pdf>
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5775/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-10.pdf>
- Rezette, L., Kansou, K., Valle, G., Gall, S., & Saulnier, L. (2025). The role of wheat flour minor components in predicting water absorption. *Food Chemistry*, 463, 141232.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141232>
- Rodríguez, D., & Angulo, D. (2018).
<http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/4570/1/LA%20ESTRATEGIA%20DE%20DIVERSIFICACION%20Y%20SU%20INCIDENCIA%20EN%20LA%20EXPLOTACION%20DE%20CAPACIDADES%20EMPRESARIALES%20DE%20LAS%20PYMES%20MANUFACTURERAS%20ECUATORIANAS.pdf>
- Rodríguez, E., Fernández, A., Alcalá, L., & Ospina, B. (2006). *Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca.*
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85201902>
- Rubio, S. (2021). Efecto del tiempo y temperatura de tostado en la solubilidad, el color y la aceptabilidad de cebada (*Hordeum vulgare L.*).
<https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0b73b354-6a45-408a-af6f-2369bb6c7060/content>
- Sacón-Vera, E. F., Bernal-Bailón, I. I. I., Dueñas-Rivadeneira, A. A., Cobeña, G. A., & LópezBello, D. N. (2016). Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan.
- Salcedo, Á. (2003). Estudio del efecto de la precocción y adición de inhibidores para controlar el pardeamiento del banano durante la elaboración de harina precocida.
<https://www.sidalc.net/search/Record/dig-iniap-41000-883/Description?print=1>
- Salinas, D., Meza, W., Barreto, S., & Recalde, S. (2023). Rendimiento de Habilla Negra (*Paseolus Vulgaris L.*) Influenciado por la Aplicación de Fertilizantes Químicos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 4934-4945.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6523
- Sanca, M. D. (2011). Revista de Actualización Clínica Investiga. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 621.

- http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lng=pt&nrm=iso&tlng=
- 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. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-18442004000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es Taco,
- G. (2024).
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, 39(3), 191-197.
- Tipantuña, K. (2024). (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*).
- Tonato, J. (2019). *Estudio del proceso de corte láser de CO2 del material compuesto de matriz polimérica reforzada con cascarilla de arroz*. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/d201f0c5-41f0-4044-814d-2ad55b726bfc> UNEMI.
- (2019). *Métodos y Técnicas de Investigación*.
- UNIR. (2019). *Técnicas de recolección de datos para obtener información precisa*. <https://mexico.unir.net/noticias/ingenieria/tecnicas-recoleccion-datos/>
- Valencia, S. (2022). *Validación del método de proteína por medio de la determinación de nitrógeno por*. www.udea.edu.co
- Vega, G. (2009). Proteínas de la harina de trigo: Clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(38), 27-32. https://mixteca.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf
- Velasco, C. (2024, abril). *Esterilización por Autoclave: Guía para Procesos Eficaces*. <https://cercal.cl/envinculo/esterilizacion-por-autoclave/> Villar,
- C. (2024). *La Investigación Cuantitativa*.
- Vizcaíno, P., Cedeño, J., & Maldonado, A. (2023). *Técnicas de Investigación*.
- Yan, Z. Y., Spencer, P. S., Li, Z. X., Liang, Y. M., Wang, Y. F., Wang, C. Y., & Li, F. M. *Lathyrus sativus* (grass pea) and its neurotoxin ODAP. *Phytochemistry*, 67(2), 107-121. <https://doi.org/10.1016/J.PHYTOCHEM.2005.10.022>
- Zamora, I., Barboza, Y., Zamora, I., & Barboza, Y. (2020). Consumo de alimentos funcionales por estudiantes universitarios *Anales Venezolanos de Nutrición*, 33(1), 14-23. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0798-

07522020000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Zuleta, A. (2013). *Cereales y Derivados: Presentación de Bromatología*. studylib.es.

<https://studylib.es/doc/5203842/cereales-y-derivados-bromatología>