



# 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 AMARANTO (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*)**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Agroindustrial

**Autor:**

Tipantuña Mendoza Kevin Fabián

**Tutor:**

Rojas Molina Jaime Orlando, Quim. Mg.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Tipantuña Mendoza Kevin Fabián, con cédula de ciudadanía No.0550511893, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*)”**, siendo Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 16 de agosto del 2024



Kevin Fabián Tipantuña Mendoza  
C.C: 0550511893  
**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 **TIPANTUÑA MENDOZA KEVIN FABIÁN**, identificado con cédula de ciudadanía **0550511893** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO ( *Amaranthus Zelenaya Sosulka*)**”, 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 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal, Mg.

Tema: “**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO ( *Amaranthus Zelenaya Sosulka*)**”

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

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

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

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

**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 **EL 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 **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

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

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, 16 de agosto del 2024.



Kevin Fabián Tipantuña Mendoza

**EI CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*)”, de Tipantuña Mendoza Kevin Fabián, 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 ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 16 de agosto del 2024



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

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Tipantuña Mendoza Kevin Fabián, con el título de Proyecto de Investigación: “ CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*)”, ha 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, 16 de agosto del 2024

  
Ing. Gabriela Arias Palma, Mg.  
C.C: 1714592746  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

  
Ing. Maricela Trávez Catellano, Mg.  
C.C: 0502270937  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

  
Ing. Renato Romero Corral, Mg.  
C.C: 1717122483  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primera instancia agradezco a Dios, por brindarme la salud y bendición, para culminar con éxito esta etapa de mi vida. Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional, consejos, confianza y arduo trabajo para hacer realidad mi sueño. Gracias a toda mi familia y amigos por su aliento y apoyo que me impidió caer en el momento más difícil de mi carrera universitaria. Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y permitirme realizar mis sueños. Agradezco a todos los docentes de la carrera, en especial a mi tutor de tesis Quím. Orlando Rojas por compartir sus conocimientos, brindarme apoyo, orientación y paciencia durante el desarrollo y finalización de mi proyecto de investigación.*

***Kevin Fabián Tipantuña Mendoza***

## **DEDICATORIA**

*A Dios por su infinita bondad y amor, por permitirme haber llegado hasta este punto y brindándome fortaleza. A mis padres Carlos Tipantuña y Martha Mendoza, por ser los pilares más importantes de mi vida, por brindarme sus consejos y por demostrarme su apoyo incondicional para alcanzar mis metas. A mi familia, amigos y compañeros que me han motivado y acompañado en el transcurso de mi formación académica.*

***Kevin Fabian Tipantuña Mendoza***

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

**TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO ( *Amaranthus Zelenaya Sosulka*)”**

**AUTOR:** Tipantuña Mendoza Kevin Fabian

**RESUMEN**

El Amaranto (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*) es un pseudocereal cultivado en la región Andina, conocido por su alto valor nutricional en proteínas. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar las propiedades nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*). Se evaluó la composición química proximal del grano donde se obtuvo 58,61% de carbohidrato, proteínas 17,70%, humedad de 12,05%, grasa 6,92%, fibra 1,97% y 2,75% de ceniza. La precocción del grano de amaranto se realizó por calor húmedo, donde se empleó factores de temperatura (110°C, 115°C y 120°C) y tiempo (10 min, 20 min y 30 min), además se evaluó como variables respuesta la solubilidad de la harina y el contenido proteína del grano precocido. Para el tratamiento estadístico se empleó el software Desing Expert, utilizando un diseño de superficie respuesta IV Óptimo. La mejor combinación para la precocción del grano se consiguió a 115°C y 25 minutos, donde se obtuvo 6,91% de solubilidad de la harina y 13,38% de proteína. Los análisis nutricionales de la mejor combinación de harina reportaron 63,93% de carbohidrato, 18,03% de proteína, 2,72% de humedad, 7,14% de grasa, 2,11% de fibra y 3,23% de ceniza. Los análisis físicos presentaron valores de higroscopicidad de 1,365%, densidad aparente de 0,492 g/ml, densidad compacta de 0,972 g/ml, ángulo de reposo de 13,96°, índice de Hausner de 1,365. Además, los análisis funcionales de la corrida a 110°C por 10 minutos, da una mejor respuesta a las propiedades reológica, debido a que permite un mayor desarrollo de la masa en la fase C1 y estabilidad de la masa en la fase CS, mejorando la formación y estabilidad de la masa, así como una adecuada retrogradación del almidón que contribuye a la preservación de frescura en productos de panificación. Estas harinas al tener alto contenido nutricional, pueden ser empleadas como ingredientes de alimentos fortificados, además por sus características funcionales pueden utilizarse como componente de productos de panadería y pastelería.

**Palabras claves:** Harinas precocidas, amaranto. proteínas, solubilidad, autoclave, optimización, análisis nutricionales.

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

## THEME: “NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF PRECOOKED AMARANTH FLOUR (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*)”

**AUTHOR:** Tipantuña Mendoza Kevin Fabián

### ABSTRACT

Amaranth (*Amaranthus Zelenaya Sosulka*) is a pseudocereal grown in the Andean region, known for its high nutritional value in proteins. The main objective of this research work is to evaluate the nutritional and functional properties of precooked amaranth flour (*Zelenaya Sosulka*). The proximal chemical composition of the grain was evaluated, where 58.61% carbohydrate, 17.70% protein, 12.05% moisture, 6.92% fat, 1.97% fiber and 2.75% ash were obtained. Amaranth grain was precooked by humid heat, where temperature factors (110°C, 115°C and 120°C) and time (10 min, 20 min and 30 min) were used. In addition, the solubility of the flour and the protein content of the precooked grain were evaluated as response variables. For statistical treatment, the Desing Expert software was used, using an Optimal IV response surface design. The best combination for grain precooking was achieved at 115°C and 25 minutes, where 6.91% flour solubility and 13.38% protein were obtained. The nutritional analysis of the best flour combination reported 63.93% carbohydrate, 18.03% protein, 2.72% moisture, 7.14% fat, 2.11% fiber and 3.23% ash. Physical analyses showed hygroscopicity values of 1.365%, apparent density of 0.492 g/ml, compact density of 0.972 g/ml, angle of repose of 13.96°, Hausner index of 1.365. In addition, functional analyses of the run at 110°C for 10 minutes, gives a better response to the rheological properties, because it allows a greater development of the dough in the C1 phase and stability of the dough in the CS phase, improving the formation and stability of the dough, as well as an adequate retrogradation of the starch that contributes to the preservation of freshness in bakery products. These flours, having a high nutritional content, can be used as ingredients in fortified foods, and due to their functional characteristics they can be used as a component of bakery and pastry products.

**Keywords:** Precooked flours, amaranth, proteins, solubility, autoclave, optimization, nutritional analysis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
1.- DATOS GENERAL	1
1.1. Título	1
1.2 Fecha de inicio	1
1.3 Fecha de finalización	1
1.4. Lugar de ejecución	1
1.5. Facultad que auspicia	1
1.6. Carrera que auspicia	1
1.7. Equipo de trabajo	1
1.8. Línea de investigación	1
1.9. Sub línea de investigación	2
2. DISEÑO DE PROYECTO	2
2.1. Descripción del problema	2
2.2.Marco contextual	3
2.3. Formulación del problema	4
2.4. Objetivos	4
2.4.1. Objetivo generales	4

2.4.2. Objetivos específicos	4
2.5. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados	5
2.6. Fundamentación Teórica o Marco Referencial.	6
2.6.1.1. Pseudocereales andinos	8
2.6.1.2. Amarantos	8
2.6.1.3. Taxonomía del amaranto	9
2.6.1.4. Origen y domesticación	9
2.6.1.5. Importancia cultural y tradicional	10
2.6.1.6. Descripción botánica de la planta	10
2.6.1.7. Tipos de amaranto	17
2.6.1.10. Beneficios para la salud	18
2.6.1.11. Producción del amaranto en el Ecuador	18
2.6.1.12. Tipas de harinas	19
2.6.1.13. Normativas INEN de la harina de amaranto	20
2.6.1.14. Harinas precocidas	21
2.6.1.15. Características de las harinas precocidas	21
2.6.1.16. Métodos de precoccion	22
2.6.1.17. Antecedentes en precocción	23
2.6.1.18. Análisis físico	23
2.6.1.19. Solubilidad y proteínas	24
2.6.1.20. Análisis nutricionales	25
2.6.1.21. Evaluación de análisis funcionales	26
2.6.2. Marco Conceptual	26
2.6.2.1. Amaranto ( <i>Amaranthus</i> spp.)	26
2.6.2.2. Harina Precocida	27
2.6.2.3. Autoclave	27
2.6.2.4. Caracterización Nutricional	27
2.6.2.5. Propiedades Funcionales	27
2.6.2.6. Mixolab	27

2.7. Metodología del Proceso de Investigación	28
2.7.1 Tipos de investigación	28
2.7.1.1. Investigación cuantitativa	28
2.7.1.2. Investigación descriptiva	28
2.7.1.3. Investigación bibliográfica	29
2.7.1.4. Investigación experimental	29
2.7.1.5. Técnicas de investigación	29
2.7.1.6. La observación	29
2.7.2. Reactivos, materiales y equipos	30
2.7.3. Desarrollo de la harinas precocida de Amaranto	32
2.7.3.1. Diagrama de flujo de la harina precocida de amaranto	32
2.7.3.2. Diagrama de flujo de las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto	33
2.7.3.3. Desarrollo de la harinas	33
2.7.4. Caracterización de la semilla del amaranto en función al estudio proximal	34
2.7.4.1. Humedad Total	34
2.7.4.2. Cenizas	35
2.7.4.3. Proteína	35
2.7.4.4. Fibra	36
2.7.4.5. Grasa	37
2.7.4.6. Carbohidratos	37
2.7.5. Caracterización de solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”	38
2.7.5.1. Solubilidad	38
2.7.5.2. Proteína	38
2.7.6. Caracterización físicas de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”	38
2.7.6.1. Determinación densidad aparente	38
2.7.6.2. Determinación densidad compacta	39
2.7.6.3. Higroscopia	39

2.7.6.4. Determinación del índice de Hausser	40
2.7.6.5. Determinación del ángulo de reposo	40
2.7.7.-Caracterización nutricional de la harina optimizada de amaranto (Zelenaya Sosulka)	40
2.7.7.1. Humedad	40
2.7.7.2.- Cenizas	41
2.7.7.3. Proteína	41
2.7.7.4. Fibra	41
2.7.7.5. Grasa	41
2.7.7.6. Carbohidratos	41
2.7.8. Caracterización funcional de la harina precocida de amaranto	41
2.7.8.1. Mixolab	41
2.8. Hipótesis o preguntas científicas	42
2.8.1. Hipótesis nula	42
2.8.2. Hipótesis alternativa	42
2.9. Diseño Experimental	43
2.9.1. Cuadro de variables	43
2.9.2. Combinaciones para el tratamiento del diseño experimental de la harina precocida de amaranto (Zelenaya Sosulka)	44
2.10. Análisis y discusión de los resultados	44
2.10.1. Características de las semillas de amaranto (Zelenaya Sosulka) en función a los parámetros proximales	45
2.10.2 Optimización de solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”	46
2.10.2.1. Solubilidad	48
2.10.2.2. Proteína	51
2.10.3. Características físicas de 2 corridas experimentales la harina precocida de amaranto (Zelenaya Sosulka)	52
2.10.4. Optimización nutricional de la harina precocida de amaranto	54
2.10.5. Caracterización funcional de la harina precocida de amaranto	55

2.10.5.1. Mixolab - Harina precocida ( 110 °C, 10 min)	58
2.10.5.2. Mixolab - Harina precocida ( 120 °C 30 min)	61
2.11. Aplicaciones para la harina precocida de amaranto previo a los resultados obtenidos	62
3. IMPACTOS DEL PROYECTO	62
4. RECURSOS Y PRESUPUESTO	63
5. CONCLUSIONES	67
6. RECOMENDACIONES	67
7. BIBLIOGRAFÍA	68
8. ANEXO	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	9
Tabla 2: Taxonomía del amaranto	9
Tabla 3: Descripción morfológica de la planta de amaranto	10
Tabla 4: Requisitos físicos de los tres grados de calidad del amaranto	15
Tabla 5: Requisitos de calidad del grano de amaranto	15
Tabla 6: Composición proximal de la semilla de amaranto	17
Tabla 7: Composición proximal de hojas de amaranto	17
Tabla 8: Análisis comparativo del perfil nutricional de la harina amaranto	20
Tabla 9: Condiciones experimentales para el diseño de experimentos	43
Tabla 10: Cuadro de variables	43
Tabla 11: Combinación para los tratamientos del diseño experimental de la harina precocida	44
Tabla 12: Características proximales del grano de amaranto	45
Tabla 13: Valores de solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”	46
Tabla 14. Parámetros del modelo codificado para la solubilidad	47
Tabla 15. Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína	49

Tabla 16. Predicción de la optimización, para la evaluación de temperatura y tiempo en la precocción de harina	51
Tabla 17: Valores de Índice de Hausner, ángulo de reposo, higroscopicidad, densidad aparente y densidad compactada de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”	52
Tabla 18: Optimización nutricional de la harina precocida de amaranto (Zelenaya Sosulka)	54
Tabla 19; Test - Mixolab (110 °C, 10 min)	55
Tabla 20 Pruebas Mixolab de la Harina precocida ( 110 °C 10 min)	56
Tabla 21; Test - Mixolab (120 °C, 30 min)	59
Tabla 22: Pruebas Mixolab de la Harina precocida ( 120 °C 30 min)	60
Tabla 23: Presupuesto de la investigación	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Amaranthus hypochondriacus	12
Figura 2: Amaranthus Cruentus	13
Figura 3: Amaranthus caudatus	14
Figura 4: Autoclave	22
Figura 5: Parámetros del modelo codificado para la solubilidad	48
Figura 6: Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína	50
Figura 7: Gráfica del Mixolab ( 110 °C 10 min)	58
Figura 8: Gráfica del Mixolab ( 120 °C 30 min)	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Elaboración de la harina precocida de amaranto (Zelenaya Sosulka)
ANEXO 2. Análisis proximales del grano de amaranto
ANEXO 3. Análisis nutricionales de la harina precocida de amaranto
ANEXO 4. Análisis funcionales de la harina de amaranto
ANEXO 5. Hojas de vida
ANEXO 6. Aval del traductor

## INTRODUCCIÓN

La importancia de las harinas precocidas a partir de los pseudocereales andinos se da por la alta digestibilidad proteica, pues al venir de semillas de flores a diferencia de los cereales de frutos de espigas gramíneas, su uso culinario como harina o grano tiene propiedades nutricionales similares a los cereales. (Núñez, 2021) Un estudio realizado con semillas de amaranto, quinua, soya y guandul menciona que la calidad de proteína realmente asimilable (proteína digestible), se encuentra entre el 70% y 90% de lo ofrecido por las semillas en sus diferentes estados de germinación. (Chaparro et al., 2010)

Según un artículo realizado por Bautista et al., (2023) menciona el amaranto y la quinoa son una fuente de varias sustancias benéficas para la salud por su alto contenido en vitaminas, polifenoles (con capacidad para prevenir las enfermedades cardiovasculares y el cáncer), y con fagopiritoles, además la calidad proteica es comparada con el trigo, por su alto contenido en lisina. De hecho, el amaranto es una alternativa con beneficios potenciales no sólo en términos de valor nutricional si no por sus características agronómicas, su adaptabilidad ecológica a condiciones adversas y su alto valor nutricional, su relevancia es económica, social, ecológica, nutricional y funcional. (Calderón et al., 2017)

El amaranto dispone de una escasa demanda en comercialización, producción y cultivo, por ser un grano tradicional, pero su valor nutricional es muy alto, y eso se debe a su valor nutritivo por la alta cantidad de proteína, el cual presenta un buen perfil de aminoácidos esenciales. La lisina es considerada un aminoácido esencial limitante, se encuentra en cantidades superiores a 5 g por 100 g de proteína, lo cual es equivalente a las cantidades encontradas en la leche de vaca y yema de huevo, además es un alimento rico en hierro, proteínas, vitaminas A, C, fibra y minerales como el calcio y magnesio. El amaranthus indica que tiene minerales necesarios para el desarrollo de niños, anemias y desnutrición. (Villamarín, 2023)

Las harinas precocidas se caracterizan por ser harinas de fácil digestión, mayor capacidad de absorción de líquidos y poseer una vida útil más larga en comparación a las harinas convencionales, debido a que el proceso de cocción elimina el contenido de humedad y reduce la actividad enzimática de la harina. (Paredes, 2023)

De acuerdo a lo indicado, el dar a conocer esta información a los consumidores, permitirá tener un mercado abierto a nuevos productos nutricionales, por ejemplo, de harinas precocidas, donde su uso doméstico facilita la preparación de alimentos, así como su empleabilidad en la

formulación para diversos productos listos para consumir como bebidas, suplementos, pastas, etc. Además, una de las ventajas de los productos pseudocereales como la harina precocida es que estos productos no contienen gluten, lo que los hace accesibles a personas con problemas de salud gastrointestinales. (Núñez, 2021)

## **1.- DATOS GENERAL**

### **1.1. Título**

Caracterización nutricional y funcional de la harina precocida de amaranto “*Amaranthus Zelenaya Sosulka*”

### **1.2 Fecha de inicio**

22 de abril del 2024

### **1.3 Fecha de finalización**

22 de julio del 2024

### **1.4. Lugar de ejecución**

Universidad Técnica de Cotopaxi – Salache – Latacunga – Cotopaxi

### **1.5. Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

### **1.6. Carrera que auspicia**

Agroindustria

### **1.7. Equipo de trabajo**

#### **Tutor de investigación**

- Quim. Jaime Orlando Rojas Molina

#### **Estudiantes**

- Tipantuña Mendoza Kevin Fabian

### **1.8. Línea de investigación**

Desarrollo y Seguridad Alimentaria.

## **1.9. Sub línea de investigación**

Optimización de Procesos Tecnológicos Agroindustriales.

## **2. Diseño del Proyecto**

### **2.1. Descripción del problema**

El mundo atraviesa hoy en día una de las problemáticas más preocupantes para la sociedad debido a la desnutrición que sufre la población. Esta condición está generalmente asociada a la carencia de proteínas, vitaminas y minerales. De acuerdo con las estimaciones del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial en 2015, cada año 50 millones de niños y niñas en el mundo sufren de desnutrición aguda de ellos, 16 millones tienen desnutrición aguda severa y 34 millones desnutrición aguda moderada. (Janna & Hanna, 2018)

Entre 2000 y 2018, en América Latina redujo la desnutrición crónica en niños menores de 5 años del 16,7 % al 9 %. A pesar de estos avances, 4,8 millones de niños menores de 5 años todavía tienen una edad más baja que su edad cronológica. (Durán et al., 2022)

De acuerdo con UNICEF en Ecuador la desnutrición es un problema prevaleciente a nivel global, en donde la desnutrición crónica es el principal problema de salud en el país, en donde el 27% de niños menores a 2 años la padece y siendo más grave a nivel indígena con el 39%. (Chaglla & Puga, 2023) En el 2018, en Ecuador existe un 23% de niños con desnutrición crónica, situándose como el segundo país con la mayor prevalencia de América Latina y el Caribe y el primero en Sudamérica. (Albuja, 2022) De las cuatro regiones del Ecuador (Costa, Sierra, Amazonía e Insular), la región Sierra presenta el 32,6% de desnutrición crónica, mientras que en la sierra rural es donde alcanza un índice de 43,6%, esta región se encuentra conformada por 11 provincias de las cuales en Cotopaxi se concentran las más altas tasas de desnutrición crónica de niños y niñas menores de cinco años con un 43% y 52% respectivamente. (Soria & Vaca, 2012)

Para aumentar la disponibilidad de alimentos con alto valor nutricional, otra opción son los pseudocereales andinos, por ser alimentos con alto potencial nutricional. Los pseudocereales son lamentablemente las semillas olvidadas en nuestro entorno y es muy importante añadirlos a nuestra dieta diaria ya que actúan como nutracéuticos y de esta forma luchan contra diversas enfermedades. (Aponte, 2022)

Uno de los pseudocereales más comunes es el amaranto, una semilla que es una fuente importante de proteínas, calcio y hierro necesarios en la dieta humana. Desafortunadamente, los rendimientos de amaranto en Ecuador son muy bajos, principalmente debido a la falta de conocimiento sobre sus propiedades nutricionales, y las mejores áreas para el cultivo son las provincias de la serranía con alta luminosidad y suficiente luz solar en altitudes de hasta 2800 m. (Aponte, 2022)

El Ecuador tiene el suelo y clima necesario para cultivar amaranto, pero no es considerado uno de los principales productores, debido a que no existe apoyo por parte de la población. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), resaltan que, “de un valor proteico ideal de 100, el amaranto obtiene 75 puntos, por encima de la leche vacuna, que reúne 72; la soja, 68; el trigo, 60; y el maíz, 44. Pese a su valor proteico, no es valorado en la gastronomía ecuatoriana una de las razones puede ser la ausencia de conocimiento del producto, de los nutrientes que ofrece y las preparaciones que se pueden hacer con el producto. (Casillas, 2022)

El desaprovechamiento de esta semilla es preocupante, debido a que es un producto que aporta altas calidades de nutrientes al organismo. Una de las maneras de aprovechar el producto es la obtención de harinas precocidas a base del grano de amaranto.

Las harinas precocidas son sometidas a procesos de cocción y molienda, las altas temperaturas provocan la gelatinización del almidón, logrando una textura suave, por lo que su empleo en alimentos va destinado a la elaboración de tortillas, tamales, arepas entre otros. (Paredes, 2023)

La problemática en la precocción de la harina de amaranto puede llevar a la pérdida de nutrientes esenciales, compuestos bioactivos, fibra dietética y afectar las propiedades fisicoquímicas del producto final. (Baldizón, 2000) El trabajo de investigación consiste en el uso de estrategias adecuadas y el control de los parámetros de cocción, para ser posible minimizar estas pérdidas y mantener la calidad nutricional y funcional de la harina de amaranto.

## **2.2. Marco contextual**

La desnutrición en América Latina es un problema grave, especialmente en países como Ecuador donde el 27% de los niños menores de 2 años sufren de desnutrición crónica. (Chaglla & Puga, 2023) Una solución prometedora para combatir este problema es el uso de pseudocereales como el amaranto, que poseen un alto valor nutricional. Sin embargo, en Ecuador la producción de amaranto es limitada y se conoce poco sobre sus beneficios. (Aponte,

2022) Los involucrados del planteamiento del problema incluyen a las poblaciones vulnerables, como niños y comunidades rurales e indígenas, productores agrícolas de pseudocereales, instituciones educativas y de salud, así como el gobierno y organizaciones internacionales responsables como la FAO y OMS.

El problema de la desnutrición y el sub aprovechamiento del amaranto se sitúa principalmente en la región Sierra de Ecuador, donde las condiciones agroecológicas son óptimas para el cultivo de esta semilla. Las provincias serranas, que se encuentran a altitudes superiores a los 2800 metros sobre el nivel del mar, cuentan con el clima adecuado para la producción de amaranto, pero la falta de conocimiento e infraestructura ha limitado su cultivo. (Aponte, 2022) Históricamente, las dietas tradicionales en las comunidades rurales de Ecuador han dependido de alimentos básicos como el maíz y la papa. (Jordán, 2021) Otros cultivos ricos en nutrientes, como el amaranto, son menos diversos. Desde una perspectiva sociocultural, la falta de comprensión de los beneficios del amaranto y la falta de hábitos de consumo han llevado a su abandono. Económicamente, la falta de apoyo y subsidios a los pequeños agricultores ha restringido la expansión del cultivo de amaranto.

La desnutrición afecta el desarrollo humano y limita el potencial de los niños. Promover el uso de amaranto es crucial para combatir la desnutrición debido a que es un alimento con un alto valor nutricional, pero la falta de interés en el cultivo y consumo tiene un impacto negativo en la seguridad alimentaria.

### **2.3. Formulación del problema**

¿Cuál sería la combinación óptima de temperatura y tiempo de precocción, que minimiza las pérdidas nutricionales en la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*)?

### **2.4. Objetivos**

#### **2.4.1. Objetivo generales**

- Determinar las características nutricionales y funcionales de la harina precocida del amaranto (*Zelenaya Sosulka*).

#### **2.4.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar las semillas de amaranto (*Zelenaya Sosulka*) en función a los parámetros proximales.
- Evaluar el efecto de la precocción de las semillas de amaranto en función a la solubilidad y proteína.
- Determinar las características físicas, nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto.

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

**Tabla 1:** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Caracterizar las semillas de amaranto ( <i>Zelenaya Sosulka</i> ) en función a los parámetros proximales.	<p>-Recolección del amaranto. -Obtención de la semilla de la materia prima.</p> <p><b>Evaluación de parámetros proximales de la semilla:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Humedad</li> <li>● Proteína</li> <li>● Fibra</li> <li>● Grasa</li> <li>● Ceniza</li> <li>● Carbohidratos</li> </ul>	<p>-Recepción de la semilla de amaranto. -Limpieza de las impurezas del grano. -Selección y clasificación de la semilla.</p> <p><b>Análisis proximales</b></p> <p>-Humedad Total: Método Gravimétrico. -Proteína: Método de kjeldahl. -Fibra: Método Gravimétrico. -Grasa: Método Goldfish. -Ceniza: Método Gravimétrico. -Carbohidratos: Cálculo por diferencia.</p>	-Resultados del análisis proximal de las semillas de amaranto: <b>2.10.1.</b>
Evaluar el efecto de la precocción de las semillas de amaranto en función a la solubilidad y proteínas.	<p>-Desarrollo de la precocción de la semilla, utilizando los siguientes factores: temperaturas (110°C, 115°C y 120°C) y tiempo (10 min, 20 min y 30 min) de precocción en autoclave. -Evaluación de proteína y solubilidad en 16 corridas experimentales. -Predicción de la optimización, en la evaluación de temperatura y</p>	<p>-Precocción: Precocción del grano en autoclave. -Secado: Deshidratación de la semilla por convección. -Molienda: Trituración del grano. -Tamizado: Tamizado de la harina en mallas. -Envasado: Envasar de la harina precocida.</p> <p><b>Análisis de proteínas y solubilidad de la harina</b></p>	-Resultados de la proteína y solubilidad en 16 corridas experimentales: <b>2.10.2</b> -Optimización de temperatura y tiempo de precocción ideal en función a la solubilidad y proteína.: <b>Tabla 16.</b>

	tiempo en la precocción de harina.	-Solubilidad: Método Gravimétrico. -Proteína: Método de kjeldahl.	
Determinar las características físicas, nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto.	<p><b>Características físicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ángulo de reposo</li> <li>• densidad aparente</li> <li>• Densidad compacta</li> <li>• Índice de Haussner</li> <li>• Higroscopia</li> </ul> <p><b>Análisis de la capacidad nutricional del tratamiento óptimo la harina precocida:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad</li> <li>• Proteína</li> <li>• Grasa</li> <li>• Ceniza</li> <li>• Carbohidratos</li> <li>• Fibra</li> </ul> <p><b>Caracterización funcional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de absorción de agua y formación de masa.</li> <li>• Estabilidad de la masa durante el mezclado.</li> <li>• Estabilidad de la masa.</li> <li>• Gelatinización del almidón.</li> <li>• Estabilidad del almidón gelificado.</li> <li>• Retrogradación del almidón durante el enfriamiento.</li> </ul>	<p><b>Características físicas</b></p> <p>-Ángulo de reposo: Método del cono de reposo.</p> <p>-Densidad aparente: Llenado en un cilindro medido sin compactar.</p> <p>-Densidad compacta: Llenado en un cilindro medido compactado.</p> <p>-Índice de Hausner: Cálculo a partir de densidad aparente y densidad compacta.</p> <p>-Higroscopia: Exposición a condiciones controladas de humedad.</p> <p><b>Análisis nutricionales de la harina:</b></p> <p>-Humedad Total: Método Gravimétrico.</p> <p>-Proteína: Método de kjeldahl.</p> <p>-Fibra: Método Gravimétrico.</p> <p>-Grasa: Método Goldfish.</p> <p>-Ceniza: Método Gravimétrico.</p> <p>-Carbohidratos: Cálculo por diferencia.</p> <p><b>Metodología de Características funcionales</b></p> <p>Análisis funcionales de la harina realizado por el Mixolab.</p>	<p>-Resultados físicos de la harina precocida de amaranto: <b>2.10.3.</b></p> <p>-Resultado óptimo nutricional de la harina precocida de amaranto: <b>2.10.4.</b></p> <p>-Resultados de los parámetros funcionales de la harina precocida de amaranto: <b>2.10.5.</b></p>

*Fuente:* Autor (Tipantuña, 2024)

## 2.6. Fundamentación Teórica o Marco Referencial.

Según Núñez, (2021) las harinas precocidas de pseudocereales andinos como la quinua y el amaranto destacan por su alto valor proteico y digestibilidad. En este estudio, se caracterizaron comercialmente estos pseudocereales a través de una revisión bibliográfica detallada. Se realizaron pruebas de gelatinización en quinua y amaranto utilizando métodos de precocción, seguido de un proceso de secado para reducir la humedad. Se observó una completa

gelatinización y una alta capacidad de absorción de agua en las harinas precocidas. Los resultados reológicos mostraron un comportamiento típico de harinas precocidas, con la quinua por el método en plancha mostrando el mayor índice de retrogradación del almidón. En general, el estudio demostró la viabilidad de producir harinas precocidas con alto valor proteico a partir de quinua y amaranto.

En la investigación de Carrera (2023) logró obtener una potente mezcla de semillas ancestrales como quinua, amaranto, inca inchi y chía, con excelentes perfiles proteicos y lipídicos. La matriz resultante, que incorpora ácidos grasos poliinsaturados y harina precocida, ha demostrado mediante análisis que tiene capacidad de retención de agua y propiedades anti gelificantes. Se obtuvo un concentrado de proteína al 72% a pH 4,0, se identificaron bandas de inmunoproteínas y se confirmó la efectividad de la matriz en la digestión del almidón. Este complemento cubre las necesidades nutricionales de los adolescentes y tiene una óptima aceptabilidad sensorial, con sabor a fresa endulzado con sucralosa. Esta investigación fortalecerá la soberanía alimentaria, promoverá la producción de alimentos menos desarrollados, contribuirá a la economía circular y mejorará las actividades agrícolas.

Salcedo, (2003) En la elaboración de la harina de plátano verde precocida se utilizó como materia prima plátano desechado para la exportación, con un nivel de madurez de 1-2 según la escala de colores de Dole Food Company. La harina se obtiene precocinado el plátanos verdes con cáscara, sin cáscara, 0,1% de ácido ascórbico y 0,25% de ácido cítrico. Esto se hizo a 75, 85 y 95°C durante 4, 7 y 10 minutos. La deshidratación se realizó en un horno a 65°C durante 18 horas, la molienda se realizó en un molino de rodillos. El rendimiento de esta producción es del 14%. La actividad enzimática del polifenol oxidasa y la peroxidasa se determinó mediante métodos colorimétricos y volumétricos. Como resultado del análisis estadístico se demostró que los mejores tratamientos son: 85 y 95°C por 10 minutos con peeling, ácido ascórbico y ácido cítrico. Se probaron textura, absorción de agua, solubilidad, capacidad de hinchamiento, absorción de aceite, color, orden de reacción, almidón total, viscosidad con harina de plátano verde pre madurado de tratamientos seleccionados, temperatura de gelificación, grado de gelificación, amilosa y análisis proximal. Según el análisis estadístico, las mejores y finales condiciones de proceso en función de su desempeño en las harinas obtenidas de condiciones de precocción de 85°C y 95°C durante 10 minutos.

### **2.6.1. Marco Teórico**

### **2.6.1.1. Pseudocereales andinos**

Los pseudocereales son las nutritivas semillas de plantas dicotiledóneas que ahora forman parte de la dieta de muchas personas en todo el mundo. También son seguros para las personas que siguen una dieta sin gluten. Se caracterizan por tener altas cantidades de almidón, fibra, proteínas, aminoácidos equilibrados y 13 lípidos ricos en ácidos grasos insaturados, minerales y vitaminas. Pseudocereales como el amaranto (*Amaranthus* sp.), coliflor (*Chenopodium pallidicaule*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) son de gran importancia por su buen valor nutricional y efectos beneficiosos para la salud, contribuyendo a la economía circular y fomentando las actividades agrícolas. (Huamanchumo, 2020)

Por sus características agronómicas y adaptación ecológica a condiciones adversas, y también por su alto valor nutricional, los pseudocereales andinos revisten actualmente no sólo importancia económica, sino también social, ecológica, nutricional y funcional. La Academia Nacional de Ciencias (NAS) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) reconocieron a la quinua y al amaranto como los mejores alimentos vegetales para el ser humano. (Bautista et al., 2023) La proteína de la quinua, kañiwa y amaranto es de buena calidad, con un balance adecuado de aminoácidos esenciales, como la lisina, que juega un papel importante en el desarrollo y crecimiento del cerebro. Además, estos cereales contienen vitaminas como la niacina (vitamina B3) y minerales como el calcio, fósforo y hierro. De hecho, estos granos pueden proporcionar cantidades significativas de los nutrientes que un adulto necesita. (Chancahuaña, 2018)

Los pseudocereales andinos como el amaranto son importantes por su buen contenido nutricional y efectos beneficiosos para la salud. Los granos de amaranto se pueden tostar, reventar, exprimir o moler para convertirlos en harina para poder comerlos directamente o agregarlos a otros productos como panes, pasteles, muffins, panqueques, galletas, albóndigas, fideos o galletas saladas. (Herrero, 2022)

### **2.6.1.2. Amarantos**

El amaranto de grano (*Amaranthus* spp.) ha logrado formar parte de los cultivos básicos en América latina, logrando persistir hasta la fecha como parte de la agricultura tradicional. En la actualidad, existe un renovado interés en su cultivo debido al potencial que presenta en la elaboración de nuevos productos. De los productos más comunes se obtiene la harina con la cual se elaboran pasteles, galletas, cremas, pastas, etc. (Sánchez et al., 2016)

Su proteína tiene un alto valor biológico porque tiene un contenido equilibrado de aminoácidos más cercano a la proteína ideal. El rendimiento proteico del amaranto es equivalente al de la caseína y el aminoácido esencial es la lisina, que no se encuentra en las proteínas de los cereales. El contenido de lisina del amaranto es el doble que el de los cereales comunes. Por lo tanto, el amaranto se puede utilizar para complementar alimentos elaborados a base de maíz, trigo y arroz. Desde una perspectiva nutricional, esto es particularmente beneficioso para los más vulnerables de la sociedad. (Sánchez, 2015)

### 2.6.1.3. Taxonomía del amaranto

**Tabla 2:** *Taxonomía del amaranto*

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Reino	Plantae
Origen	Centrospermales
Familia	Amaranthaceae
Género	Amaranthus
Especie	sp
Nombre científico	Amaranthus sp

**Fuente:** (Martínez & Rodríguez, 2010)

El amaranto se cultiva desde hace más de 5.000 años, originario de América del Sur y Central, conocido como sangorache o quinua de Castilla, y extendido por América y Europa con más de 70 especies del género *Amaranthus*. Esta planta se caracteriza por el tipo de inflorescencia, ramificaciones, colores brillantes que tiene en sus semillas, espigas y hojas, debido a que crece a 3500 metros sobre el nivel del mar y alcanza los 4 metros de altura, el cual se caracteriza por ser una especie anual. (Casa, 2023)

### 2.6.1.4. Origen y domesticación

El amaranto (*amaranthus* sp.), originario de América central y conocido en Ecuador como "ataco". Las muestras arqueológicas del grano de "amaranthus" hallados en Tehuacán, Puebla, en la Ciudad de México, demostrando una antigüedad de 4.000 a.C, indicando así su origen en América Central y América del Sur. (Cornejo, 2014) Descubrimientos arqueológicos han

evidenciado que sus hojas y semillas eran empleadas como alimento de habitantes prehispánicos. Posterior a la conquista de América, el amaranto emigró desde México, Guatemala y los Andes peruanos, a Europa, África, India y Asia. (Neurath, 2023)

Se conocen más de 60 especies de amaranto en todo el mundo, y entre ellas destacan tres especies: *Amaranthus caudatus* L. que se cultiva en la región de los Andes, y las especies *Amaranthus cruentus* L. y *Amaranthus hypochondriacus* L., originarias de México y que pueden utilizarse como vegetal, aunque que se cultivan principalmente para obtener grano. (Chancahuaña, 2018)

### 2.6.1.5. Importancia cultural y tradicional

Las semillas recolectadas y seleccionadas se utilizan a menudo para hacer harina, que es bastante difícil de procesar debido al pequeño tamaño de las semillas y a su consistencia dura cuando se muelen de la forma tradicional (en un molino de piedra). Por lo tanto, es preferible tostarlo previamente en pequeñas cantidades con el propósito de reventar los granos y luego pueden ser molidos con facilidad. El resultado es una harina de olor y sabor agradable. La harina de amaranto es apreciada para la preparación de refrescos instantáneos, chicha y productos de panadería o repostería. (Rojas et al., 2010)

### 2.6.1.6. Descripción botánica de la planta

En la tabla 3 se describe la morfología que presenta la planta de amaranto, mencionando sus características desde la raíz de la planta hasta sus flores y semillas.

**Tabla 3:** Descripción morfológica de la planta de amaranto

Parte de la planta	Descripción
<b>Raíz</b>	Es pivotante, con muchas raíces secundarias y terciarias. Esta raíz ayuda a soportar la falta de agua y, según el tipo de suelo, puede alcanzar una profundidad de 40 cm.
<b>Tallo</b>	Tiene forma cilíndrica, con ángulos y estrías gruesas longitudinales, de color morado o púrpura. Dependiendo de la

densidad de plantación y la fertilidad del suelo, el diámetro de la base puede alcanzar los 4 cm y la altura puede alcanzar los 2,0 m.

### **Hojas**

Las hojas de la planta son simples, alternas u opuestas, pecioladas, con bordes levemente ondulados, tamaño variable entre 3 y 15 cm de largo y de 1,5 a 10 cm de ancho, de forma ovalada, verdes en periodos de crecimiento y moradas o purpuras a la madurez de la planta, con nervaduras prominentes.

### **Flores**

Son terminales o axilares de tipo amarantiforme o glomerular, erectas de color morado o purpura intenso. Se juntan y forman panículas, la longitud de las panículas maduras puede alcanzar los 50 cm. Las flores son unisexuales, pequeñas, con forma de estambres o pistilos. Son principalmente autofértiles, pero se produce polinización cruzada, principalmente por insectos o viento.

### **Fruto**

Es una cápsula pequeño pixidio unilocular, que a la madurez se abre para dejar caer la parte superior u opérculo, dejando al descubierto la parte inferior llamada urna, donde se aloja la semilla, la misma que se desprende fácilmente; dando lugar a una fuerte dehiscencia o caída de las semillas.

### **Semillas**

Las semillas son pequeñas, lisas, brillantes, negras o moradas. El número promedio de semillas por gramo es de 1.800, de las cuales el 82% son semillas normales y el 18% son semillas deformes o inmaduras. Las semillas son duras y difíciles de moler. La semilla está formada por la cutícula o tegumento, el endospermo o segunda capa, el embrión formado por los cotiledones y la parte más interna del perisperma.

---

**Fuente:** (Sotelo, 2022)

#### **2.6.1.7. Tipos de amaranto**

- **Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)**

Es una planta herbácea anual con un tallo simple o ramificado, alcanzando 3 metros de altura. Sus hojas son elípticas y ovaladas, con el ápice agudo y la base cuneada o puntiaguda, además la inflorescencia es grande, con espigas y panículas laterales. Es muy denso, erguido y espinoso, el tamaño de las brácteas es igual al tamaño de las ramas del estilo, son muy afiladas y esto le da a la inflorescencia una apariencia y sensación nítidas. (Montoya et al., 2015)

La flor de esta especie tiene 5 pétalos, ligeramente curvados y más largos que los pétalos de otras especies productoras de grano, las puntas son puntiagudas, los pétalos internos son más cortos que los externos. El utrículo está circuncidado y tiene una cápsula grande. Las ramas del estilo son curvas y se juntan en la base formando un pequeña hendidura. Las semillas son de color blancas, doradas, marrones y negras. (Maldonado, 2014)



**Figura 1:** *Amaranthus hypochondriacus*

**Fuente;** (Maldonado, 2014)

- **Amaranto** (*Amaranthus cruentus*)

El tronco es erecto, de hasta 2 m de altura, normalmente más pequeño que el de *A. hypochondriacus*. Cuando la planta crece por completo, tiene espinas suaves y sueltas en la parte inferior y panículas en la parte superior. Las semillas pueden ser marrones, negras, blancas o amarillas. Las semillas de colores claros se utilizan para producir cereales, mientras que las semillas de colores oscuros se utilizan como hortalizas o como ornato. (Cornejo, 2014)



**Figura 2:** *Amaranthus Cruentus*

**Fuente;** (Cornejo, 2014)

- **Amaranto** (*Amaranthus caudatus*)

También conocida como “Kiwicha” nombre original en Perú, es una planta nativa de los Andes centrales. Sus hojas tiernas y plántulas se pueden comer como ensalada o sopa. El grano revienta como un canguro y se cuece o se convierte en harina como la quinua. Crece en altura y no le gusta la humedad ni el sobrecalentamiento. Es uno de los tres platos principales a base de cereales. (Núñez, 2021)

Este pseudocereal se presenta en una variedad de colores y formas vegetales, pero se distingue por sus inflorescencias en forma de cauda y sus semillas de color marfil con bordes rojos. Es una planta herbácea anual que alcanza una altura de 2 m. Las panículas o espigas son inusualmente largas y colgantes, lo que les da la apariencia característica de glomérulos. (Cornejo, 2014)



**Figura 3:** *Amaranthus caudatus*

**Fuente;** (Peralta, 2010)

- **Amaranto (*Zelenaya Sosulka*)**

La variedad "*Zelenaya Sosulka*" es un tipo único, con características particulares, y si bien su nombre tiene origen ruso, el amaranto como género está muy extendido en todo el mundo y puede adaptarse a diferentes climas y suelos. El nombre "*Zelenaya sosulka*", que significa "carámbano verde" en ruso, se deriva del nombre común de amaranto, que se caracteriza por sus inflorescencias largas y colgantes. La planta alcanza una altura de 1.5 a 2 metros y las hojas son verdes, a menudo de un tono brillante. (Calapiña, 2022)

La planta en sí produce largas inflorescencias que cuelgan hacia abajo, dándole un aspecto distintivo similar a los carámbanos. Es una especie versátil que prospera en diferentes climas, pero es más eficaz cuando está rodeada de sol cálido y prefiere suelos bien drenados. (Jiménez, 2019)

#### **2.6.1.8. Parámetros de calidad para el grano de amaranto**

Según la normativa del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2646 2012) nos señala los requisitos de calidad que debe cumplir el grano de amaranto para su comercialización y consumo.

- **Requisitos específicos**

El amaranto en grano se clasifica en los grados 1, 2 y 3, de acuerdo con los requisitos indicados a continuación.

**Tabla 4:** *Requisitos físicos de los tres grados de calidad del amaranto*

Requisito físico	Unidades	Grado 1	Grado 2	Grado 3
<b>Masa hectolétrica</b>	kg/hl	>80	<78	<72
<b>Tamaño del grano</b>	mm	>1,14	0,87 a 1,13	<0,87
<b>Masa de 1000 granos</b>		>1,43	>0,94	>0,55
<b>Granos rojos/rosados</b>	%	0,5-2	2,1 -9	>9,1
<b>Granos negros de otras especies de amaranto</b>	%	0-4	4,1 -9	>9,1
<b>Color predominante del grano</b>		Blanco/crema	Blanco/crema	mixtura
<b>Forma del grano</b>		ovoidea	ovoidea	ovoidea

Fuente: (NTE INEN 2646 2012)

El grano de amaranto para la comercialización debe cumplir los requisitos indicados en la siguiente tabla con base en producto seco y limpio.

**Tabla 5:** *Requisitos de calidad del grano de amaranto*

Requisito	Unidad	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Método de ensayo	
<b>Granos inmaduros</b>	%	2	5	>5	numeral 8	
<b>Materias extrañas</b>	%	0,5	2,5	>2,5	numeral 8	
<b>Granos dañados, en masa, máximo</b>	<b>Por calor</b>	%	2,5	3,5	>3,5	numeral 8
	<b>Por hongos</b>	%	...	0,5	0,5	numeral 8
	<b>TOTAL</b>	%	2,5	4,0	4,0	numeral 8

Fuente: (NTE INEN 2646)

- El olor debe ser típico del grano de amaranto, no se aceptan semillas con olores extraños.
- Los granos de amaranto deben tener el color natural y uniforme característico de una determinada variedad del grano.

- La pureza varietal para el grado 1 debe alcanzar al menos el 95%.
- Los granos de amaranto deben tener un contenido de aflatoxinas inferior a 5 partes ppb.

#### **2.6.1.9. Propiedades del amaranto**

- **Composición química**

Las semillas de amaranto son pseudocereales, al igual que la quinua y el trigo sarraceno, por lo que su composición química se compara con la de los cereales. Los datos aproximados de composición química, de las 3 principales especies de amaranto de grano publicado por una revista dedicado a la agronomía entre ellas es el "amaranthus caudatus" llama la atención el abundante contenido de proteína que varía entre el 14 y el 17%, aunque se ha informado de valores hasta del 22%. Cuanta proteína tiene este grano y algunos cereales se puede apreciar que en el amaranto es mayor que en los cereales más comunes. (Bressani, 2012)

Según diferentes estudios, el perfil nutricional del amaranto tiene un contenido proteico superior al de los cereales más consumidos, como el trigo (12-14%), el arroz (7-10%) o el maíz (9-10%). (Manso & Pineda, 2009) La mayor parte de la proteína del amaranto (14-18%) corresponde a proteínas globulinas ricas en lisina y aminoácidos azufrados, esenciales para una nutrición óptima. Además, contiene diversos compuestos como péptidos antimicrobianos, inhibidores de proteasas, lectinas y compuestos antioxidantes. (Herrero, 2022)

- **Composición nutricional**

El amaranto contiene un balance casi perfecto de aminoácidos para formar la proteína humana, y tiene abundante lisina que es el aminoácido más escaso en los demás cereales. Esto lo hace ideal para integrarse en una dieta tradicional de la población y para revertir los procesos de desnutrición. (Vargas, 2015)

En los últimos años se ha comprobado, por medio de técnicas modernas, de la alta calidad y cantidad de proteínas que contiene el amaranto, lo que llama la atención de los especialistas en alimentos. La cantidad de proteína de la semilla del amaranto es mayor que la de los cereales. (Roque, 2019) Contiene más del doble de proteínas que el maíz, arroz y de 60 a 80% que el trigo. Además, los valores del extracto (Lípidos), fibra cruda y ceniza, también superan el contenido de los cereales, del mismo modo la composición de aminoácidos contiene el doble de lisina que el trigo y el triple que el maíz, característica que hace del amaranto un alimento valioso para complementar las dietas basadas en cereales. (Cornejo, 2014)

**Tabla 6:** *Composición proximal de la semilla de amaranto*

COMPOSICIÓN	SEMILLA DE AMARANTO
Humedad %	11,1
Proteína %	17,9
Grasa %	7,7
Fibra %	2,2
Ceniza %	4,1
Carbohidrato %	57,0

**Fuente:** (Hernández et al., 2018)

El amaranto contiene altas cantidades de almidón, representando del 50 al 60 % de su peso seco. El contenido de grasa es de 7 a 8 %, de los cuales el escualeno, que es un potente antioxidante y fortalecedor del sistema inmune, es un componente abundante. Además, el 14- 18 % de las proteínas en las semillas corresponden a globulinas (principalmente 11S) ricas en lisina y aminoácidos azufrados, los cuales son esenciales para una óptima nutrición. (Hernández et al., 2018)

**Tabla 7:** *Composición proximal de hojas de amaranto*

COMPONENTES	HOJAS DE AMARANTO
Humedad %	86,9
Proteína %	3,5
Calcio %	0,262
Fósforo %	0,067
Vitamina A %	0,6100
Ácido ascórbico %	0,080

**Fuente:** (Hernández et al., 2018)

Las hojas de amaranto poseen una buena textura, sabor y calidad nutricional, contiene altos valores de calcio, hierro, fósforo y magnesio, así como ácido ascórbico, niacina, vitamina A y fibra. (Hernández et al., 2018) Con estas características mencionadas, podemos decir que el

amaranto es un cultivo prometedor, debido a que representa una de las mejores fuentes de proteínas de origen vegetal.

#### **2.6.1.10. Beneficios para la salud**

El alto contenido en calcio, fibra y potasio en las hojas y los granos resulta diurético, además de benéfico para los vasos sanguíneos y la salud de los organismos en general, pudiendo actuar en el tratamiento natural de la hipertensión. (Boteo, 2018)

El gluten es una proteína que se encuentra en concentraciones variables en la mayoría de los cereales. Está relacionado con la enfermedad celíaca, que es causada por una condición del sistema inmunológico que provoca una reacción que daña el intestino delgado cuando se expone a las proteínas, lo cual suele acompañar a la diabetes. El amaranto, al no contener gluten y tener efectos contra la diabetes, se ha considerado un alimento viable para las personas que sufren esta enfermedad. (Monroy, 2017)

#### **2.6.1.11. Producción del amaranto en el Ecuador**

En el Ecuador la producción de amaranto contiene un total de 150 quintales al año, lo que equivale más o menos a unas 7 toneladas aproximadamente. Con el transcurso de los años tanto la producción como la utilización de amaranto han disminuido de manera considerable ya que este producto se ha vuelto poco conocido entre los mismos productores y consumidores ecuatorianos. Se ha evidenciado que hay un fuerte potencial para el incremento del consumo interno y posibles exportaciones de amaranto como un 25 alimento saludable ya que ejecutarlo requiere de un esfuerzo integral para promover el cultivo y consumo de este producto. (Valenzuela, 2016)

El amaranto actualmente el 4% de la población conoce este pseudocereal debido a la falta de cultura de cultivo del grano. El amaranto se cultiva en diversas provincias de la sierra a altitudes de 2800 msnm, Además, según el Sistema de Información Nacional de 18 Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca, Imbabura es la provincia con mayor producción de amaranto con un 37.5% de su territorio total, es decir, 50 hectáreas a un costo de 1.109USD/ha. (Casa, 2023)

### 2.6.1.12. Tipos de harinas

Las harinas son el producto obtenido de la molienda de granos, cereales y tubérculos, las cuales pueden contener aditivos y nutrientes tales como proteínas, aminoácidos, minerales y ácidos grasos esenciales. (Anchundia et al., 2020)

- **Harinas de amaranto**

Las harinas de amaranto pueden presentar diferente composición en función del grado de extracción, debido a la mayor concentración de nutrientes en el pericarpio y en el germen comparado con el grano entero. El grano entero está compuesto por 18,5 % de proteínas, 7,4 % de lípidos, 3,3 % de fibras y 3,2 % de cenizas, en cuanto al pericarpio y/o al germen contienen 42,0 % de proteínas, 19,2 % de lípidos, 7,7 % de fibras y 7,0 % de cenizas. El pericarpio tiene básicamente almidón en forma de amilopectina con el 7,7 % de proteínas, 2,3 % de lípidos, 0,9 % de fibras y 1,2 % cenizas. (Herrero, 2022)

- **Harina de trigo**

La harina de trigo es la más usada en panificación, debido a que contiene las proteínas requeridas para formar un gluten con las características necesarias para elaborar pan de buena calidad. Sin embargo, dada su naturaleza de cereal, el trigo es deficiente en lisina, aminoácido esencial para los seres humanos. Además, el contenido de fibra de la harina comúnmente usada para la elaboración de pan es insignificante, como resultado del proceso de refinación del grano de trigo. (Torres et al., 2014)

- **Harina de maíz**

La harina de maíz, al no contener gluten, sirve de base de harinas panificadoras para los enfermos celíacos, al igual que las harinas de arroz, quínoa, soja y mandioca. (Gálvez et al., 2006) La harina de maíz es un polvo, más o menos fino, que se obtiene de la molienda del grano seco, Contiene gran cantidad de aminoácidos, carbohidratos y minerales como magnesio, fósforo, hierro, selenio y zinc; además de vitaminas como la A, B y E. (Pérez et al., 2006)

- **Harina de quinoa**

La quinua es muy nutritiva y se utiliza para producir harina, sopas, cereales para el desayuno y alcohol. El polvo de quinua tiene buenas propiedades gelificantes, buena capacidad de

absorción de agua y crea una emulsión muy estable. La harina de quinua se elabora lavando las semillas de quinua para eliminar las saponinas, secándose y moliendo finamente. El producto resultante, entre otras cosas, tiene propiedades beneficiosas como un contenido en proteínas del 14,2%. (Vergara, 2011)

### 2.6.1.13. Normativas INEN de la harina de amaranto

Según un estudio realizado por Moposita et al., (2023) con la temática de “Pastas alimenticias enriquecidas con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*)” nos indica un estudio comparativo de los parámetros de la harina de amaranto de dos autores con las normas INEN.

En la actualidad no existe una normativa específica para la harina de amaranto, sin embargo, en la siguiente tabla se presenta una comparación de los valores físico químico de la normativa harina de amaranto, realizado por (Moposita et al., 2023; Pérez & Luzuriaga, 2010), frente a la INEN 2646:2012 (Granos y cereales. Grano de amaranto. Requisitos e inspección) (NTE INEN 2646 2012)

**Tabla 8:** *Análisis comparativo del perfil nutricional de la harina amaranto*

Nutrientes	Referencias		
	INEN 2646:2012	(Pérez & Luzuriaga, 2010)	(Moposita et al.,2023)
Acidez %	...	0,08	0,056
Humedad %	12.0 (máx.)	10,00	8,410
Cenizas %	3.0 (máx.)	3,17	3,537
Grasa %	7.0 (máx.)	4,10	4,377
Fibra %	9.0 (máx.)	5,18	5,352
Proteína %	14.0 (mín.)	12,49	14,297

**Fuente:** (Moposita et al., 2023)

Los datos de la harina de amaranto reportados en el presente estudio se encuentran dentro del rango establecido por la normativa ecuatoriana INEN 2646:2012, aunque la variable cenizas, presenta un valor ligeramente superior, lo que puede indicar una presencia de SiO<sub>2</sub>, K, Ca, Mg, P, Al, Zn y Fe. (Moposita et al., 2023)

#### **2.6.1.14. Harinas precocidas**

Las harinas precocidas son harinas que han sido sometidas a procesos de cocción y molienda. Debido a las altas temperaturas el almidón se gelatiniza, logrando una textura suave, por lo que su empleo en alimentos va destinado a la elaboración de tortillas, tamales, arepas y otros platos típicos. Se caracterizan por ser harinas de fácil digestión, con capacidad de absorción de líquidos y poseer una vida útil más larga en comparación a las harinas convencionales, debido a que el proceso de cocción elimina el contenido de humedad y reduce la actividad enzimática de la harina. (Paredes, 2023)

Dicho lo anterior las harina precocida se define como aquella harina que se somete a un proceso de calentamiento en presencia de suficiente humedad y como consecuencia sufre un cambio físico conocido como gelificación por el cual el almidón de la harina resulta modificado. (Combariza & Sánchez, 2006)

#### **2.6.1.15. Características de las harinas precocidas**

Son productos obtenidos por molienda, son de baja humedad y alta en durabilidad, la principal característica de una harina precocida es la factibilidad de hidratación, solubilización y desarrollo de una 36 textura visco elástica como resultado de los almidones modificados que contiene. Las variaciones en la textura de una harina precocida reconstituida por hidratación están íntimamente ligadas al estado de transformación del almidón como consecuencia de las condiciones del proceso. (Magro, 2015)

#### **2.6.1.16. Métodos de precoccion**

- **Precocción en marmita**

A la marmita se le considera una olla a vapor que se desempeña a escala industrial para la cocción o precocción de los alimentos. La marmita realiza diversas operaciones en la industria láctea, como la pasteurización de la leche, el cuajo del queso y la maduración del yogur. Su tamaño, capacidad y eficiencia dependen del modelo y de la escala o cantidad que quieras

utilizar. Suelen estar fabricados en acero inoxidable y la capacidad se expresa en litros. (Velasco et al., 2003)

- **Precocción en autoclave**

El procesamiento en autoclave es sólido y bien comprendido, se ha beneficiado de importantes investigaciones y experiencia obtenidas a partir de un uso industrial generalizado, y sigue siendo un punto de referencia para procesos competidores. (Grunenfelder, 2015) El autoclave es un equipo que se emplea para la esterilización de diferentes sustancias u objetos. Además este dispositivo es también utilizado por otros investigadores como método de precocción en cereales o harinas, debido que a diferencia de otros métodos de precocción este equipo obtenemos mayor precisión en controlar el tiempo, temperatura y presión a la hora de realizar una precocción. (Vargas & Mejía, 2014)



**Figura 4:** *Autoclave*

Fuente: (Hrdalo et al., 2020)

- **Precocción por uso de vapor**

Un generador de vapor es un conjunto o sistema que consta de una caldera y equipo asociado diseñado para convertir agua de un estado líquido a un estado gaseoso a temperaturas y presiones no atmosféricas. El vapor es una fuente de energía utilizada en la industria alimentaria desde hace muchos años, y fue en los países orientales donde este elemento se utilizó por primera vez para la precocción de productos. El tiempo de precocción está directamente relacionado con el porcentaje de humedad, así como con un ligero aumento de la acidez y en definitiva una disminución del tiempo de contacto del producto con el agua hirviendo. (Tovar et al., 2017)

- **Precocción por tostado**

Es un proceso térmico en el que los alimentos y materiales biológicos se tratan térmicamente principalmente para alargar su vida útil o mejorar sus propiedades organolépticas. Esto también indica que uno de los procesos térmicos utilizados en los productos alimenticios es el tostado, el cual es un método que se realiza para mejorar y obtener características sensoriales y texturales propias del alimento como por ejemplo ampliar la gama de 39 aromas, texturas, realzar el sabor, inactivar enzimas, destruir microorganismos y reducir la actividad de agua. (Magro, 2015)

Según Alamprese et al., (2009) menciona que el tostado implica una serie de cambios fisicoquímicos en el alimento como la deshidratación y reacciones químicas, entre las que destaca la reacción de Maillard, la cual da lugar a pigmentos marrones y compuestos de pirazina asociados al desarrollo de sabor típico en productos tostados.

#### **2.6.1.17. Antecedentes en precocción**

Para abordar esta parte del estudio, se seleccionó un rango de temperaturas y tiempos tomando como referencias las condiciones publicadas en la bibliografía para diferentes granos de consumo. Anchundia et al., (2019) aplicó una técnica de precocción de harina de batata con dos variables de temperaturas de 97°C y 121 °C, con presiones de 13,5 PSI y 15 PSI por 30 minutos en autoclave. Vera Julon, (2019) determinó la cinética de precocción de tres variedades de arroz, con factores de precocción de 100°C, 105°C, 110°C y tiempo de precocción de 2 min, 3 min y 4 min, realizado en un mini autoclave. Magro, (2015) la metodología de trabajo del autor consistió en obtener la semilla de linaza germinada luego sometida a precocción por dos métodos: autoclavado (90°C, 10 min.) y tostado (130°C, 30 min).

Considerando los antecedentes mencionados, los factores de precocción seleccionados para este estudio son: Temperaturas de 110°C, 115°C y 120°C, con tiempo precocción de 10min, 20min y 30min para el desarrollo de la harina precocida de amaranto.

#### **2.6.1.18. Análisis físico**

Los análisis físicos de harinas son esenciales para determinar sus propiedades y comportamiento durante el procesamiento y almacenamiento. Entre estos análisis, se incluyen el índice de Hausner, el ángulo de reposo, la higroscopicidad, la densidad aparente y la densidad compactada.

- El índice de Hausner es una medida de la fluidez y compresibilidad de un polvo, calculado como la razón entre la densidad compactada y la densidad aparente, proporcionando información sobre la cohesión del material. (Reyes et al., 2019)
- El ángulo de reposo es una medida de la fluidez de la harina, definido como el ángulo que se forma entre la superficie de la harina y el plano horizontal cuando se vierte sobre una superficie plana. (Cerezal et al., 2011)
- La higroscopicidad se refiere a la capacidad de las harinas para absorber humedad del ambiente, un factor crítico para la estabilidad y conservación del producto. (Cerezal et al., 2011)
- La densidad aparente es la masa de la harina por unidad de volumen sin compactar, mientras que la densidad compactada es la masa por unidad de volumen después de un proceso de compactación, ambos parámetros son cruciales para entender la manejabilidad y almacenamiento de las harinas. (Quiceno & Mosquera, 2010)

Los análisis antes mencionados son fundamentales para asegurar la calidad y funcionalidad de las harinas en aplicaciones industriales y culinarias. Estas propiedades son influyentes en el comportamiento del polvo en fases posteriores del procesado, conservación y manipulación. Cuanto más sueltas estén las partículas de un producto en polvo y mejor fluyan en el aire, menores índices de Hausner y ángulo de reposo tendrán. (Fernández, 2024)

#### **2.6.1.19. Solubilidad y proteínas**

La solubilidad y el contenido de proteínas son parámetros críticos en el análisis de harinas, ya que influyen directamente en su funcionalidad y aplicabilidad en productos alimentarios. La solubilidad se refiere a la capacidad de las harinas para disolverse en agua, lo cual es esencial para determinar su comportamiento en diferentes condiciones de procesamiento y su uso en formulaciones alimenticias. (Grajales & Zipasuca, 2011)

El análisis de proteínas en harinas es crucial para comprender su funcionalidad y su impacto en las propiedades finales de los productos alimenticios. Las proteínas en las harinas juegan un papel vital en la formación de la estructura y la textura, especialmente en productos de panificación. (Cuba & Huicho, 2024)

Los análisis de proteínas permiten optimizar las formulaciones de las harinas, mejorando tanto la calidad nutricional como la funcionalidad de los productos alimenticios. (Argel, 2022)

Además, la presencia de proteínas influye en la capacidad de las harinas para formar emulsiones y espumas, lo cual es importante en una variedad de aplicaciones culinarias. (Pincioli, 2011)

#### **2.6.1.20. Análisis nutricionales**

Los análisis proximales en las harinas o en cualquier otro producto, son fundamentales para evaluar su composición química y determinar su calidad nutricional. Estos análisis incluyen la medición de la humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra y carbohidratos. (Benítez et al., 2008)

- **Humedad**

El contenido de humedad es un factor que depende tanto de la materia prima como del método de obtención y las condiciones del proceso de deshidratación. Un contenido de humedad menor al 10% resulta conveniente para evitar el deterioro de los almidones durante su almacenamiento. (Sierra & Allca, 2022)

- **Ceniza**

La ceniza se incluye en la base de datos de nutrientes como uno de los componentes, debido a que proporciona una estimación del contenido total de los minerales en forma de sulfatos, óxidos, nitratos, fosfatos, cloruros y otros haluros de los alimentos. (Fernández, 2021)

- **Proteínas**

El contenido de proteínas se mide para evaluar el valor nutricional y funcional de la harina, ya que las proteínas son fundamentales para la estructura y textura de los productos alimenticios. (Cerde, 2010)

- **Grasas**

El análisis de grasas en harinas es crucial para evaluar su contenido lipídico y su efecto en la calidad de los productos alimenticios. Las grasas afectan el sabor, la textura y la estabilidad de las harinas, por lo que es importante determinar su contenido y composición de ácidos grasos para optimizar su uso en la panificación. (Coronel Feijó, 2019)

- **Carbohidratos**

El análisis de carbohidratos es esencial para comprender su contenido energético y su impacto en las propiedades funcionales y nutricionales de los productos alimenticios (Gálvez & Ortiz,

2023). Los carbohidratos, como almidones, azúcares y fibra dietética, son la mayor parte de las harinas. Además, la determinación de almidones es crucial para la estructura y textura de los productos finales, mientras que los azúcares afectan al sabor y fermentación. (Lescano, 2010)

- **La fibra dietética**

Es una mezcla compleja de carbohidratos que están asociados a otros componentes no-carbohidratos. Consiste en el residuo vegetal no digerible, que incluye los polisacáridos no amiláceos y la lignina. La fibra presenta una serie de propiedades físico químicas que explican los efectos fisiológicos que se le atribuyen. (Aguilera, 2009)

#### **2.6.1.21. Evaluación de análisis funcionales**

Los análisis funcionales se caracterizan por la medición de parámetros, como la capacidad de absorción de agua, la viscosidad, el perfil de rehidratación, la estabilidad térmica, y la capacidad de gelificación, entre otros. Además, analiza aspectos relacionados con la textura, el sabor y la digestibilidad, así como el impacto de estos atributos en la calidad de un producto final. La finalidad de estos análisis es optimizar el proceso de producción y mejorar las características funcionales de las harinas para su uso en diversas aplicaciones culinarias e industriales. (Aguilera, 2009)

- **Mixolab**

Uno de los equipos que se ha empleado, últimamente, para evaluar las materias primas utilizadas en panificación es el Mixolab, el cual, permite caracterizar el comportamiento fisicoquímico y reológico de las masas cuando se someten simultáneamente a mezclado y a temperaturas programadas. Por consiguiente, es posible registrar los cambios mecánicos, debido al mezclado y al calentamiento, así como el trabajo mecánico y las condiciones de calor que se podrían esperar durante el proceso de horneado. (Rodríguez et al., 2012)

#### **2.6.2. Marco Conceptual**

##### **2.6.2.1. Amaranto (*Amaranthus spp.*)**

El amaranto es una fuente de proteína de alto valor biológico con un contenido equilibrado de aminoácidos, similar al de la caseína. Destaca por su alto contenido de lisina, un aminoácido

esencial que no se encuentra en los cereales comunes. Esto lo convierte en un complemento ideal para alimentos a base de maíz, trigo y arroz. (Sánchez, 2015)

#### **2.6.2.2. Harina Precocida**

Son productos que se obtienen mediante molienda y tienen baja humedad y baja perecibilidad. La principal característica de la harina precocidas es su capacidad para hidratarse, disolverse y desarrollar una textura viscoelástica debido a su contenido de almidón modificado. Los cambios texturales en la harina precocida reconstituida por hidratación, están estrechamente relacionados con el estado de transformación del almidón resultante de las condiciones del proceso. (Magro, 2015)

#### **2.6.2.3. Autoclave**

El autoclave es un equipo que se utiliza para esterilizar sustancias u objetos y como método de precocción en cereales o harinas, ofreciendo mayor precisión en el control de tiempo, temperatura y presión. (Vargas & Mejía, 2014)

#### **2.6.2.4. Caracterización Nutricional**

Se compone de macronutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos y micronutrientes, vitaminas, minerales y el valor energético que nos proporcionan presentes en la harina de amaranto, así como la presencia de compuestos bioactivos que puedan ofrecer beneficios adicionales a la salud. (Canales et al., 2023)

#### **2.6.2.5. Propiedades Funcionales**

Los análisis funcionales miden parámetros como absorción de agua, viscosidad, rehidratación, estabilidad térmica y gelificación, así como textura, sabor y digestibilidad. Además buscan optimizar la producción y mejorar las características de las harinas para diferentes usos culinarios e industriales. (Aguilera, 2009)

#### **2.6.2.6. Mixolab**

Es una nueva herramienta analítica que puede caracterizar el comportamiento reológico de masas amasadas a diferentes temperaturas. Con este método, la harina se puede diseñar en función del uso final. (Lascano, 2010)

## **2.7. Metodología del Proceso de Investigación**

El desarrollo de las harinas precocidas de amaranto fue realizado en el laboratorio de la carrera de agroindustria en la Universidad Técnica de Cotopaxi. El proyecto se apoyó en diversos tipos de investigación para recolectar la información necesaria y el cumplimiento de los objetivos establecidos.

### **2.7.1 Tipos de investigación**

La metodología de investigación que se usó en el desarrollo del proyecto, fueron seleccionadas minuciosamente con el propósito de solucionar la problemática y corroboración de las hipótesis. Además crear nuevo conocimiento que aportará información de juicioso valor para la industria alimentaria y la sociedad.

#### **2.7.1.1. Investigación cuantitativa**

Es un método sistemático que se emplea para explorar fenómenos observables a través de técnicas estadísticas, matemáticas o computacionales. Este enfoque de investigación implica la recopilación y análisis de datos numéricos, y se aplica ampliamente en ciertas disciplinas. Se caracteriza por ser objetiva y deductiva, producto de los diferentes procesos experimentales que pueden ser medibles. (Babativa, 2017)

En la investigación, se observa un enfoque cuantitativo debido a que se utilizaron factores numéricos debido a las variables como: el tiempo y temperatura de precocción. Además se enfocó en la recolección de resultados, procesamiento, análisis e interpretación.

#### **2.7.1.2. Investigación descriptiva**

Tiene como objetivo principal, identificar las características y propiedades de un fenómeno específico. La investigación descriptiva utiliza análisis estadísticos para procesar los datos recolectados y puede plantear hipótesis que ayuden a caracterizar el fenómeno en estudio. Se enfoca principalmente en señalar las características clave de la población bajo análisis. (Albán et al., 2020)

En esta investigación, se describió el proceso optimizado para la precocción de la harina de amaranto, se estableció las condiciones óptimas utilizando modelos matemáticos, además, se

proporcionó una descripción detallada de las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto.

### **2.7.1.3. Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica forma parte de la categoría cuantitativa, porque contribuye a la formulación del problema de investigación gracias a la consideración de aspectos teóricos e históricos. Así, la búsqueda bibliográfica contribuye a estructurar las ideas iniciales del proyecto, contextualizando desde una perspectiva teórica, metodológica e histórica concreta. (Tamayo & Verdezoto, 2022)

La investigación bibliográfica nos ayudó en la recopilación de información de distintos autores referentes al tema, ayudando en la calidad y credibilidad del proyecto al respaldar afirmaciones y conclusiones con evidencia sólida.

### **2.7.1.4. Investigación experimental**

La investigación experimental es aquella que recopila datos a través de la experimentación y los compara con variables estándar para descubrir las causas o los efectos de los fenómenos que se estudian. También se le suele llamar método científico experimental. (Grandes & Gualotuña, 2022)

En la investigación se utilizó un diseño experimental de superficie respuesta, en donde se aplicaron factores de temperatura y tiempo de precocción, evaluando los niveles de optimización en función a la solubilidad y proteína, con la finalidad de obtener las condiciones óptimas de precocción de la harina de amaranto (*Zelenaya Sosulka*).

### **2.7.1.5. Técnicas de investigación**

Son técnicas empleadas para adquirir, analizar y entender datos, con la finalidad de responder a las preguntas de la investigación y alcanzar objetivos específicos.

### **2.7.1.6. La observación**

Facilita la identificación de problemas, la recopilación de datos, el análisis de resultados y la formulación de conclusiones. Una observación meticulosa y sistemática garantiza la solidez de la investigación con evidencia sólida. (Quilumbaquin, 2023)

Esta técnica se empleó con la finalidad de observar el desarrollo de harinas precocidas de amaranto, permitiendo recopilar datos y registrando resultados para respaldar los argumentos y conclusiones con evidencia concreta.

### 2.7.2. Reactivos, materiales y equipos

#### Materia prima

- Granos de amaranto

#### Reactivos

- Agua purificada
- Bicromato de Potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )
- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Sulfato de Sodio ( $Na_2SO_4$ )
- Sulfato de cobre ( $CuSO_4$ )
- El ácido bórico ( $H_3BO_3$ )
- Zinc en lentejas
- Etanol (alcohol etílico)
- El ácido clorhídrico (HCl) estandarizados 0,1N
- Carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) 0,1N estandarizado
- Dióxido de Selenio ( $SeO_2$ )
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 22%
- Alcohol-n-amílico
- Acetona ( $C_3H_6O$ )

#### Materiales

- Bandeja de secado
- Probeta
- Vasos de precipitación
- Tamizador
- Frascos de vidrio de 500 ml
- Papel aluminio
- Papel filtro

- Varilla de agitación
- Matraces Erlenmeyer 100 mL
- Cápsulas de aluminio de 5 cm de diámetro
- Crisoles de Porcelana.
- Crisoles de Gooch
- Lana de vidrio
- Reloj de laboratorio
- frasco lavador
- Espátula
- Pinza universal.
- Bureta para titulación
- Balones Kjeldahl de 600 ml.
- Pipeta de 10 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Probetas de 250 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 300 ml.
- Barra de agitación magnética
- Papel bond

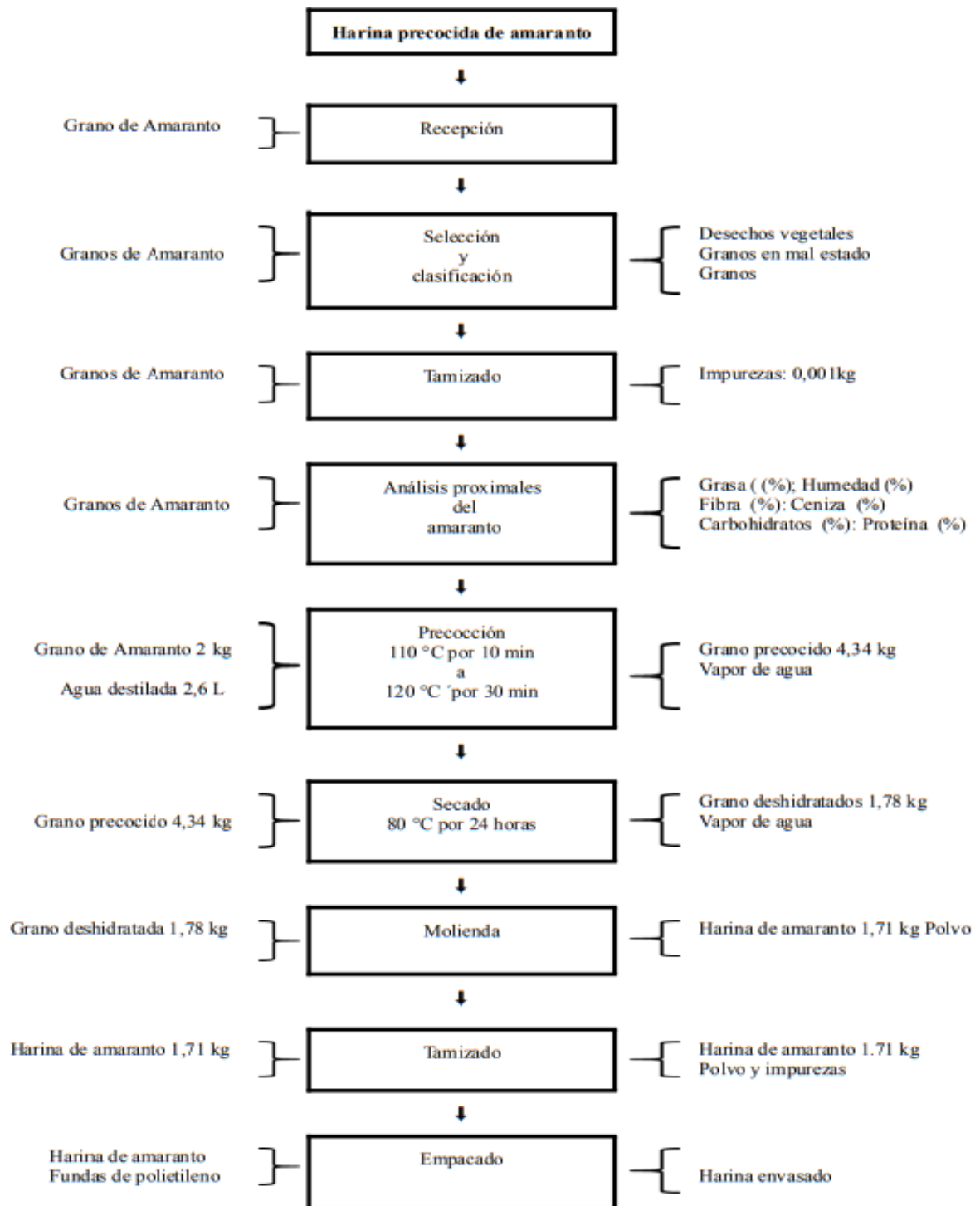
### **Equipo**

- Molino de discos BI140-2.2
- Centrifugadora (BOECO C-28A)
- Estufa (Mettler Universal 30)
- Deshidratador Maqorito MQD24BD
- Autoclave Tuttnauer 2540EKA
- Mixolab
- Balanza analítica de capacidad de 160 g y precisión de 0.1 mg
- Balanza analítica de precisión de 3200 G desde 0,01g
- Mufla Thermo FB1410M
- Plancha precalcinador
- Desecador con silicagel
- Macro Kjeldahl
- Equipo de bomba de vacío

- Equipo de agua caliente

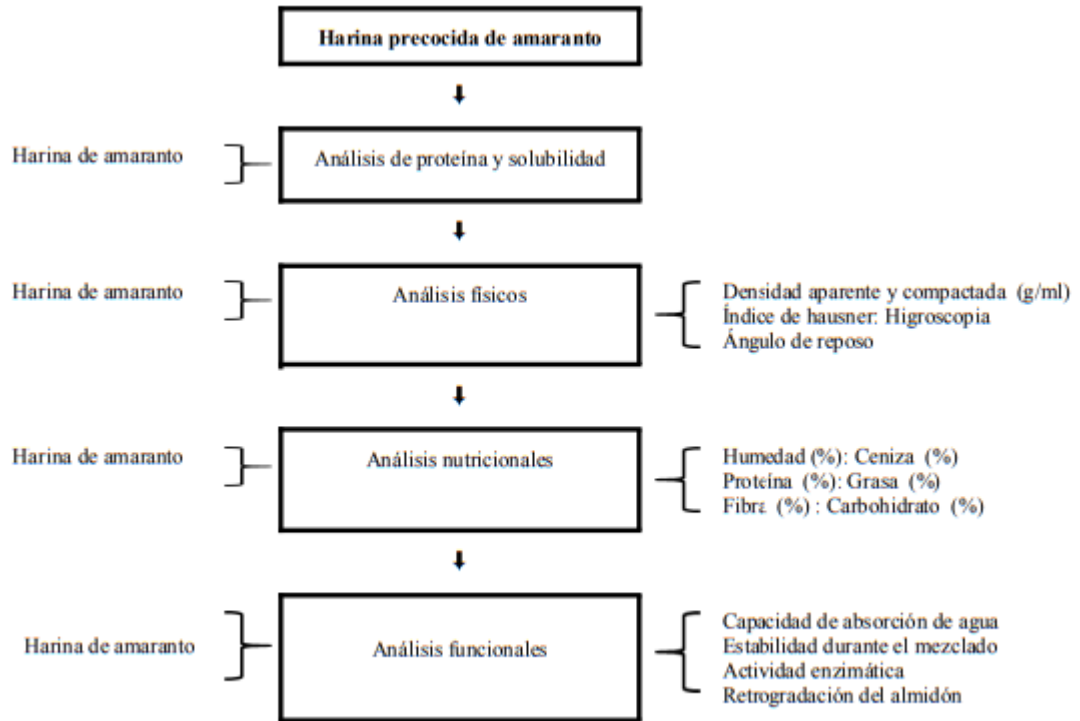
### 2.7.3. Desarrollo de la harinas precocida de Amaranto

#### 2.7.3.1. Diagrama de flujo de la harina precocida de amaranto



Fuente: Autor (Tipantuña, 2024)

### 2.7.3.2. Diagrama de flujo de las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto



Fuente: Autor (Tipantuña, 2024)

### 2.7.3.3. Desarrollo de la harinas

**Nota:** Los granos de amaranto (*Zelenaya Sosulka*) utilizados en este estudio, fueron provistos por el Ing. Marco Rivera, coordinador del proyecto "*Granos Andinos*", financiado por la Universidad de Cotopaxi, Ecuador.

**Recepción del grano de amaranto:** Se recibió 4 kilogramos de grano de amaranto proveniente del laboratorio de granos andino de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus Salache. El grano se almacenó en un sitio limpio y fresco, evitando contaminaciones directas.

**Selección y clasificación:** Se seleccionó y clasificó los granos de acuerdo a los requerimientos del producto y también se eliminó los granos que se encontraban en mal estado.

**Tamizado:** En esta operación se utilizó un tamizador de una apertura de 1 mm, para retirar todas las impurezas del grano.

**Pre-cocción:** Para esta operación se preparó 2 kilogramos del grano de amaranto con 2,6 litros de agua, distribuida en 10 frascos de vidrio de 500 ml. Después se utilizó una técnica de precocción de 3 variables de temperatura, (110°C, 150°C y 120°C) con tiempos (10 min, 20 min y 30 min) aplicada en el autoclave Tuttnauer 2540 EKA.

**Secado:** Realizada la precocción del grano, se somete a un deshidratador hasta obtener un peso constante con un porcentaje de humedad del 6 %. Esta operación se realizó a una temperatura de 80°C por 24 horas.

**Molienda:** Al obtener un porcentaje bajo de humedad se procedió a la trituration del grano de amaranto en un molino de discos BI140-2.2 hasta obtener la harina de amaranto.

**Tamizado:** En esta operación, la harina de amaranto pasó por diferentes mallas de una abertura de 1 mm a 2 mm, hasta obtener el producto deseado, separando los gránulos gruesos y obteniendo una harina uniforme.

**Envasado:** Finalmente se procedió a envasar la harina precocida en fundas de polietileno de manera manual con un peso de 0,8 kilogramos.

*Fuente: Autor (Tipantuña, 2024)*

#### **2.7.4. Caracterización de la semilla del amaranto en función al estudio proximal**

##### **2.7.4.1. Humedad Total**

Método Gravimétrico. Norma AOAC 925.10

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor, hasta que se haya eliminado el 100 % de agua. Esta humedad se elimina a una temperatura de 105 grados centígrados.

Se colocaron las cápsulas de aluminio en la estufa a 105°C por 4 horas, después se enfriaron en un desecador por 30 minutos, se pesaron en una balanza analítica, y se introdujo 1,5g de muestra. Las cápsulas con la muestra se calentaron en la estufa a 105 grados por 12 horas, y se enfriaron en un desecador y se pesaron nuevamente.

**Cálculo:**

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{(PC + M.S.) - (P.C)}{(PC + M.S.) - (P.C)} \times 100 \text{ (Ec. 1)}$$

**Donde:**

PC = peso crisol

MS = muestra seca

MH = muestra húmeda

**2.7.4.2. Cenizas**

Método Gravimétrico. Norma AOAC 923.03

En la preparación de las muestras se procedió a enjuagar los crisoles con dicromato de potasio y agua, luego se secaron en la mufla por 4 horas. Después se enfriaron en un desecador, para después pesarlas en una balanza analítica. Se tomó 1 gramo de muestra con precisión al crisol y se volvieron a pesar. Los crisoles se colocaron en la plancha precalcinadora y luego en la mufla a 550°C durante 4 horas. Una vez calcinados, se enfriaron en el desecador y se pesaron con las muestras. Este proceso se realiza para determinar el contenido de cenizas en la muestra.

**Cálculo:**

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{(PC + C) - (PC)}{(PC + M) - (PC)} \times 100 \text{ (Ec. 2)}$$

**Dónde:**

PC = Peso del crisol

C = Cenizas

M = Muestra

**2.7.4.3. Proteína**

Método de kjeldahl. Norma AOAC 2001.11

El proceso consistió en tres fases, donde se colocaron 0,5 g de la muestra en tubos para la digestión kjeldahl, a los que se les agregaron la mezcla digestora ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  16.6 %, ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  83.4%) y 10 mL de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) J.T. baker. Las muestras se trasladaron a matraces erlenmeyer que contenían 6 ml de ácido bórico J.T. baker al 4% y 4 gotas del indicador Shiro Toshio, posteriormente se introdujo a un equipo de destilación rápida con hidróxido de sodio (NaOH) DEQ al 50%. Por último, se tituló la muestra usando ácido clorhídrico (HCl, J.T. baker 0.1 N) valorado y se registró el volumen de HCl gastado. (Villamarin, 2023)

#### **Cálculo:**

$$\%P = \frac{V \cdot N(\text{valorado}) \cdot 0.014 \cdot 100}{M} \cdot F \quad (\text{Ec. 3})$$

#### **Donde:**

V: volumen de ácido clorhídrico gastado en la titulación de la muestra menos el volumen de ácido clorhídrico gastado en el blanco.

N: normalidad del ácido clorhídrico valorado. 0,014: masa equivalente del nitrógeno

M: peso de la muestra en gramos

F: factor de conversión

#### **2.7.4.4. Fibra**

Método Gravimétrico. Norma AOAC 930.15

El procedimiento consistió en pesar una muestra en papel aluminio, luego, se colocaron la muestra en un beaker de digestión de 600 ml. y se pesaron en papel aluminio con el sobrante de la muestra. Se introduce ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) al 7 por mil, en un vaso de berzelius que contiene la muestra y se agrega Alcohol-n-amílico. Los beakers se colocaron en las hornillas del equipo de extracción y se inició la extracción durante 30 minutos. Después se añade hidróxido de sodio (NaOH) al 22% en cada vaso de berzelius y se realiza una digestión alcalina por 30 minutos. Se lavaron los beakers, la muestra con agua destilada caliente, el material con acetona. Las muestras se colocaron en la estufa durante 12 horas. Posteriormente, se colocaron en un desecador para enfriar. Una vez frías, se pesaron en la balanza analítica y se colocaron en

la mufla durante 4 horas a 600 ° C. Luego se retiraron de la mufla y se enfriaron en el desecador, para después proceder al peso de las muestras y obtener el peso de las cenizas.

**Cálculo:**

$$\% F. C. = \frac{W \text{ crisol con muestra digerida} - W \text{ del crisol con cenizas}}{W \text{ papel con muestra} - W \text{ del papel solo.}} \times 100 \text{ (Ec. 4)}$$

$$\% F. C. \text{ Base Seca} = \frac{100 \times \% Fc.}{\% \text{ de la M.S.}} \text{ (Ec. 5)}$$

#### 2.7.4.5. Grasa

Método Goldfish. Norma AOAC 920.39

En la determinación de la grasa, se desecó el gramo de la muestra y se colocó en cartuchos de celulosa en un extractor de grasa. Se pesaron los cartuchos y los vasos de aluminio desecados con precisión para evitar interferencias de humedad. Los vasos se colocaron en el extractor y se agregaron 50 ml de éter a cada muestra. El éter, se calienta a 80°C, para después extraer la grasa en aproximadamente 2 horas. La grasa se deposita en el vaso de aluminio y se evapora. Después de la extracción, los vasos se desecaron en una estufa y se enfriaron en un desecador, para después pasar nuevamente la muestra y determinar el contenido de grasa.

**Cálculo:**

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{(P1 - P2)}{P} \times 100 \text{ (Ec. 6)}$$

**Donde:**

P1: El peso del vaso con el extracto etéreo o residuo de grasa de la muestra

P2: El peso del vaso vacío y

P: El peso de la muestra empleada.

#### 2.7.4.6. Carbohidratos

Se determinó por diferencia, restando del 100% de la materia seca y la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G), proteínas (P), y fibra (F). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) utilizado por (Pantoja et al., 2020)

**Cálculo:**

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 \% \text{ de materia seca} - (H + C + G + P + F) \text{ (Ec. 7)}$$

### **2.7.5. Caracterización de solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”**

#### **2.7.5.1. Solubilidad**

Se colocaron 1 g de harina en 100ml de agua destilada, para después agitar manualmente hasta que se solubiliza toda la muestra. Se colocaron en centrifugado a condiciones de 5260 rpm durante 5 minutos y se introduce 25 ml de la muestra en una caja petri. Por último se coloca en la estufa a 105 °C y se calculó mediante la siguiente fórmula. (Parra, 2010)

**Cálculo:**

$$\text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso solido}}{\text{Peso muestra}} \times 100 \text{ (Ecu. 8)}$$

#### **2.7.5.2. Proteína**

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 2.7.4.3.

### **2.7.6. Caracterización física de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”**

#### **2.7.6.1. Determinación densidad aparente**

En la determinar la densidad aparente de las muestras, se pesaron 20 g de harina y fueron agregadas a una probeta de 100 ml en donde se buscó definir su volumen que ocupa la harina en la probeta y determinar la densidad por medio de la relación entre la masa y volumen (Bernabé & Cancho, 2017)

**Cálculo:**

$$DA = \frac{m}{v} \text{ (Ec. 9)}$$

**Donde:**

Da: densidad aparente

v: volumen de la muestra (ml)

### 2.7.6.2. Determinación densidad compacta

En la densidad compacta se utilizó 10 gramo de harina y a diferencia de la densidad aparente en este método se procedió a golpear por 50 veces las muestras de forma manual, con la finalidad de alcanzar una diferencia significativa de volumen, en cuanto al volumen mostrada en la probeta en la determinación de la densidad aparente para después medir el cociente entre la masa de la harina y su volumen para poder determinar su densidad compacta. (Kumar et al., 2017)

**Cálculo:**

$$Dc = \frac{m}{Vc} \text{ (Ecu. 10)}$$

**Donde:**

Dc= densidad compacta

m= masa de la muestra en (g)

Vc= volumen de la muestra compactada (ml)

### 2.7.6.3. Higroscopia

En la determinación de la higroscopicidad se preparó 1 g de harina en recipientes de aluminio y se colocaron en un desecador con una solución de sulfato de sodio con una humedad relativa del 80%, después de 8 días se retiraron las muestras y se pesaron en una balanza analítica, por último se aplicó la siguiente fórmula. (Gavilanez, 2020)

**Cálculo:**

$$\text{higroscopia} \frac{g}{100g} = \frac{\text{peso mcps final} - \text{peso mcps inicial}}{\text{peso mcps inicial}} \times 100 \text{ (Ec. 11)}$$

#### 2.7.6.4. Determinación del índice de Haussner

Utilizando el volumen de la densidad compactado, y pesando la masa utilizada en la prueba, Se encontró la masa específica compactada. Dividiendo la masa específica compactada por el aparente, se encontró el índice de Haussner. (López et al., 2022)

**Cálculo:**

$$\text{Indice haussner} = \frac{\text{densidad compactada}}{\text{densidad aparente}} \text{ (Ec. 12)}$$

#### 2.7.6.5. Determinación del ángulo de reposo

El cálculo del ángulo de reposo estático y dinámico, se utilizó un embudo en una altura de 20 cm, lo cual se vertió 500g la harina a través del cono para formar un montículo sobre una superficie plana, y por último se tomó medida del radio y altura que genera la harina. (Ramos et al., 2022)

**Cálculo:**

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h}{r}\right) \text{ (Ecu. 13)}$$

**Donde:**

$\theta$ = ángulo de reposo

h= altura del cono

r= radio

### 2.7.7.-Caracterización nutricional de la harina optimizada de amaranto (Zelenaya Sosulka)

#### 2.7.7.1. Humedad

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 2.7.4.1.

### **2.7.7.2.- Cenizas**

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 2.7.4.2.

### **2.7.7.3. Proteína**

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 2.7.4.3.

### **2.7.7.4. Fibra**

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 2.7.4.4.

### **2.7.7.5. Grasa**

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 2.7.4.5.

### **2.7.7.6. Carbohidratos**

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 2.7.4.6.

## **2.7.8. Caracterización funcional de la harina precocida de amaranto**

### **2.7.8.1. Mixolab**

El equipo de análisis reológico avanzado que evalúa las propiedades de las harinas precocidas y masas al medir su comportamiento durante el amasado y el calentamiento. El Mixolab proporciona información sobre la evolución de la masa durante el calentamiento. (Toaquiza, 2011) A continuación, se presenta la metodología del Mixolab:

El proceso de preparación de la muestra para el análisis en el Mixolab incluye el pesado de harina, la adición de agua para formar una masa, la colocación de la muestra en el cilindro y la configuración de los parámetros de la prueba, como la temperatura y la velocidad de amasado en donde se evaluará los siguientes parámetro. (Sandoval et al., 2012)

- **Capacidad de absorción de agua y formación de masa:** Indica la capacidad de la harina para absorber agua y formar una masa cohesiva.
- **Estabilidad durante el mezclado:** Refleja la estabilidad de la masa durante el mezclado.
- **Proteólisis o actividad enzimática:** Indica la estabilidad proteica de la masa y cómo se ve afectada por las enzimas proteolíticas.

- **Gelatinización del almidón:** Mide la gelatinización del almidón durante el calentamiento.
- **Estabilidad del almidón gelificado:** Refleja la estabilidad de la masa gelificada durante el calentamiento continuo.
- **Retrogradación del almidón:** Mide la reorganización del almidón durante el enfriamiento.

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

### **2.8.1. Hipótesis nula**

Los tiempos de precocción y temperatura no influyen en el contenido de proteína y solubilidad de la harina precocida de amaranto.

### **2.8.2. Hipótesis alternativa**

Los tiempos de precocción y temperatura si influyen en el contenido de proteína y solubilidad de la harina precocida de amaranto.

## **2.9. Diseño Experimental**

Los resultado obtenidos en la experimentación fueron ingresados al software Design Expert 8.0.6, el cual determinó el modelo matemático de optimización numérica en el contenido de proteína y solubilidad, a través de un diseño de superficie respuestas IV Óptimo con 16 corridas experimentales, evaluando las condiciones de temperatura (TEE) y tiempo (TIE) de precocción, cuyos factores fueron tomados por distintos autores (Anchundia et al., 2019; Vera, 2019; Magro, 2015). En la tabla se muestran los intervalos a valorar en la experimentación para cada factor.

**Tabla 9:** Condiciones experimentales para el diseño de experimentos

Factores	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Tiempo	TIE	Min	Numérico	Discreta	10	30
Temperatura	TEE	°C	Numérico	Discreta	110	120

*Fuente:* Autor (Tipantuña, 2024)

### 2.9.1. Cuadro de variables

Las variables que se evaluaron en la caracterización de la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*) se presenta en el siguiente cuadro, donde se describen los parámetros a evaluar y sus indicadores:

**Tabla 10:** Cuadro de variables

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores	UM
Harinas precocidas a partir de amaranto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturas de precocción (110 °C, 115 °C y 120 °C)</li> <li>• Tiempos de precocción (10 minutos, 20 minutos y 30 minutos)</li> </ul>	Análisis: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solubilidad</li> <li>• Proteína</li> </ul>	Análisis de solubilidad y proteína <ul style="list-style-type: none"> <li>• (%)</li> <li>• (%)</li> </ul>

*Fuente:* Autor (Tipantuña, 2024)

### 2.9.2. Combinaciones para el tratamiento del diseño experimental de la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*)

En la tabla 11 se presentaron 16 corridas experimentales en combinación con 2 factores de estudio, para reportar las variables respuesta de solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto.

**Tabla 11:** *Combinación para los tratamientos del diseño experimental de la harina precocida*

<b>Corridas</b>	<b>Temperature (°C)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
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:** Autor (Tipantuña, 2024)

## **2.10. Análisis y discusión de los resultados**

### **2.10.1. Características de las semillas de amaranto (*Zelenaya Sosulka*) en función a los parámetros proximales**

En la tabla 12 se presenta el análisis proximal obtenida del grano de amaranto, la misma que reveló el contenido de nutrientes importantes como: humedad (12,05 %), proteína (17,70 %), fibra (1,97 %), grasa (6,92 %), ceniza (2,75 %), carbohidratos (58,61 %). Estos resultados nos proporcionan una visión completa de las características nutricionales del grano de amaranto (*Zelenaya Sosulka*).

**Tabla 12:** Características proximales del grano de amaranto

Indicador	Resultado
Humedad total (% m/m)	12,05
Proteína (% m/m)	17,70
Fibra (% m/m)	1,97
Grasa (% m/m)	6,92
Ceniza (% m/m)	2,75
Carbohidratos (% m/m)	58,61

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

Los resultados de los análisis proximales del grano de amaranto (*Zelenaya Sosulka*) en comparación con Hernández et al., (2018) que reportó humedad (11,1 %), proteína (17,9 %), Grasa (7,7 %), fibra (2,2 %), ceniza (4,1 %) y carbohidratos (57,0 %) en el amaranto (*amaranthus caudatus*), obtuvieron resultados cercanos a lo obtenido por el grano de amaranto (*Zelenaya Sosulka*). Los análisis proximales de Villamarín, A. (2023) no tuvo mucha similitud en algunos aspectos, presentando carbohidratos (62,51 %), proteína (14,98 %), humedad (9,75 %), grasa (6,11 %), fibra (3,86 %) y ceniza (2,78 %). en el amaranto "*amaranthus hypochondriacus*".

Al comparar estos valores con los que se obtuvo en la investigación se puede decir que la variación en el contenido de los nutrientes presentes en el amaranto puede deberse a varios factores como: el lugar de origen, la especie, forma de cultivo, edad fenológica de la planta entre otros. (Reyes, 2014)

### **2.10.2 Optimización de solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto "Zelenaya Sosulka"**

En la tabla 13 se presenta el modelo de superficie respuesta de optimización, en función a la solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto, en donde se evaluaron 16 corridas experimentales con factores de temperatura (110 °C, 115 °C y 120 °C) y tiempo (10 min, 20 min y 30 min) de precocción.

**Tabla 13:** Valores de solubilidad y proteína de la harina precocida de amaranto “Zelenaya Sosulka”

Corridas	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)
1	115	10	5,34	14,34
2	120	10	6,33	12,45
3	115	20	6,65	13,56
4	120	20	7,03	11,11
5	115	20	6,77	13,43
6	120	30	8,24	10,03
7	110	30	6,87	13,76
8	115	20	6,52	13,28
9	120	20	7,11	10,95
10	115	30	7,48	12,01
11	115	20	6,41	13,22
12	110	10	4,34	15,34
13	115	30	7,56	12,21
14	110	20	5,45	14,03
15	110	20	5,58	14,54
16	110	10	4,23	15,22

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

Las temperaturas más bajas tienden a preservar mejor el contenido de proteína, alcanzado un 15,34 % a una temperatura de 110°C durante 10 minutos presentado en la corrida 12. En la corrida 6 se obtuvo la mayor solubilidad (8,24 %) alcanzando su punto máximo a temperatura de 120°C y 30 minutos de precocción. Por otra parte la corrida 16 muestra la solubilidad más baja (4,23 %) a condiciones de 110°C y 10 minutos de precocción.

En las 16 corridas experimentales se obtuvieron los resultados de proteína y solubilidad en diferentes factores, en donde se observa en la matriz un rango de resultados proteicos de 11,11 a 15,34 % y un rango de solubilidad de 4,23 a 8,24 %.

### 2.10.2.1. Solubilidad

En la tabla 14 se presentan los datos de la matriz experimental de solubilidad obtenido mediante un diseño de superficie respuesta, en donde se obtuvo un modelo cuadrático para ajustar la ecuación matemática de las variables independientes. Además se mostró significación estadística para la temperatura y tiempos de precocción.

**Tabla 14.** *Parámetros del modelo codificado para la solubilidad*

<b>Indicador</b>	<b>Modelo codificado</b>
Intercepto	6,42
X <sub>TP</sub>	0,84*
X <sub>PP</sub>	1,13*
R <sup>2</sup>	0,9770
R <sup>2</sup> ajustado	0,9735
F modelo	276,43*
F falta de ajuste	4,21

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

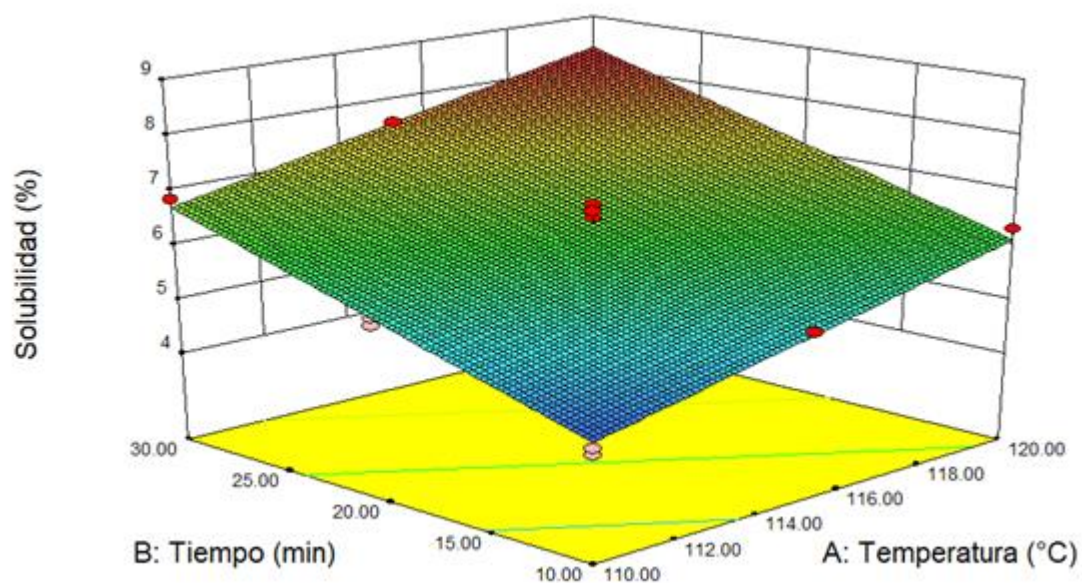
\*Valor significativo para  $p \leq 0,001$ .

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

El modelo se ajustó a un diseño matemático cuadrático, en donde se verifica un valor de intercepto (6,42) evidenciando el valor promedio de solubilidad. El coeficiente de correlación ( $R^2$ ) es de 0.9770, indicando que el modelo explica el 97.70% de la variabilidad observada en la solubilidad, con un nivel de confianza del 95%, garantizando un ajuste favorable a los datos observados del modelo, dando como resultado a las variables utilizadas (tiempo y temperatura) significancia estadística en los resultados obtenidos, en la precocción de la harina de amaranto. El  $R^2$  ajustado (0,9735) es alto, lo que indica que el modelo es adecuado, incluso cuando se ajusta por el número de predictores en el modelo.

Los resultados también muestran que tanto la temperatura ( $X_{TP}$ ) como el tiempo ( $X_{PP}$ ) de precocido son estadísticamente significativos ( $p \leq 0.001$ ). El incremento de estas variables tienden a aumentar la solubilidad de la harina. Esto indica que, cuanto mayor sea la temperatura y el tiempo de precocido, mayor será el contenido de solubilidad en la harina precocida de amaranto. El “F modelo” tiene resultados significativos en donde señala que los tiempos y temperatura de precocción si influyen en el contenido de proteína y solubilidad de la harina precocida de amaranto.

**Figura 5:** *Parámetros del modelo codificado para la solubilidad*



**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

En la figura 5 se presenta el modelo codificado para la solubilidad de la harina precocida, donde se observa la influencia conjunta de la temperatura ( $X_{TP}$ ) y el tiempo ( $X_{PP}$ ) de precocido sobre el porcentaje de solubilidad. El gráfico tridimensional ilustra claramente que, a medida que ambos factores aumentan, se produce un incremento en la solubilidad de la harina, evidenciando la importancia de optimizar estas variables para mejorar la funcionalidad del producto final. Este análisis proporciona una comprensión detallada de cómo la interacción entre el tiempo y la temperatura de precocción afecta significativamente la solubilidad.

Rodríguez, A. (2011) menciona que durante la precocción, el almidón presente en la harina se gelatiniza provocando que los gránulos de almidón se hinchen y se desintegran, provocando un aumento de la solubilidad.

Granados, N. (2016) indica que las proteínas pueden desnaturalizarse a altas temperaturas, fragmentarse en péptidos más pequeños y aminoácidos, provocando mayor solubilidad. La descomposición de las proteínas puede aumentar la solubilidad global de la harina.

Villalobos et al., (2023) menciona otro factor sobre el calor y el agua la cual provoca la hidrólisis de ciertos componentes de la harina, como los polisacáridos no amiláceos y las hemicelulosas, transformándolos en azúcares más simples y solubles.

### 2.10.2.2. Proteína

En la tabla 15 se observan los datos de la matriz experimental de la proteína mediante un diseño de superficie respuesta, donde se consiguió un modelo cuadrático para ajustar la ecuación matemática de las variables independientes, obteniendo significación estadística en la temperatura de precocción ( $X_{TP}$ ) y el tiempo de precocción ( $X_{PP}$ ), en donde ( $p \leq 0,001$ ) es mayor y esto influye en el contenido de proteína,

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

Indicador	Modelo codificado
Intercepto	13,28
$X_{TP}$	-1,64*
$X_{PP}$	-1,06*
$X_{TP} X_{PP}$	-0,22
$X_{TP}^2$	-0,53
$X_{PP}^2$	0,045
$R^2$	0,9883
$R^2$ ajustado	0,9655
F modelo	169,44*
F falta de ajuste	1,65

TP: temperatura de precocido

PP: temperatura de precocido

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

**Fuente:** Autor (Tipantúa, 2024)

El modelo codificado reveló que  $X_{TP}$  y  $X_{PP}$  presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.001$ ) con coeficientes negativos, lo que indica que los factores evaluados ejercen una influencia inversa en el contenido de proteína. En otras palabras, a medida que se incrementa el tiempo y la temperatura de precocción, el contenido de proteína disminuye.

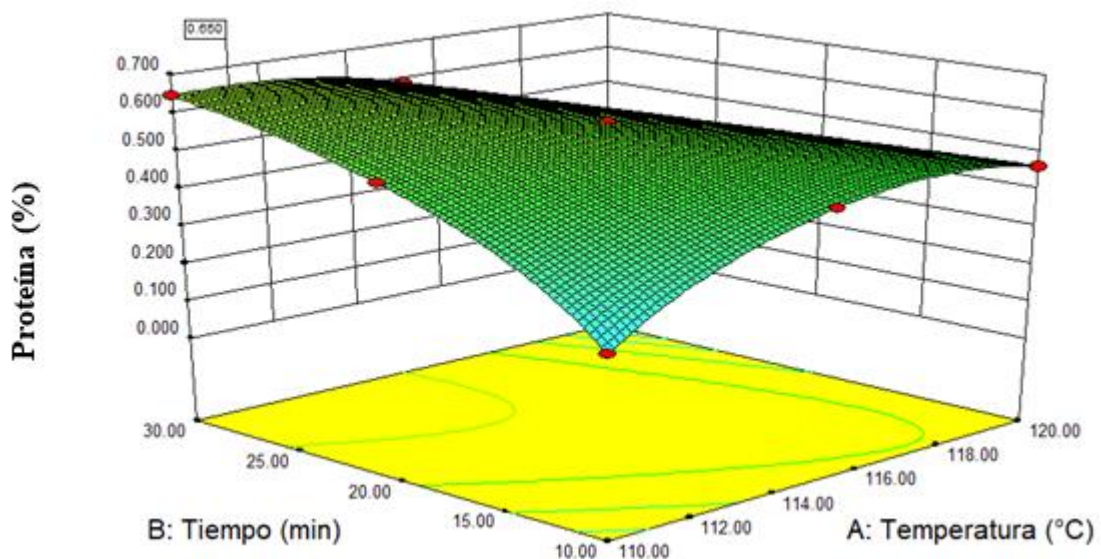
Quevedo, A. (2022) menciona que cuando más cerca el  $R^2$  esté al valor de 1, el modelo estadístico tiene mejor ajuste de los datos, indicando que existe una predicción perfecta de los datos obtenidos en la investigación.

Lo antes mencionado nos indica que el valor alcanzado por el coeficiente  $R^2$  fue de 0,9883 que se acerca al valor de 1, esto indica que existe una confiabilidad de 98,83% garantizando el modelo cuadrático aplicado en la investigación, del mismo modo el  $R^2$  ajustado (0,9655) es alto, indica que el modelo no solo se ajusta bien a los datos observados sino que también se ajusta a los número de predictores. Esto nos proporciona un valor de predicción ideal en la

preparación de harina, concluyendo que las variables utilizadas (tiempo y temperatura) presentan significancia estadística para el análisis de los datos obtenidos en la investigación.

El valor de F modelo es alto y su significancia ( $p \leq 0.001$ ), indica que el modelo en su totalidad es significativo, confirmando una variabilidad en el contenido de proteína. Sin embargo tiene un mínimo valor de la falta de ajuste, indica que existen áreas donde el modelo no se ajusta perfectamente a los datos observados.

**Figura 6:** *Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína*



**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

La figura 6 muestra una superficie de respuesta tridimensional que representa la relación entre el contenido de proteína y las variables independientes de temperatura y tiempo de precocido. El modelo propuesto se ajusta bien a los datos, evidenciando una influencia a la inversa en la gráfica. A medida que aumenta el tiempo y la temperatura de precocción, se observa una disminución en el contenido de proteínas. Este comportamiento sugiere que las condiciones de precocido más prolongadas y a temperaturas más altas podrían degradar las proteínas, reduciendo así su concentración en la harina final. Estos hallazgos son fundamentales para optimizar el proceso de precocido y lograr un balance adecuado entre el tiempo y la temperatura para preservar el contenido proteico.

Velásquez, F. (2011) menciona que las proteínas se ven afectadas debido a las altas temperaturas ya sea de secado o cocción en las harinas y esto se debe porque las proteínas son sensibles al

calor, y cuando se expone a altas temperaturas, sus estructuras tridimensionales pueden desnaturalizarse, es decir, perder su forma original y funcional.

La tabla 16 presenta la optimización de temperatura y tiempo de precocción ideal en función a la solubilidad y proteína.

**Tabla 16.** *Predicción de la optimización, para la evaluación de temperatura y tiempo en la precocción de harina*

	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)	Deseabilidad
1	115	25	6,91	13,38	0.650

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

Las condiciones propuestas para la optimización de los factores evaluados, se establecieron a una temperatura de 115 °C y tiempo de 25 minutos, predicen una solubilidad considerable de (6,91%) y proteína de (13,38%) como el mejor tratamiento obtenido en 16 corridas experimentales. El valor de deseabilidad (0.650) alcanza un nivel moderado de cumplimiento con respecto a los criterios establecidos, considerando las múltiples respuestas de solubilidad y proteína. Cuando el valor de deseabilidad se aproxima más a 1, esto indica que las condiciones del proceso se están acercando al ideal para satisfacer los objetivos de optimización. (Morales & Roldán, 2023) La deseabilidad obtenida sugiere un nivel moderado de éxito en la optimización de las condiciones de precocción para lograr un equilibrio adecuado entre la solubilidad y el contenido de proteína bajo las condiciones específicas de temperatura y tiempo.

Las condiciones de precocción de 115°C por 25 minutos son las óptimas según los modelos codificados para lograr un buen balance entre solubilidad y contenido de proteína. Los factores de precocción obtenidos mostraron parentesco con otros proyectos de investigación, relacionado con la precocción en autoclave.

Aguilar et al., (2022) en el artículo de “Optimización de la aceptabilidad sensorial de galletas utilizando salvado de arroz” utilizó una precocción de 115°C y 25 minutos en el salvado de arroz con el objetivo de desarrollar galletas en donde se determinó los parámetros de sustitución de salvado de arroz y tiempo de horneado para obtener una mayor aceptabilidad general.

Apáestegui Rengifo, (2012) realizó tratamiento de precocción para establecer la temperatura y el tiempo adecuado en los niveles de (110, 115 °C y 15, 25, 35 min) en semillas de pan de

árbol, con el fin de elaborar un enlatado de semillas del pan de árbol en salmuera. La temperatura y tiempo de tratamiento térmico adecuado fueron 115°C y 25 min.

Los antecedentes antes mencionado tienen coincidencia con los factores óptimos obtenidos en la investigación, confirmando la fiabilidad de las condiciones (115 °C por 25 min) para la precocción.

### 2.10.3. Características físicas de 2 corridas experimentales la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*)

En la tabla 17 se evidencian las características físicas de la harina precocida de amaranto en función al Índice de Hausner, ángulo de reposo, higroscopicidad, densidad aparente y densidad compactada, representadas en las mejores corridas experimentales tomadas de la tabla 13.

**Tabla 17:** Valores de Índice de Hausner, ángulo de reposo, higroscopicidad, densidad aparente y densidad compactada de la harina precocida de amaranto “*Zelenaya Sosulka*”

Corridas	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Índice de Hausner	Ángulo de reposo (°)	Higroscopicidad (%)	Densidad Aparente (g/ml)	Densidad Compactada (g/ml)
6	120	30	1,370	13,96	15,50	0,485	0,665
12	110	10	1,365	14,41	14,75	0,492	0,672

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

Los análisis físicos son tomados las corridas experimentales 6 y 12, debido a que presentaron los valores más favorables en solubilidad y proteína. Los factores de 110°C por 10 minutos y 120°C por 30 minutos presentaron un índice de Hausner de 1,365 y 1,370 ambos valores son muy cercanos, lo que sugiere que la fluidez del polvo es similar en ambas condiciones. Villena Carrión, (2023) comparó las propiedades físicas de dos muestras de harina de vaina de haba obteniendo resultados de 1,12 a 1,09 en el índice de Hausner, en donde indica valores favorables para una buena fluidez del polvo. Los valores obtenidos de la harina de amaranto son ligeramente superiores, aun así, siguen siendo aceptables y no indican problemas de manejabilidad significativos.

El ángulo de reposo presenta valores de 13,96° y 14,41° sugiriendo una variación moderada en la resistencia al flujo. A temperatura de 120°C y 30 minutos el ángulo de reposo es de 13,96°, indicando mejor fluidez a comparación con las otras corridas. De acuerdo con Carr (1976) los ángulos menores de 35° tienen libre fluidez, 35-45° algo de cohesividad, de 45-55° cohesividad

(pérdida de fluidez), de 55° en adelante una cohesividad muy alta y una fluidez libre limitada. (Heredia, 2013)

La higroscopicidad hace referencia a la capacidad para absorber humedad en donde su variación es de 14,75 % y 15,5%, mostrando que la harina de amaranto tiene una capacidad moderada de absorber humedad. La mayor absorción de humedad se observa a 120°C a 30 minutos con un 15,5%, lo que indica que absorbe un poco más de humedad del ambiente y esto podría influir en la estabilidad del producto, en donde la corrida 12 presenta mejor resultado. Criales Ruiz, (2022) obtuvo resultados similares de higroscopicidad (15,9%) en la evaluación de harina de amaranto, además el autor señala que los valores alto de higroscopicidad no sería recomendable, ya que la humedad en las harinas se presenta como un factor negativo para su conservación.

La densidad aparente presentó valores de 0,485 g/ml y 0,492 g/ml, en donde el mayor resultado se observa a 110°C a 10 minutos. Los resultados son un poco diferentes a los obtenidos por Manobanda, (2017) que fue de 0,37 a 0,72 g/ml en las muestras de harina y almidón de chocho, garbanzo y papa. Aun así, los resultados obtenidos representan una estructura más suelta de la harina. La densidad compactada tiene valores de 0,665 g/ml y 0,672 g/ml, al igual que con la densidad aparente, la mayor densidad compactada se presentó a 110°C por 10 minutos. Los valores de densidad aparente y compactada están relacionados entre sí y son indicativas de que mientras es mayor el volumen que ocupa el polvo, menor será su densidad (Cerezal et al., 2011)

Las diferencias entre las dos corridas son mínimas, lo que indica que tanto las condiciones de 120°C por 30 minutos como las de 110°C por 10 minutos, producen harinas con características físicas bastante similares. La harina obtenida en la Corrida 12 (110°C por 10 min) muestra una ligera ventaja en términos de menor higroscopicidad y mayor densidad aparente y compactada, lo que podría hacerla más estable y manejable en procesos industriales y durante el almacenamiento.

#### **2.10.4. Optimización nutricional de la harina precocida de amaranto** *(Zelenaya Sosulka)*

En la tabla 18 se presentan las características nutricionales de la harina precocida de amaranto obtenida por el mejor tratamiento de optimización. La harina precocida reportó humedad 2,78%, proteína 18,03%, fibra 2,11%, grasa 7,14%, ceniza 3,23% y carbohidratos 63,93% garantizando un producto nutricionalmente equilibrado y valioso.

**Tabla 18:** Optimización nutricional de la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*)

Indicador	Resultado
Humedad total (% m/m)	2,78
Proteína (% m/m)	18,03
Fibra (% m/m)	2,11
Grasa (% m/m)	7,14
Ceniza (% m/m)	3,23
Carbohidratos (% m/m)	63,93

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

Estadísticamente no existe una normativa específica para la harina precocida de amaranto, pero se le puede comparar con la norma (NTE INEN 2646 2012) (Granos y cereales. Grano de amaranto. Requisitos e inspección), en donde especifica el contenido de humedad (12,0% máximo), ceniza (3,0% máximo), (grasa 7,0% máximo), fibra (9,05% máximo) y (proteína 14,0% mínimo).

La harina precocida de amaranto no cumple con algunas aspectos requeridos por las norma (NTE INEN 2646 2012), debido que excede el contenido permitido de proteína, ceniza y grasa, en las siguientes observaciones específicas.

- **Humedad:** Con un contenido de 2,78%, está muy por debajo del máximo permitido de 12,0%. Esto indica una excelente estabilidad y menor riesgo de deterioro.
- **Proteína:** El contenido de 18,03% supera ampliamente el mínimo requerido de 14,0%, lo que resalta una fuente favorable de nutrientes.
- **Fibra:** La harina de amaranto contiene 2,11% de fibra, que está por debajo del límite máximo de 9,05%, lo cual está dentro del rango aceptable.
- **Grasa:** Con un 7,14%, el contenido de grasa ligeramente excede el máximo permitido de 7,0%. Aunque es superior, este nivel de grasa puede ser beneficioso para ciertos perfiles dietéticos.

- **Ceniza:** El contenido de ceniza es de 3,23%, ligeramente superior al límite de 3,0%. Esto sugiere un mayor contenido de minerales, lo cual puede ser nutricionalmente ventajoso, aunque se exceda ligeramente el límite permitido.

La harina precocida de amaranto se alinea bien con la mayoría de los requisitos de la norma (NTE INEN 2646 2012), con la excepción del contenido de grasa y ceniza, que superan ligeramente los valores permitidos. No obstante, su alto contenido de proteína y minerales ofrece ventajas nutricionales significativas, además de su bajo contenido de humedad garantiza una excelente estabilidad y menor riesgo de deterioro.

### 2.10.5. Caracterización funcional de la harina precocida de amaranto

#### 2.10.5.1. Mixolab - Harina precocida ( 110 °C, 10 min)

**Tabla 19;** Test - Mixolab (110 °C, 10 min)

<b>Hidratación (Hydration)</b>	53,3% base 14% (b14).
<b>Contenido de Humedad</b>	4,50%
<b>Peso de la Masa</b>	75,0 gramos
<b>Velocidad de Amasado</b>	80 rpm.
<b>Temperatura del depósito</b>	30 °C
<b>Parámetros <math>\alpha</math> y <math>\beta</math>:</b>	$\alpha = -0,112$ Nm/min, $\beta = 0,000$ Nm/min.

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

En la tabla 19 el análisis del Mixolab de la harina de amaranto muestra una hidratación del 53,3% con un contenido de humedad del 4,5%, reflejando una moderada capacidad de absorción de agua y una baja humedad residual. El parámetro  $\alpha$  de -0,112 Nm/min indica una pérdida de resistencia de la masa durante el mezclado. El parámetro  $\beta$  de 0,000 Nm/min sugiere que no hay cambios significativos en la resistencia durante la gelatinización del almidón. Estos resultados señalan la funcionalidad de la harina en procesos de panificación.

(Dubat, 2016) señalan que una mayor absorción de agua estimado en el equipo Mixolab se relaciona principalmente a una menor humedad de la harina, señala amayor cantidad y calidad de sus proteínas, así como también, un mayor contenido de fibras (solubles e insolubles).

En la tabla 20 se expone los análisis funcionales de la harina precocida de amaranto en el Mixolab, en donde se representa los aspecto específico del comportamiento de la harina, bajo condiciones de mezclado y calentamiento. Los parámetros principales a analizar son: capacidad de absorción de agua y formación de masa (C1), estabilidad de la masa durante el mezclado (CS), proteínas y estabilidad de la masa (C2), gelatinización del almidón (C3), estabilidad del almidón gelificado (C4) y retrogradación del almidón durante el enfriamiento (C5).

**Tabla 20** Pruebas Mixolab de la Harina precocida ( 110 °C 10 min)

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
<b>C1</b>	2,68	2,584	31,8	0,131	9,20
<b>CS</b>	8,00	2,423	32,8		8,3
<b>C2</b>	30,08	0,459	85,8		
<b>C3</b>					
<b>C4</b>					
<b>C5</b>	45,02	1,264	55,2		

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

- **Capacidad de absorción de agua y formación de masa (C1)**

La harina precocida de amaranto muestra una alta capacidad de absorción de agua y formación de masa reflejado en la resistencia de la masa (Par) de 2,584 Nm. La estabilidad de la masa durante el mezclado es buena, debido a que mantiene su estructura durante 9,20 minutos un período prolongado de mezclado sin debilitarse. Además la amplitud es baja (0,131Nm) indica que la masa es más firme y menos propensa a expandirse excesivamente. La temperatura para el amasado de esta fase es de 31,8°C adecuado para el desarrollo de la cohesión y resistencia.

(Hadnadjev et al., 2011) mencionan que, a una mayor absorción de agua requerida por la harina de amaranto, la cual tiene similar composición que la harina de quinua, el tiempo de desarrollo de masa es menor.

(Correa, 2017) reporta un valor de 1,52 Nm para una mezcla de trigo sustituida al 20% de quinua Fase 1 (F1), manifiesta que un valor alto para evidencia la buena calidad de la harina siendo cercano al obtenido por Gutierrez, (2022) presentando un valor de “Par” (1,44 Nm) y

1,55 Nm en la mezclas de harina de quinua y tarwi en la “Elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua y tarwi”. Estos resultados reflejan que la harina de amaranto tiene mayor resistencia en la masa a comparación con otras harinas, por otra parte la estabilizador de la masa Sandoval et al., (2012) obtuvo un tiempo de 9.30 minutos en la harina de trigo, tiene un valor de estabilidad muy similares al tiempo que se reportó en la harina de amaranto.

- **Estabilidad de la masa durante el mezclado (CS)**

En la fase CS el “Par” (2,423 Nm) es ligeramente menor que en la fase C1, aun así, este nivel indica que la masa tiene una buena cohesión y resistencia al mezclado continuo. La estabilidad durante el mezclado es (8,3 minutos), que es menor a la fase C1 pero sigue siendo adecuada. La temperatura de amasado tiene un rango de temperatura de 32,8°C, que es crucial para que las proteínas y almidones continúen interactuando de manera favorable, sin comprometer la estructura de la masa. (Salvador, 2019) La masa alcanzó un punto de estabilidad de 8,3 minutos, en donde se mantiene estable sin sufrir degradación significativa.

- **Proteínas y estabilidad de la masa (C2)**

La fase C2 muestra un tiempo (30,08 min) de prueba prolongado y una baja resistencia de “Par” (0,459 Nm), lo que sugiere una degradación significativa de la masa. La temperatura de 85.8°C es el punto en el que la masa comienza a perder su estructura debido a la desnaturalización de las proteínas.

(Correa, 2017), con mezclas de trigo-quinua al 10 y 20% de sustitución, donde el C2 para ambos fue de 0,45 Nm, asimismo, el autor menciona que valores menores a 0,50 Nm evidencian panes con mejor volumen. En el caso de la harina de trigo Sandoval et al., (2012) reportó un valor de “Par” ( 0.46 Nm), en el debilitamiento de las proteínas (C2), dando similitud al resultados de “Par” obtenido con la harina de amaranto.

(Hadnadjev et al., 2011) evidenciaron un mayor descenso de C2 en pseudocereales, como la harina de amaranto, respecto a otros cereales, relacionándolo a una mayor reducción de proteínas, por ende, una menor calidad proteica debido a la agregación y desnaturalización de las proteínas presentes en ella.

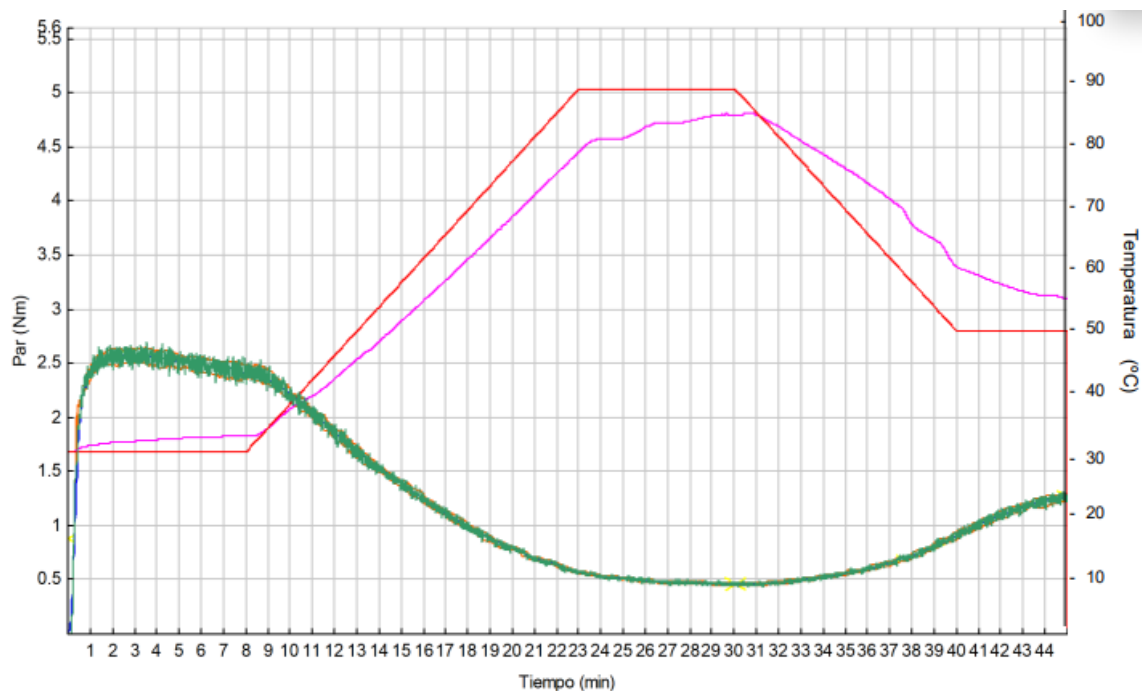
- **Retrogradación del almidón durante el enfriamiento (C5)**

La fase C5 tiene el tiempo de prueba más largo (45,02 minutos) indicando que requiere más tiempo para completar la retrogradación del almidón. El “Par” (1,264 Nm) señala una resistencia intermedia de la masa y la temperatura (55,2°C) muestra una gelatinización parcial del almidón. (Salazar, 2015) menciona que a una mayor retrogradación del almidón indicaría un menor tiempo de vida útil del producto final, en donde registró un rango entre 1,48 a 1,89 Nm para C5 en mezclas con trigo y quinua entre 5 a 20% de sustitución.

La precocción de la harina de amaranto a 110 °C durante 10 minutos, resultó en una buena capacidad de absorción de agua y estabilidad en las muestras C1 y C5, sin embargo, las muestras C2 y C5. presentan diferente grado de degradación y estabilidad, lo cual puede ser influyente en la elección de aplicaciones específicas para la harina.

En la figura 7 la gráfica del Mixolab muestra la evolución del par (Nm) y la temperatura de la masa (°C) a lo largo del tiempo (min). La interpretación se observa en la gráfica.

**Figura 7:** Gráfica del Mixolab ( 110 °C 10 min)



**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

En esta gráfica, el eje izquierdo corresponde al par (curva verde), mientras que el eje derecho corresponde a la temperatura (curvas roja y púrpura). Inicialmente, el par sube hasta aproximadamente 2,68 Nm, lo que indica la resistencia inicial de la masa. Posteriormente, el par disminuye, señalando la gelatinización y desintegración de los gránulos de almidón. La

temperatura, en cambio, aumenta progresivamente hasta alcanzar cerca de 85,8 °C alrededor de los 30 minutos, reflejando la cocción de la masa. Después de este punto, la temperatura empieza a descender en 55,2°C, junto con una estabilización y una leve subida del “Par” hacia el final del proceso. La gráfica ayuda a comprender el comportamiento reológico y térmico de la harina de amaranto durante el procesamiento, proporcionando una base para optimizar su uso en diferentes aplicaciones alimentarias. (Bustillos, 2022)

#### 2.10.5.2. Mixolab - Harina precocida ( 120 °C 30 min)

**Tabla 21;** *Test - Mixolab (120 °C, 30 min)*

<b>Hidratación (Hydration)</b>	53,3% base 14% (b14).
<b>Contenido de Humedad</b>	7,80%
<b>Peso de la Masa</b>	75,0 gramos
<b>Velocidad de Amasado</b>	80 rpm.
<b>Temperatura del depósito</b>	30 °C
<b>Parámetros <math>\alpha</math> y <math>\beta</math>:</b>	$\alpha = -0,104$ Nm/min, $\beta = 0,000$ Nm/min.

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

La tabla 21 muestra una hidratación del 53,3% y un contenido de humedad del 7,80%, lo que sugiere una mayor retención de agua comparado con la muestra tratada a 110°C. El parámetro  $\alpha$  de -0,104 Nm/min refleja una leve disminución en la resistencia de la masa durante el amasado. El parámetro  $\beta$  de 0.000 Nm/min, indica que no hay cambios significativos en la resistencia de la masa durante la gelatinización del almidón.

En la tabla 22 se muestran los resultados del Mixolab que evalúan el comportamiento de la harina durante el mezclado, calentamiento y enfriamiento. A continuación, se detalla los análisis obtenidos:

**Tabla 22:** Pruebas Mixolab de la Harina precocida ( 120 °C 30 min)

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
<b>C1</b>	2,62	2,434	31,8	0,144	9,10
<b>CS</b>	8,00	2,252	33,3		8,48
<b>C2</b>	30,65	0,441	86,3		
<b>C3</b>					
<b>C4</b>					
<b>C5</b>	45,02	1,264	55,6		

Fuente: Autor (Tipantuña, 2024)

- **Capacidad de absorción de agua y formación de masa (C1)**

La harina de amaranto precocida a 120°C por 30 minutos muestra una buena capacidad de absorción de agua y formación de masa, reflejada en un “Par” (2,434 Nm). La amplitud de (0,144 Nm) y la estabilidad de 9,10 minutos, indican que la masa es cohesiva y tiene una resistencia adecuada durante el mezclado. La temperatura (31,8°C) está dentro del rango normal para la formación de la masa, permitiendo que las proteínas se hidraten y se desarrollen correctamente.

- **Estabilidad de la masa durante el mezclado (CS)**

La masa mantiene una buena estabilidad durante el mezclado, con un “Par” (2,252 Nm) ligeramente menor en comparación con C1, además la estabilidad es de 8,48 minutos, indicando que la masa puede resistir el mezclado prolongado sin degradarse significativamente, lo cual es favorable para la producción de productos que requieren una masa consistente. La temperatura de 31,8°C está dentro del rango normal para la formación de la masa, permitiendo que las proteínas se hidraten y se desarrollen correctamente.

- **Proteínas y estabilidad de la masa (C2)**

Se observa una significativa disminución en el “Par” (0,441 Nm), lo cual indica una alta actividad enzimática que degrada las proteínas de la masa, esto puede afectar la cohesión y la resistencia de la masa, reduciendo su capacidad de mantener una estructura firme. Además, su alta temperatura de 86,3°C indica una gelatinización completa del almidón. El tiempo durante

la prueba (30,65 min) indica un tiempo alto para completar la retrogradación del almidón. (Núñez Villacís, 2021)

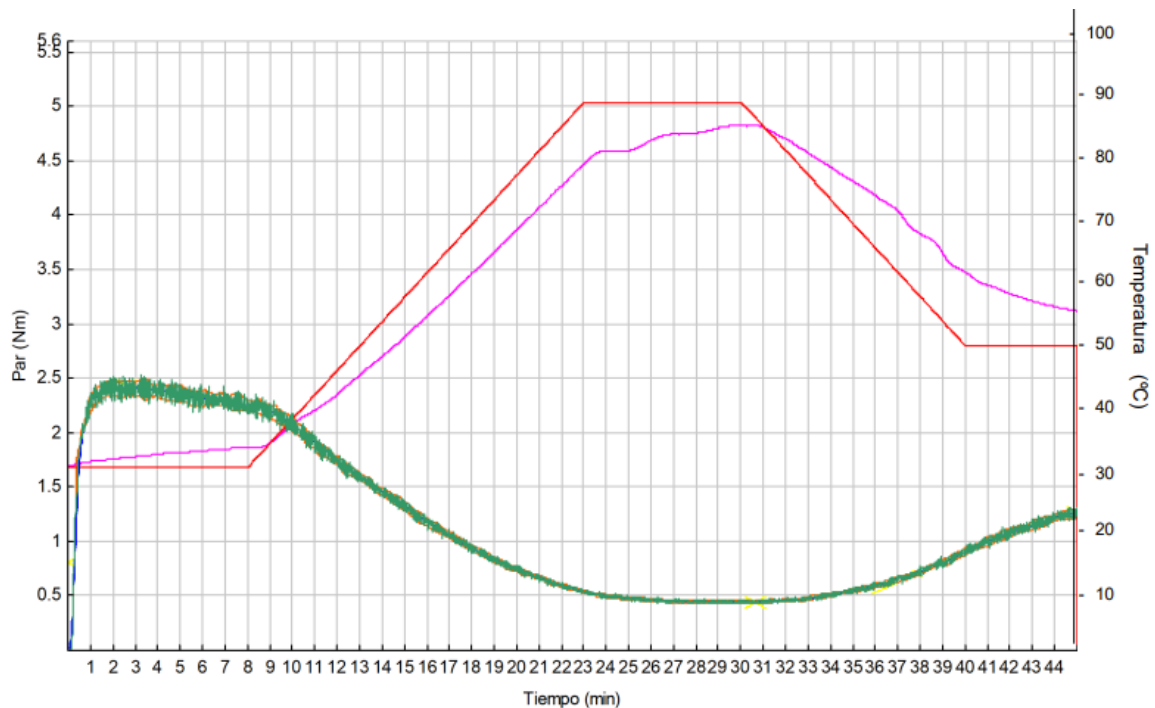
- **Retrogradación del almidón durante el enfriamiento (C5)**

La muestra C5 tiene el tiempo de prueba más largo (45,02 minutos) indicando que requiere más tiempo para completar la retrogradación del almidón, además el “Par” (1,264 Nm) indica un cierto grado de retrogradación del almidón, lo cual es importante para la textura final del producto. La temperatura de la Masa (55,6°C) está en un rango de temperatura en donde la retrogradación del almidón es significativa.

Estos resultados demuestran que la harina de amaranto es adecuada para aplicaciones que requieren una masa cohesiva y estable, con una estructura firme y una buena textura.

En la figura 8 la gráfica del Mixolab muestra la evolución del par (Nm) y la temperatura de la masa (°C) a lo largo del tiempo (min). La interpretación se observa en la gráfica.

**Figura 8:** Gráfica del Mixolab ( 120 °C 30 min)



**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

La gráfica el "Par" alcanza un máximo alrededor de los 2.62 Nm, mostrando la resistencia de la masa al mezclado. A medida que el tiempo avanza, el "Par" disminuye, indicando la

gelatinización y la ruptura de los gránulos de almidón. La temperatura aumenta consistentemente hasta aproximadamente los 30 minutos, alcanzando un pico cerca de los 86,3°C, lo que indica el aumento de la viscosidad y la posterior descomposición de los componentes estructurales de la harina. Posteriormente, tanto la temperatura como el “Par” disminuye, reflejando la estabilidad y el enfriamiento de la masa.

El análisis de las funciones de la harina de amaranto utilizando el Mixolab señala que el tratamiento térmico a 110°C por 10 minutos es más adecuado para la panificación en comparación con el tratamiento a 120°C por 30 minutos. La harina tratada a condiciones mínimas presenta un mayor desarrollo de la masa (Par) en las fases C1 y CS, lo que indica una mejor capacidad de formación y estabilidad de la masa durante el mezclado, aspectos esenciales para la producción de panes con buena estructura y volumen. Además, su comportamiento en la fase C5 refleja una adecuada retrogradación del almidón, lo que contribuye a la preservación de la frescura, en productos de panificación.

### **2.11. Aplicaciones para la harina precocida de amaranto previo a los resultados obtenidos**

La harina precocida de amaranto, debido a sus características funcionales y nutricionales, puede ser utilizada en una variedad de productos alimenticios. Los análisis de Mixolab, que incluyen estabilidad durante el mezclado y el comportamiento de la masa durante la cocción, sugieren que esta harina tiene una buena capacidad para la formación de masa, lo que es ideal para productos de panificación. Además, su contenido nutricional, que incluye un alto porcentaje de proteínas (18.03%) y carbohidratos (63.93%), junto con un bajo contenido de humedad (2.78%), la hace adecuada para productos horneados, galletas, panes y pastas. La alta densidad aparente y la baja higroscopicidad indican que puede mejorar la textura y estabilidad de productos extruidos y snacks. Según Martín Herrero, (2022) el amaranto tiene un potencial considerable en la elaboración de productos sin gluten, dada su composición nutricional rica en proteínas. Además, puede ser utilizado en mezclas para panqueques, barras energéticas y otros alimentos saludables.

## **3. IMPACTOS DEL PROYECTO**

- **Técnicos**

En el proyecto de investigación presenta un impacto positivo porque al caracterizar la harina precocida de amaranto se evidenció sus componentes nutricionales y físico químicos, que

manifiesta propiedades beneficiosas para la industria de alimentos, donde se podrá utilizar la harina precocida en varios procesos agroindustriales relacionados a los procesos alimentarios debido a sus capacidades nutricionales, lo que ayudarán a preservar los alimentos de las personas.

- **Sociales**

La investigación relacionados con las harinas precocidas en pseudocereales está propuesto por la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi afirma la vinculación de la Universidad con el pueblo. El producto tiene su potencial agroindustrial beneficioso para los agricultores y consumidores del sector de salache. En sí el proyecto ayudará a incentivar el cultivo para el aprovechamiento de esta especie vegetal, promoviendo la cultura y conocimiento ancestral.

- **Ambientales**

El impacto ambiental es mínimo, debido a que la producción de harinas precocidas de amaranto no genera desechos tóxicos que puedan ocasionar daños al ambiente y no genera afectación en la flora endémica de la naturaleza.

- **Económicos**

Los beneficios económicos en la precocción de amaranto serán de gran valía para la población que se dedique a su cultivo de este pseudocereal y a la industrias de harinas, generando ingresos por la producción de la materia prima que será útil para la industria de alimentos de la provincia.

#### 4. RECURSOS Y PRESUPUESTO

**Tabla 23:** *Presupuesto de la investigación*

Recursos	Cantidad	Uso H.	Valor. U	Valor
<b>Equipos</b>				
Molino de discos BI140-2.2	1.	2	5	10
Centrifugadora (BOECO C-28A)	1	3	2	4

Desecador de vidrio con tapa	1	3	2	6
Estufa (Mettler Universal 30)	1	48	1	48
Deshidratador Maqorito MQD24BD	1	24	2	48
Autoclave Tuttnauer 2540EKA	1	12	3	36
Mixolab	1	2	79	158
Balanza analítica de capacidad de 160 g	1	2	2	4
Mufla Thermo FB1410M	1	24	0,50	12
Plancha precalcinador	1	3	1	3
Macro Kjeldahl	1	5	2	10
Equipo de bomba de vacío	1	5	1	5
Equipo de agua caliente	1	2	1	2
				<b>346</b>
<b>Materiales</b>				
Bandeja de secado	16	U	0,50	8
Probeta	3	U	1	3
Vasos de precipitación	4	U	0,50	2
Tamizador	2	U	1	2
Frascos de vidrio de 500 ml	6	U	0,75	4,5
Papel aluminio	3	U	3,50	10,5
Papel filtro	6	U	0,40	2,4
Varilla de agitación	2	U	0.50	1

Matraces Erlenmeyer 100 mL	3	U	0,90	2,70
Cápsulas de aluminio de 5 cm de diámetro	6	U	0,90	5,40
Frasco lavador	1	U	1,20	1,20
Crisoles de Porcelana.	7	U	1,10	7,7
Espátula	2	U	0,80	1,6
Pinza universal.	1	U	2,50	2,50
Balones Kjeldahl	1	U	8	8
Pipeta	3	U	2	6
Matraz Erlenmeyer	3	U	2,10	6,0
Papel bond	2	U	0,30	0,60
				<b>75.1</b>
<b>Reactivos</b>				
Agua purificada	8	L	2	16
Bicromato de Potasio	10	g	0,1	1
Ácido sulfúrico	50	ml	0,1	5
NaOH	50	g	0,1	5
Sulfato de Sodio	100	g	0,1	10
Sulfato de cobre	100	g	0,1	10
El ácido bórico ( $H_3BO_3$ )	50	g	0,1	5
Zinc en lentejas	50	g	0,1	5
Etanol (alcohol etílico)	50	ml	0,1	5

HCl estandarizados 0.1N	100	ml	0,1	10
Carbonato de sodio (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) 0,1N estandarizado	80	ml	0,1	8
Dióxido de Selenio	50	g	0,1	5
NaOH al 22%	90	ml	0,1	9
Alcohol-n-amílico	100	ml	0,1	10
Acetona	100	ml	0,1	10
				<b>114</b>
<b>Material Bibliográfico y fotocopias</b>				
Esferos	2	U	0,50	1
Impresiones.	180	U	0,2	36
Anillados	3	U	3	9
Empastados	2	U	4	8
				<b>54</b>
<b>Gastos</b>				
Internet	810	Horas	0,10	81
Combustible	26	Días	10	260
Alimentación	10	Días	3	30
				<b>371</b>
<b>TOTAL</b>				<b>960,1</b>

**Fuente:** Autor (Tipantuña, 2024)

## 5. CONCLUSIONES

- Los análisis proximales del grano de amaranto (*Zelenaya Sosulka*) revelan un perfil nutricional equilibrado con un contenido significativo de proteínas (17,70%) y carbohidratos (58,61%), lo que lo convierte en una excelente fuente de estos macronutrientes. El nivel de grasa es moderado (6,92%), la fibra (1,97%), y la ceniza (2,75%) reflejan una contribución positiva al valor nutricional del grano. Estos resultados demuestran el potencial del amaranto como ingrediente nutritivo en la industria alimentaria.
- En la evaluación de la precocción del grano de amaranto realizado en la combinación de 16 corridas experimentales utilizando un diseño de superficie de respuesta IV óptimo, con factores de temperatura y tiempo, permitió identificar la mejor combinación de los parámetros obtenidos a temperatura de 115°C durante 25 minutos. Las combinaciones de las variables optimizan la solubilidad y el contenido de proteínas de la harina de amaranto, en mejora de sus propiedades sin comprometer su valor nutricional. La optimización de estos parámetros sugiere que la precocción a 115°C durante 25 minutos es efectiva para mejorar la funcionalidad de la harina de amaranto.
- Los análisis nutricionales de la harina realizadas a las mejores condiciones de precocción demostraron un 63,93% de carbohidrato, proteínas 18,03%, humedad de 2,72%, grasa 7,14%, fibra 2,11% y 3,23% de ceniza, estos resultados demuestran un valor nutricional favorable, debido a su alto contenido de carbohidratos, proteínas, y una cantidad apreciable de minerales, además su baja humedad sugiere buena estabilidad y vida útil. Los análisis funcionales en las corridas mínimas y máximas, se encontró que el tratamiento térmico a 110°C por 10 minutos es más adecuado que a 120°C por 30 minutos para la harina de amaranto en la panificación. Este tratamiento permite un mayor desarrollo de la masa en las fases de la formación de la masa (C1) y la estabilización de la masa (CS), mejorando la estructura de la masa, así como una adecuada retrogradación del almidón que contribuye a la preservación de frescura en productos de panificación.

## 6. RECOMENDACIONES

- Explorar la caracterización de otras variedades de amaranto para comparar sus perfiles nutricionales y funcionales. Esto permitirá ampliar el conocimiento sobre la diversidad de esta planta y sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

- Realizar estudios en la industria alimentaria para validar la viabilidad de la precocción a 115°C durante 25 minutos. Estos estudios ayudarían a asegurar que las condiciones óptimas identificadas en el laboratorio se puedan replicar eficazmente en entornos de producción real.
- Evaluar la aceptación sensorial de los productos elaborados con harina precocida de amaranto entre los consumidores. Además, investigar su impacto en la salud a largo plazo podría fortalecer la evidencia de los beneficios nutricionales y funcionales del amaranto.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, J. A. O., Sanchez, E. Y. Z., Paulino Viviano Ninaquispe Zare, D. S., & Miano, A. C.

(2022). *Optimization of sensory acceptability of rice bran cookies Optimización de la aceptabilidad sensorial de galletas utilizando salvado de arroz.*

[https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full\\_papers/FP690.pdf](https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP690.pdf)

Aguilera, Y. (2009). *Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales.*

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/101592/1/Harinas%20de%20leguminosas%20deshidratadas.pdf>

Alamprese, C., Ratti, S., & Rossi, M. (2009). Effects of roasting conditions on hazelnut characteristics in a two-step process. *Journal of food engineering*, 95(2), 272-279.

Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.

Albuja Echeverría, W. S. (2022). Determinantes socioeconómicos de la desnutrición crónica en menores de cinco años: Evidencia desde Ecuador. *Inter disciplina*, 10(28), 591-611.

Anchundia, M. Á., Cedillo, C. J. J., & Hernández, L. C. (2020). Efecto del tratamiento de cocción sobre las propiedades funcionales y morfometría granular de harina de camote (ipomoea batatas). *Tierra Infinita*, 6(1), 5-19.

- Anchundia, M. Á., Pérez, E., & Torres, F. (2019). Composición química, perfil de aminoácidos y contenido de vitaminas de harinas de batata tratadas térmicamente. *Revista chilena de nutrición*, 46(2), 137-143.
- Apaéstegui Rengifo, L. C. (2012). *Determinación de los parámetros adecuados para el enlatado de semilla del pan de árbol (Artocarpus altitis Fosberg) en salmuera acidificada*. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/e1eab3ad-fcdb-426c-be8e-4fc9ee14fe0e>
- Aponte, E. M. (2022). *Desarrollo de una barra energética a partir de cultivos andinos: Quinoa (Chenopodium quinoa), Avena (Avena sativa) y Amaranto (Amaranthus caudatus L.)* [PhD Thesis]. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2022. [https ...](https://repositorio.unas.edu.pe/items/e1eab3ad-fcdb-426c-be8e-4fc9ee14fe0e)
- Argel, N. S. (2022). *Diseño y desarrollo de productos cárnicos magros adicionados con fuentes vegetales de elevado valor nutricional* [PhD Thesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/138278>
- Babativa Novoa, C. A. (2017). *Investigación cuantitativa*. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/3544>
- Baldizón, A. R. (2000). *Fortificación de harina de maíz nixtamalizada con Vitamina A y C*. [PhD Thesis, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/283>
- Bautista, R. R., Segoviano, M. B., Sierra, J. de J. F., Mendoza, G. H., & Orozco, L. A. X. (2023). Biopéptidos derivados de los pseudocereales: Amaranto, Quinoa, Chía y Trigo sarraceno. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 26, 1-27.
- Benítez, B., Archile, A., Rangel, L., Ferrer, K., Barboza, Y., & Márquez, E. (2008). Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Interciencia*, 33(1), 61-65.

- Bernabé Meza, Y. M., & Cancho Mallma, F. L. (2017). *Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (Oxalis tuberosa) para uso industrial*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1221>
- Boteo Benito, C. E. (2018). *Formulación y evaluación sensorial de una bebida tipo atol a base de harina de arroz (Oryza Sativa L) y harina de bleo (Amaranthus Hypochondriacus L) dirigida hacia escolares de primaria urbana del sector oficial de Santo Domingo, Suchitepéquez*. [PhD Thesis, USAC]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10312/>
- Bressani, R. (2012). El amaranto y su potencial en la industria alimentaria. *Alimentos hoy*, 7(7), 15-19.
- Bustillos Banda, K. A. (2022). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (Triticum aestivum) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda*. [B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/36531>
- Calapiña Tituaña, B. O. (2022). *Caracterización fisiológica de semillas de ocho variedades de Amaranto (amaranthus spp.) en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022*. [B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8993>
- Calderón Vásquez, S., Duchén Uriarte, P., & Reynaga Nava, A. (2017). *Estudio físico-químico del grano de amaranto (amaranthus caudatus), variedad Oscar Blanco para su aprovechamiento con fines industriales* [PhD Thesis]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/12117>
- Canales Rivas, L. R., Mayorga Silva, L. A., & Poveda Molina, L. A. (2023). *Caracterización nutricional de algunos alimentos artesanales a base de maíz empleando técnicas*

*clásicas e instrumentales de análisis químico en la ciudad de León de agosto a octubre de 2022* [PhD Thesis].

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9688/1/253060.pdf>

Casa Oñate, D. E. (2023). *Evaluación de la digestibilidad del almidón de un suplemento a partir de quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus) orientado a dietas saludables* [B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...].

<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/37899>

CASILLAS SIMBAÑA, P. E. (2022). *PROPUESTA DE UN RECETARIO DE COMIDA ECUATORIANA A BASE DEL AMARANTO PARA RESTAURANTES DEL SECTOR DE LA MARISCAL EN LA CIUDAD DE QUITO* [PhD Thesis]. UNIB. E.

Cerda Mejia, L. A. (2010). *Estudio de las propiedades funcionales de proteínas de harinas de maíz (Zea may), cebada (Hordeum vulgare), quinua (Chenopodium quinoa), papa (Solanum tuberosun), trigo (Triticum aestivum) nacional e importado para orientar su uso panificación y pastas* [B.S. thesis].

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/5429>

Cerezal Mezquita, P., Urtuvia Gatica, V., Ramírez Quintanilla, V., & Arcos Zavala, R.

(2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas. *Nutrición hospitalaria*, 26(1), 161-169.

Chaglla, D. L. B., & Puga, V. R. N. (2023). Desnutrición en la primera infancia en el Ecuador. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(4), 551-562.

Chanchhuaña Alva, C. M. (2018). *Efectos saludables de los pseudocereales*.

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/740095>

- Chaparro Rojas, D. C., Pismag Portilla, R. Y., Elizalde Correa, A., Vivas Quila, N. J., & Erazo Caicedo, C. A. (2010). Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 8(1), 35-42.
- Combariza Vargas, A., & Sánchez Tamayo, D. (2006). *Estudio de la obtención de un alimento precocido a partir de cultivos biofortificados. Tesis (Ingeniero Químico)* [PhD Thesis, Universidad del Valle].  
[https://cgspace.cgiar.org/bitstream/10568/66182/1/tesis\\_harinasprecocidas.pdf](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/10568/66182/1/tesis_harinasprecocidas.pdf)
- CORNEJO SANCHEZ, C. (2014). *GENERALIDADES DEL AMARANTO (Amaranthus Spp), USOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA*.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/365/59531s.pdf?sequence=1>
- Coronel Feijó, M. A. (2019). *Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quinua (« Chenopodium quinoa» Willd)*.  
<https://dehesa.unex.es/handle/10662/9273>
- Correa, B. (2017). *Sustitucion parcial de harina de trigo por harina de quinua (Chenopodium quinoa willd) para la elaboracion de pan de molde (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala)*.
- Criales Ruiz, S. J. (2022). *Desarrollo de productos tipo pancakes a partir de harina de semillas de chía, amaranto y quinua*.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/28d91c43-17e9-4131-a9d3-622b24d45e03>
- Cuba Cuba, B., & Huicho Miguel, G. Y. (2024). *Efecto de harina de trigo (Triticum aestivum), harina de chía (Salvia hispanica L.) y puré de plátano variedad seda (Musa acuminata) en la calidad de galletas enriquecidas*.

<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/fedbf50d-0c29-4c0d-ab3d-19ff12bbc18c>

Dubat, A. (2016). *Mixolab: A New Approach to Rheology*. Academic Press.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vOQuDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Dubat,+Arnaud%3B+Rosell,+Cristina%3B+Gallagher,+E.+\(2013\).+Mixolab+a+n+ew+approach+to+rheology.+in+AACC+International+\(Edition,+Vol.+1\).+AACC+International&ots=8NFplcABDm&sig=u37QMKlhBSXokKtlkbO1MD12ZD4](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vOQuDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Dubat,+Arnaud%3B+Rosell,+Cristina%3B+Gallagher,+E.+(2013).+Mixolab+a+n+ew+approach+to+rheology.+in+AACC+International+(Edition,+Vol.+1).+AACC+International&ots=8NFplcABDm&sig=u37QMKlhBSXokKtlkbO1MD12ZD4)

Durán-Pincay, Y. E., Andrade-Santos, R. M., Aveiga-Bartolomé, Y. L., & Molina-Zambrano, D. S. (2022). Análisis Situacional de la desnutrición infantil a nivel de Latinoamérica. *MQR Investigar*, 6(3), 1205-1225.

Fernández Montes, L. F. (2021). *Evaluación nutricional y digestibilidad de la harina de arveja chata cocida, en ratas albinas*.

<https://repositorio.unife.edu.pe/repositorio/handle/20.500.11955/919>

Fernández Vargas, N. (2024). *Influencia del tipo de secado y biopolímeros añadidos en la calidad de la harina de la vaina del haba (Vicia faba)* [PhD Thesis, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/206411>

Gálvez, A. V., Aravena, E. L., & Mondaca, R. L. (2006). Isotermas de adsorción en harina de maíz (*Zea mays* L.). *Food Science and Technology*, 26, 821-827.

Gálvez Rodas, J. B., & Ortiz Dávila, R. (2023). *Evaluación del perfil sensorial y nutricional de un pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por almidón de yuca (Manihot esculenta)*.

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11572>

Gavilanez, S. (2020). Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (*Origanum vulgare* L.). *Proyecto de investigación*, 52.

Grajales Herrera, M. A., & Zipasuca Huertas, I. K. (2011). *Evaluación física, química y sensorial de salchichas tipo Frankfurt sustituyendo parcialmente almidón de papa*

(*Solanum tuberosum*) como extendedor por harina de arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*).

[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1392&context=ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1392&context=ing_alimentos)

Grandes Veloz, P. G., & Gualotuña Socasi, J. A. (2022). *Elaboración de un producto cárnico cocido tipo jamonada de pavo y cerdo, utilizando aceite de semilla de cáñamo (Cannabis sativa ssp) como aditivo de omega 3, 6*. [B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10938>

Gutierrez Castillo, C. P. (2022). *Elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua y tarwi*.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5393>

Hadna\djev, T. D., Torbica, A., & Hadna\djev, M. (2011). Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. *Procedia Food Science*, 1, 328-334.

Heredia Vásquez, J. (2013). *Propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de polvos nanoestructurados de Ardisia compressa kunth*.

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46785/HerediaVasquezJesus.pdf?sequence=2>

Huamanchumo, W. (2020). *Pseudocereales andinos: Valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/151184>

Janna, N., & Hanna, M. (2018). Desnutrición en la población infantil de 6 meses a 5 años en Ayapel, Córdoba (Colombia). *Revista Colombiana de Enfermería*, 16(1), 25-31.

Jiménez Jiménez, G. G. (2019). *Evaluación del proceso de semillas de amaranto mediante tecnología microondas*. [B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de

Cotopaxi: Facultad de Ciencias de ...].

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5478>

Jordán Lescano, A. I. (2021). *Determinación de escenarios de la producción de alimentos frente al Cambio Climático en la Provincia de Tungurahua tomando como muestra los cultivos de maíz (Zea mays), papa (Solanum tuberosum), mora (Rubus ulmifolius) y tomate de árbol (Solanum betaceum)* [B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...].

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33625>

Kumar, L. R., Chatterjee, N. S., Tejpal, C. S., Vishnu, K. V., Anas, K. K., Asha, K. K., Anandan, R., & Mathew, S. (2017). Evaluation of chitosan as a wall material for microencapsulation of squalene by spray drying: Characterization and oxidative stability studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1986-1995.

Lascano Sumbana, A. V. (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 pastas Alimenticias* [B.S. thesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/867>

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* [B.S. thesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/849>

López-Lilao, A., Escrig, A., Sanfelix, V., Monfort, E., & Mallol, G. (2022).

*DETERMINACIÓN DEL PODER DE EMISIÓN DE POLVO DE MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN EL SECTOR CERÁMICO.*

- Luis, G. M., Hernández, B. R. H., Caballero, V. P., López, N. G. T., Espinoza, V., & Pacheco, L. R. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus spp.*). *Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR*, 3(6), 423-436.
- Luna Granados, N. Y. (2016). *Efecto de la termosonicación sobre las propiedades termicas y la digestibilidad de las harina de arroz (paddy) y harina de trigo.(triticum durum)*.  
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1087>
- Magro Porras, M. A. (2015). *Caracterización fisicoquímica, químico proximal y sensorial de harina pre-cocida a partir de semilla germinada de linaza (Linum usitatissimum) mediante autoclavado y tostado*.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1296>
- Maldonado Cervantes, E. (2014). *Análisis proteínico del grano de amaranto (Amaranthus hypochondriacus y A. cruentus) y obtención del mapa proteómico de Amaranthus cruentus*. <http://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/2897>
- Manobanda Cunalata, N. A. (2017). *Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador* [B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26312>
- Manso, L., & Pineda, F. (2009). Evaluación preliminar de 20 variedades de amaranto en Panamá. *RICTEC*, 6(1), 55-60.
- Martín Herrero, A. (2022). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/185390>
- Martínez, B., & Rodríguez, S. (2010). *Evaluar la aplicación de cuatro fuentes de materia orgánica en el cultivo de amaranto (amaranthus spp) en dos localidades de la provincia de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/834>
- Monroy Pedroza, D. (2017). *Crecimiento y rendimiento de Amaranthus cruentus y A.*

*hypochondriacus* desarrollados en invernadero y campo mediante fertigación.

[Master's Thesis]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3332>

Montoya-Rodríguez, A., Gómez-Favela, M. A., Reyes-Moreno, C., Milán-Carrillo, J., & González De Mejía, E. (2015). Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(2), 139-158. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12125>

Moposita, D., Mejía, A. B., Merino, G. E. D., & Godoy, M. (2023). Pastas alimenticias enriquecidas con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*). *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 8(5), 1404-1417.

Morales Chicaiza, G. S., & Roldán Garcés, M. J. (2023). *Caracterización del extracto acuoso de tzinzo (Tagetes minuta) en función de la composición química y capacidad antioxidante* [B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11021>

Neurath, J. (2023). *Las religiones indígenas de Mesoamérica: Historia, ritos y transformaciones* (Vol. 49). Sb editorial.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8EKwEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=Origen+del+amaranto,+Descubrimientos+arqueol%C3%B3gicos,+1+amaranto+emigr%C3%B3+desde+M%C3%A9xico,+Guatemala+y+los+Andes+peruanos&ots=H2G3M8BW-y&sig=wpOgqcc9fwLAQr9DXMkPszxTqBY>

NTE INEN 2646 2012—*Granos Cereales Amaranto* / PDF / Naturaleza / Science. (s. f.).

Recuperado 18 de agosto de 2024, de

[https://es.scribd.com/document/513032341/NTE-INEN-2646-2012-](https://es.scribd.com/document/513032341/NTE-INEN-2646-2012-GranosCerealesAmaranto)

GranosCerealesAmaranto

Núñez Villacís, G. E. (2021). *Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales*

- andinos de alta digestibilidad proteica* [B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32122>
- Pantoja-Tirado, L., Prieto-Rosales, G., & Vargas, E. A. (2020). Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para su industrialización. *TAYACAJA*, 3(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.72>
- Paredes Pérez, A. M. (2023). *Digestibilidad gastrointestinal in vitro y actividad antioxidante de la proteína aislada de una mezcla de harinas precocidas de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y amaranto (Amaranthus caudatus)* [B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...].  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/39308>
- Parra Huertas, R. A. (2010). Revisión: Microencapsulación de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5669-5684.
- Peralta, I. (2010). *INIAP Alegría: Variedad mejorada de amaranto Amaranthus caudatus L.*  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2640/1/iniapscpl346.pdf>
- Pérez, C., & Luzuriaga, Ó. (2010). Caracterización de la Harina de Semillas de Amaranto *Amaranthus Caudatus* para Elaboración de Pan en Mezclas con Harina de Trigo. *Química Central*, 1(1), 61-70.
- Pérez-Navarrete, C., Cruz-Estrada, R. H., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2006). Caracterización física de extrudidos preparados con mezclas de harinas de maíz QPM (*Zea mays* L.) y fríjol lima (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 5(2), 145-155.
- Pincioli, M. (2011). *Proteínas de arroz: Propiedades estructurales y funcionales* [PhD Thesis, Universidad Nacional de La Plata].

<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1828>

Quevedo Analuisa, M. A. (2022). *Caracterización del aceite esencial de eneldo (Anethum graveolens), en función de la composición química, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana*. [B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9439>

Quiceno Villada, D., & Mosquera Gutiérrez, M. Y. (2010). *Alternativas tecnológicas para el uso de la cascarilla de arroz como combustible* [B.S. thesis, Universidad autónoma de occidente].

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/1327/TME00462.p?sequence=1>

Quilumbaquin Toaquiza, E. J. (2023). *Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (amaranthus caudatos)*. [Master's Thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).].

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11621>

Ramos, J. R. G., Lopez, I. M. M., Huanca, I. L. M., Quipe, F. H., Mendoza, L. C. R., & Salazar, E. C. (2022). DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE DIEZ VARIETADES DE QUINUA (CHENOPODIUM QUÍNOA WILLD.). *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica de Ingenierías*, 4(1), Article 1.

<https://doi.org/10.47190/nric.v4i1.4>

Reyes, M. F. (2014). *Comparación del contenido de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante y factores antinutricios en hojas y granos de Amaranto (Amaranthus hypochondriacus L) cultivado bajo ambiente protegido ya campo abierto*. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/10706>

Reyes-Velasco, L., Pacheco-Rodríguez, É., Garnica-Sánchez, A., Cueva-Villanueva, J. Á., & Zapién-Martínez, A. (2019). Obtención, separación y purificación de almidón a partir de Colocasia esculenta para su uso como excipiente en formas farmacéuticas. *de*

*formas farmacéuticas*, 35.

Rodríguez, A. P. G. (2011). *Obtención y caracterización de almidones modificados y su aplicación como agentes encapsulantes del bioinsecticida Bacillus thuringiensis*.

<https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/6496>

Rodríguez-Sandoval, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199-207.

Rojas, W., Soto, J. L., Pinto, M., Jäger, M., & Padulosi, S. (2010). *Granos andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*.

<https://cgspace.cgiar.org/items/bb827f33-2267-4cb8-b2db-28a9597a2eeb>

Roque Siguas, O. J. (2019). *Diferencias de la constante térmica en las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (Amaranthus caudatus. l): Precoz y tardía en la microcuenca del distrito de Ayacucho*.

<https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2794>

Salazar, D. (2015). Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinua cruda y tostada en la elaboración de pan. *Facultad deficiencias de la Ingeniería carrera de Ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniera de Alimentos*.

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*.

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/883>

Salvador Beasoain de Paulorena, E. (2019). *Caracterización de harinas de grano entero a través de Mixolab\copyright y su relación con la calidad del pan*.

<https://core.ac.uk/download/pdf/231879334.pdf>

- Sánchez, E. C. M. (2015). El amaranto. *Revista Ciencia*, 8-9.
- Sánchez-Olarte, J., Argumedo-Macías, A., Álvarez-Gaxiola, J. F., Méndez-Espinoza, J. A., & Ortiz-Espejel, B. (2016). Análisis económico del sistema sociotécnico del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Acta universitaria*, 26(3), 95-104.
- Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). Estudio reológico de las mezclas de harinas: Trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 123-131.
- Sierra Puga, J., & Allca Ayala, V. (2022). *Isoterma de adsorción, propiedades funcionales y vida útil de la harina de chuño blanco de papa andina ccompis (Solanum tuberosum) proveniente de la Comunidad de Mollocco–Antabamba*.  
<https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1138>
- Soria, A., & Vaca, A. (2012). Factores determinantes de desnutrición crónica en niñas y niños menores de cinco años en la provincia de Cotopaxi. *Internet*. [Quito-Ecuador]: Universidad Central del Ecuador.
- Sotelo Linos, R. M. D. C. (2022). *Evaluación del rendimiento del cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) aplicando abonos orgánicos y minerales en Tochimilco, Puebla, México*.  
<http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/2970>
- Tamayo Nieves, J. N., & Verdezoto Ortiz, P. M. (2022). *Estudio de osmolalidad de una bebida a base de jícama (Pachyrhizus erosus)* [B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10451>
- Toaquiza Toapanta, A. M. (2011). *Evaluación del efecto de enzimas (gluco-oxidasas, hemicelulasas) y emulsificante (estearil lactilato de sodio) en la calidad de pan*

- elaborado con sustitución parcial de harina de trigo nacional (Triticum vulgare) variedad Cojitambo.* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/832>
- Torres-González, M. P., Jiménez-Munguía, M. T., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2014). Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(1), 94-102.
- Tovar Hernández, C. E., Perafán Gil, E. A., Enríquez Collazos, M. G., Pismag Portilla, Y., & CERON-FERNANDEZ, L. (2017). Evaluación del efecto del proceso de extrusión en harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) normal y germinada. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 30-38.
- Valenzuela Chauca, D. P. (2016). *Nuevos productos alimenticios en el comercio mundial: Situación y perspectivas actuales para el cultivo y exportación de quinua por parte del Ecuador* [Master's Thesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador]. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/5121>
- Vargas, J. A. G., & Mejía, A. L. C. (2014). Diseño de un esterilizador industrial por concentración de energía solar, para alimentos enlatados. *Revista de Investigación*, 7(1), 67-77.
- VARGAS VALERO, A. (2015). *EVALUACION DEL PROGRAMA IMMS- OPORTUNIDADES INCORPORANDO AMARANTO EN LA DIETA DE LOS NIÑOS DE EL.* <https://oai.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/4607/T15869%20VARGAS%20VALERO%2C%20AZUCENA%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Velasco, J. E. R., Arévalo, A. H., & Molano, L. E. R. (2003). Procesamiento de papa criolla precocida y congelada mediante la técnica de congelación individual (IQF), en seis genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*). *Agronomía Colombiana*, 21(1-2), 95-101.

- Velásquez Figueroa, M. V. (2011). *Desarrollo de sopa instantánea a partir de Harina de Melloco Ullucus Tuberosus* [B.S. thesis].  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19045>
- Vera Julon, L. A. (2019). *Cinética de precocción de tres variedades de arroz (Oryza sativa) y características fisicoquímicas del producto* [PhD Thesis, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza-UNTRM].  
<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1670>
- Vergara Olivares, P. M. (2011). *Efecto de adición de enzima transglutaminasa en el desarrollo de pan a base de harina de quínoa (Chenopodium quinoa Willd)*.  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116490>
- Villalobos Romero, A. P., Plata Rincón, M. Á., & Leighton Rendon, J. S. (2023). *Obtención de bioetanol a partir del corozo a través del proceso de la fermentación alcohólica*. [B.S. thesis, Ingeniería Química].  
<https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/12862>
- Villamarin Álvarez, J. M. (2023). *Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (Amaranthus hypochondriacus)*. [B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11023>
- Villena Carrión, J. (2023). *Perfil nutricional de la vaina del haba (vicia faba) y propiedades tecnofuncionales de su harina*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/197563>

## 8. ANEXO

### ANEXO 1. Elaboración de la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*)

**Anexo 1.1.** Obtención del grano



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.2.** Eliminación de impurezas



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.3.** Preparación de las muestra en los frascos



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.4.** Colocación de agua en las muestras



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.5.** Colocación de los frascos en el autoclave



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.6.** Precocción de grano de amaranto



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.7.** Colocación de grano precocido en parillas



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.8.** Deshidratación de grano



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.9.** Obtención del grano deshidratado



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.10.** Molienda del grano



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

**Anexo 1.11.** Empacado de la harina precocidad



**Fuente:** (Tipantuña, 2024)

## ANEXO 2. Análisis proximales del grano de amaranto (Zelenaya Sozulka)

### SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS  
Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: [luciasilvax@yahoo.com](mailto:luciasilvax@yahoo.com)

"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

#### REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10044

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant	
Sr. Kevin Tipantuña	
Domicilio / Address	Teléfonos / Telephones
Latacunga - Salache	
Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested	
Amaranto (Zelenaya Sozulka) Tratamiento 1	
Marca comercial / Trade Mark	
No tiene	
Características del producto / Ratings of the product	
Color, Olor y sabor característico	

#### RESULTADOS BROMATOLOGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	12.05	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	87.95	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	17.70	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	1.97	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	6.92	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	2.75	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
MATERIA ORGANICA, (%)	97.25	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03

Emitido en: Riobamba, el 4 julio de 2024

Dr. William Viñan A.  
RESPONSABLE TECNICO

**SETLAB**  
Servicio de Transferencia Tecnológica  
y Laboratorios Agropecuarios  
Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós  
032366-764

Activar V  
Ve a Config

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el producto analizado.

## ANEXO 3, Análisis nutricionales de la harina precocida de amaranto

# SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS  
Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: lucianilyax@yahoo.com

"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

### REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10088

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Sr. Kevin Tipantuña

Domicilio / Address

Latacunga - Salache

Teléfonos / Telephones

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

Harina precocida de amaranto- Tratamiento 1

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

### RESULTADOS BROMATOLOGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	2.78	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	97.22	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	18.03	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	2.11	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	7.14	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	3.23	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
MATERIA ORGANICA, (%)	96.77	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03

Emitido en: Riobamba, el 23 julio de 2024

Dr. William Vifian A.  
RESPONSABLE TECNICO

**SETLAB**

Servicio de Transferencia Tecnológica  
y Laboratorios Agropecuarios  
Calo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós  
032366-764

ACTIVAR  
Ve a Configuración

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el producto analizado.

## ANEXO 4. Análisis funcionales de la harina de amaranto

### ANEXO 4.1. Mixolab - Harina precocida ( 110 °C, 10 min)

# Mixolab

CHOPIN Technologies  
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT  
 Z.I. DU VAL DE SEINE  
 92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
 FRANCE

## TEST - T1 110 °C 10 MIN

Fecha : 19/07/2024 Hora : 16:09

Muestra :

Hydration : 53.3 % base 14% (b14)

Contenido de 4.50 %

Protocolo : CHOPIN + AMAR

Peso de la masa : 75.0 g

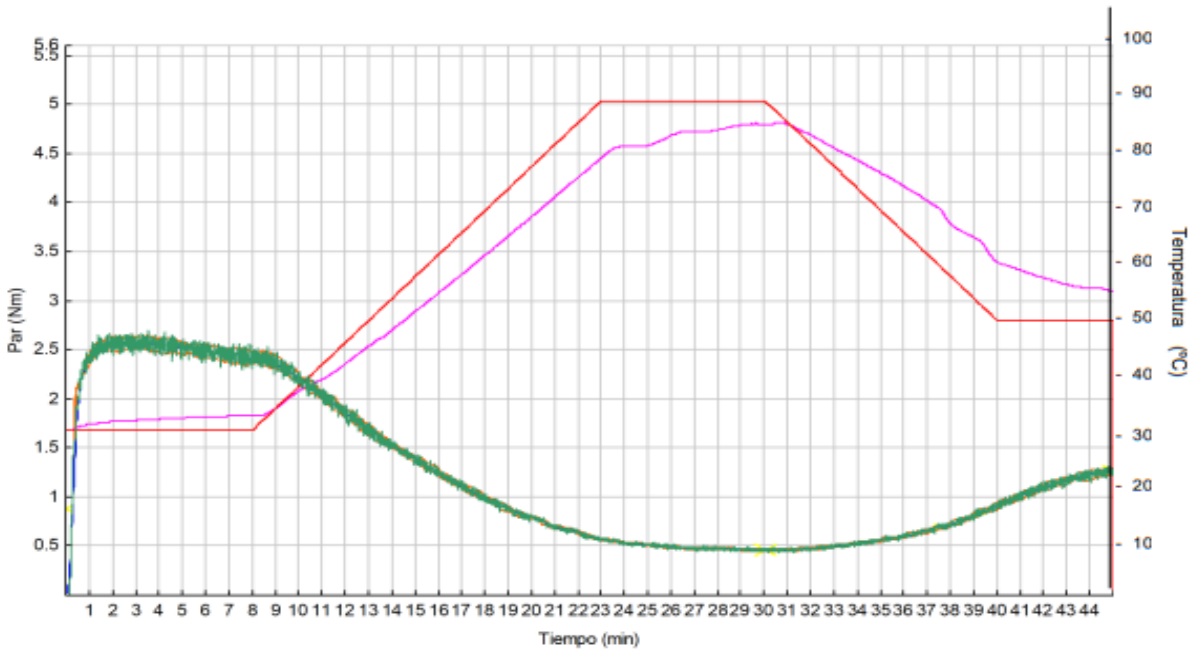
Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

$\alpha$ :	-0.112	Nm/min
$\beta$ :	0.000	Nm/min

Modo Simulator

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	2.68	2.584	31.8	0.131	9.20
CS	8.00	2.423	32.8		8.3
C2	30.08	0.459	85.8		
C3					
C4					
C5	45.02	1.264	55.2		



Activar Wi  
 Ve a Configu

# Mixolab

CHOPIN Technologies  
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT  
Z.I. DU VAL DE SEINE  
92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
FRANCE

## TEST - T1 110 °C 10 MIN

Temperatura de laboratorio	°C	Molino		
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción		%
Contenido de humedad	4.5 %	P		mmH2O
Proteínas	%	L		mm
Almidón dañado	UCD	G		
Zeleny	ml	W		10E-4J
Cenizas	%	P/L		
Gluten	%	le		%
Falling Number	s	Hydration	53.3 %	base 14% (b14)

Activar W  
Ve a Configu  
TEST

ANEXO 4.2.Mixolab - Harina precocida ( 120 °C 30 min)

# Mixolab

CHOPIN Technologies  
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT  
 Z.I. DU VAL DE SEINE  
 92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
 FRANCE

## TEST - T2 120 °C 30 MIN

Fecha : 22/07/2024 Hora : 12:40

Muestra :

Hydratation : 53.3 % base 14% (b14)

Contenido de 7.80 %

Protocolo : CHOPIN + AMAR

Peso de la masa : 75.0 g

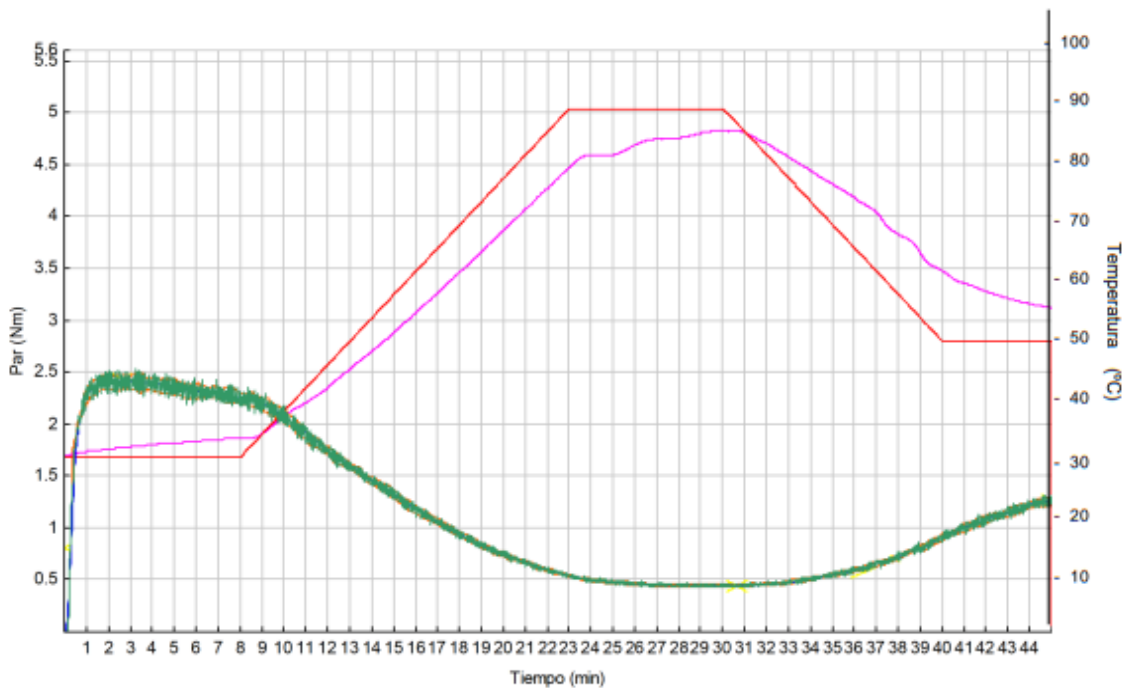
Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

$\alpha$ :	-0.104	Nm/min
$\beta$ :	0.000	Nm/min

Modo Simulator

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	2.62	2.434	31.8	0.144	9.10
CS	8.00	2.252	33.3		8.48
C2	30.65	0.441	86.3		
C3					
C4					
C5	45.02	1.264	55.6		



Activar W  
 Ve a Config  
 TEST

# Mixolab

CHOPIN Technologies  
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT  
Z.I. DU VAL DE SEINE  
92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
FRANCE

## TEST - T2 120 °C 30 MIN

Temperatura de laboratorio	°C	Molino		
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción		%
Contenido de humedad	7.8 %	P		mmH2O
Proteínas	%	L		mm
Almidón dañado	UCD	G		
Zeleny	ml	W		10E-4J
Cenizas	%	P/L		
Gluten	%	le		%
Falling Number	s	Hydration	53.3 %	base 14% (b14)

## ANEXO 5. Hojas de vida

### ANEXO 5.1 Hojas de vida del tutor


#### DATOS PERSONALES

APELLIDOS Y NOMBRES	: Rojas Molina Jaime Orlando
CÉDULA DE CIUDADANÍA	: 0502645435
FECHA DE NACIMIENTO	: 15/10/1984
ESTADO CIVIL	: Divorciado
CIUDAD	: Latacunga
DOMICILIO	: La Merced, Quijano y Ordoñez y Juan Abel Echeverría 7-60
TELÉFONO	: (03)2802455 / 0999084592
LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL	: Docente Universidad Técnica de Cotopaxi
TELÉFONO	: 0322253162
CORREO ELECTRÓNICO	: rojas_orlando1984@hotmail.com
CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	: jaime.rojas@utc.edu.ec



## ANEXO 5.2 Hojas de vida del estudiante

### DATOS PERSONALES

APELLIDOS Y NOMBRES	: Tipantuña Mendoza Kevin Fabián	
CÉDULA DE CIUDADANÍA	: 0550511893	
FECHA DE NACIMIENTO	: 08/01/2000	
ESTADO CIVIL	: Soltero	
CIUDAD	: Latacunga	
DOMICILIO	: Parroquia Juan Montalvo Barrio San José	
TELÉFONO	: 0999800235	
LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL	: Estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi	
CORREO ELECTRÓNICO	: kevin.favian11@gmail.com	
CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	: kevin.tipantuna1893@utc.edu.ec	

## ANEXO 6. Aval del traductor

# AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO

Yo Guanín Taipe José Francisco, en calidad de docente de inglés con cédula de identidad número: 1804031274, Magister en enseñanza de inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT No. 1010-2024-2873443; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE LA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (Amaranthus Zelenaya Sosulka)** de: **Tipantuña Mendoza Kevin Fabian**, de la carrera de **Agroindustria**, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 16 de agosto del 2024



JOSE FRANCISCO  
GUANIN TAIPE

---

Mg. José Francisco Guanín Taipe  
C.I: 180403127-4  
Email: jguanin1274@uta.edu.ec  
Contacto: 0999021697