



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DESARROLLO DE UNA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO
(*Amaranthus caudatus*) DE LA VARIEDAD ALEGRÍA”

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Vilcacundo Chiquinga William Rene

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando

LATACUNGA – ECUADOR


Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Vilcacundo Chilingua William Rene con cédula de ciudadanía No. 0503372930; declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“DESARROLLO DE UNA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) DE LA VARIEDAD ALEGRÍA”**, siendo el Químico Mg. Rojas Molina Jaime Orlando, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi 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, 17 de agosto del 2025



William Rene Vilcacundo Chilingua
CC: 0503372930
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 **VILCACUNDO CHILQUINGA WILLIAM RENE**, identificado con cédula de ciudadanía **0503372930** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DESARROLLO DE UNA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) DE LA VARIEDAD ALEGRÍA”**, 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 2020 – Marzo 2021

Finalización: Octubre 2024 – Febrero 2025

Aprobación en Consejo Directivo. – 12 de Diciembre del 2024

Tutor: Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: **“DESARROLLO DE UNA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) DE LA VARIEDAD ALEGRÍA”**

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.

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

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

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


William Rene Vilcacundo Chilingua
EL CEDENTE

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

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DESARROLLO DE UNA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus* variedad “alegría”), de Vilcacundo Chilingua William Rene, 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, 17 de febrero del 2025



Quim. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.

C.C: 0502645435

DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Vilcacundo Chilibingua William Rene con el título de Proyecto de Investigación: **DESARROLLO DE UNA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO “*Amaranthus caudatus* variedad “Alegría”**) 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, 17 de febrero del 2025



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



Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes Mg.
C.C: 0501511604
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal, Mg.
C.C: 0501854854
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, me apoyaron en el proceso de mi investigación, a Dios, por darme la fortaleza, la perseverancia para poder lograr este desafío de mi vida. A mis padres, por su amor incondicional, mi familia por todo su apoyo moral. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, y a mis lectores Ing. Maricela Trávez Mg., Ing. Manuel Fernández Mg. E Ing. Edwin Cevallos Mg. y tutor de tesis Quim. Orlando Rojas por brindarme sus conocimientos en esta etapa de mi vida y guiarme en mi crecimiento académico. Este logro es el resultado del esfuerzo compartido, y siempre llevaré en mi corazón a las personas que formaron parte de este camino.

William Rene Vilcacundo Chilibingua

DEDICATORIA

Con gratitud y cariño, dedico este trabajo a quienes han sido mi inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este camino. A Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría para superar cada reto. A mi familia, por su amor, paciencia y sacrificio. A mis padres, Luz Ofelia Chilibuina, Segundo Rodrigo Vilcacundo Guanoquisá por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, mis hermanos, por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento.

Este logro no es solo mío, sino también de quienes me han acompañado y apoyado en cada paso.

William Rene Vilcacundo Chilibuina

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

**TÍTULO: DESARROLLO DE UNA HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO
(*Amaranthus caudatus*) DE LA VARIEDAD ALEGRÍA.**

Autor:

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló una harina precocida, caracterizando sus semillas en función los análisis proximales, destacando un bajo contenido de humedad (9,00 %), una alta proporción de materia seca (91,00 %), materia orgánica (97,41 %), en menor cantidad el contenido proteico (16,77 %), grasa (7,23%), fibra (2,59%) y cenizas (2,59%). Para optimizar el proceso de precocción, se aplicó el diseño experimental de superficie de respuesta con el software Design Expert 8.0.6; estableciendo 16 corridas, evaluando la temperatura (110, 115 y 120 °C) y el tiempo (10, 20 y 30 minutos), los valores predichos para la harina precocida fueron de 15,34 % de proteína y 24,92 % de solubilidad, los resultados experimentales superaron estas estimaciones (16 % de proteína y 25,52 % de solubilidad). El análisis nutricional del mejor tratamiento mostró un bajo contenido de humedad (7,78 %), una elevada proporción de materia seca (92,22 %) y materia orgánica (97,12 %); contenido moderado de proteína (17,49 %), grasa (6,54 %) y fibra (2,35 %), lo que sugiere un balance nutricional adecuado. Sensorialmente, su color, olor y sabor fueron característicos del amaranto. En cuanto a las propiedades funcionales, los ensayos realizados con el Mixolab indicaron un contenido de humedad del 8,7 % en la masa, mientras que parámetros como el torque, la temperatura y la estabilidad evidenciaron que la harina de amaranto posee características favorables para su aplicación en productos horneados. La harina precocida de amaranto es una alternativa para la fortificación de alimentos y su incorporación en la industria alimentaria, gracias a sus propiedades nutricionales y funcionales.

Palabras claves: Precocción, proteínas, solubilidad, predicho, mixolab.

THEME: “DEVELOPMENT OF A PRE-COOKED AMARANTH (AMARANTHUS CAUDATUS) FLOUR OF THE ALEGRIA VARIETY”.

Author:

Vilcacundo Chilingua William Rene

ABSTRACT

In the present research, a pre-cooked flour was developed, characterizing its seeds according to proximate analysis, highlighting a low moisture content (9.00 %), a high proportion of dry matter (91.00 %), organic matter (97.41 %), in smaller quantities the protein content (16.77 %), fat (7.23 %), fiber (2.59 %) and ash (2.59 %). To optimize the precooking process, a response surface experimental design was used with Design Expert 8.0.6 software; establishing 16 runs, evaluating temperature (110, 115 and 120 °C) and time (10, 20 and 30 minutes), the predicted values for the precooked flour were 15.34 % protein and 24.92 % solubility, the experimental results exceeded these estimates (16 % protein and 25.52 % solubility). Nutritional analysis of the best treatment showed a low moisture content (7.78 %), a high proportion of dry matter (92.22 %) and organic matter (97.12 %); moderate protein (17.49 %), fat (6.54 %) and fiber (2.35 %), suggesting an adequate nutritional balance. Sensorially, their color, smell and taste were characteristic. In terms of functional properties, Mixolab tests indicated a moisture content of 8.7 % in the dough, while parameters such as torque, temperature and stability showed that amaranth flour has favorable characteristics for application in baked goods. Precooked amaranth flour is an alternative for food fortification and its incorporation in the food industry, thanks to its nutritional and functional properties.

KEYWORDS: Precooking, Proteins, Solubility, Predicted, Mixolab.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	2
1.1. Título de investigación	2
1.2. Fecha de inicio.....	2
1.3. Fecha de finalización.....	2
1.4. Lugar de ejecución.....	2
1.5. Institución.....	2
1.6. Facultad.....	2
1.7. Carrera que auspicia.....	2
1.8. Nombres de equipo de investigación.....	2
1.9. Área de conocimiento.....	2
1.10. Línea de investigación.....	2
2. DISEÑO DEL PROYECTO.....	3
2.1. Planteamiento del problema.....	3
2.2. Marco contextual	4
2.3. Formulación del problema	4
2.4. OBJETIVOS.....	5
2.4.1. Objetivo general:.....	5
2.4.2. Objetivos específicos:.....	5
2.5. Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planteados	6
2.6. Fundamentación Teórica o Marco Referencial	7
2.6.1. Antecedentes.....	7
2.6.2. Marco Teórico	8
2.6.3. Grano de amaranto	12

2.6.4. Composición del grano de amaranto	13
2.6.5. Usos del grano del amaranto	14
2.6.6. Uso medicinal del amaranto.....	15
2.6.7. Marco conceptual.....	17
2.7. Metodología del proyecto de investigación	19
2.7.1. Métodos de investigación	19
2.7.2. Técnicas de investigación	20
2.7.3. Instrumentos de investigación.....	21
2.7.4. Procedimiento	22
2.8. Preguntas científicas o hipótesis	37
2.8.1. Hipótesis nula	37
2.8.2. Hipótesis alternativa.....	37
2.8.3. Validación de hipótesis.....	37
2.9. Diseño experimental.....	37
2.10. Análisis y discusión de resultados	39
2.10.1. Caracterización de las semillas de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) de la variedad alegría en función a los parámetros proximales	39
2.10.2. Evaluación del efecto de la precocción de la semilla de amaranto en función al contenido de proteína y solubilidad	40
2.10.3. Determinación de las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto	46
2.10.4. Características nutricionales.....	46
2.10.5. Características funcionales.....	47
3. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS).....	49
3.1. Técnicos	49
3.2. Sociales	49
3.3. Ambientales.....	49
3.4. Económicos	49
4. RECURSOS Y PRESUPUESTO.....	50
5. CONCLUSIONES	51
6. RECOMENDACIONES.....	52
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
8. ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.	6
Tabla 2 Taxonomía del amaranto	9
Tabla 3 Partes de la planta de amaranto utilizada	11
Tabla 4 Requisitos físico químicos del grano de amaranto para la comercialización y procesamiento	13
Tabla 5 Valor nutricional del amaranto	16
Tabla 6 Referencia de los métodos de los análisis proximales de la semilla de amaranto	27
Tabla 7 Análisis nutricionales para la harina de amaranto	32
Tabla 8 Descripción del diseño de superficie de respuesta	35
Tabla 9 Cuadro de variables	36
Tabla 10 Matriz experimental.....	36
Tabla 11 Análisis proximales de las semillas de amaranto	37
Tabla 12 Matriz experimental para la precocción de las semillas de amaranto	38
Tabla 13 Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína	39
Tabla 14 Parámetros del modelo codificado para la solubilidad	40
Tabla 15 Solución optimizada que cumple con las restricciones	42
Tabla 16 Valores óptimos de los predichos y experimentales.....	42
Tabla 17 Análisis nutricional de la harina de amaranto	44
Tabla 18 Condiciones y parámetros evaluados en el ensayo de Mixolab	45
Tabla 19 Presupuesto del proyecto	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos informativos del tutor	60
Anexo 2 Datos informativos del estudiante	61
Anexo 3 Grano de amaranto dividido en 200g cada muestra	62
Anexo 4 Semillas de amaranto se distribuidas en 3 muestras cada una de 1 kg, repartidas a 200 g, en cinco frascos de vidrio con tapa hermética, con 260 mL de agua destilada.	62
Anexo 5 Precocción de las semillas del amaranto a una temperatura de 110, 115 y 120 °C por un tiempo de 10, 20 y 30 minutos.	63
Anexo 6 Semillas de amaranto precocida.....	63
Anexo 7 Semillas deshidratadas tratamiento 1: 110 °C por 10 min, 110 °C por 10 min, 115 °C por 20 min, 120 °C por 30 min	64
Anexo 8 Semillas de amaranto precocidas	64

Anexo 9 Molido de las semillas de amaranto	65
Anexo 10 Tamizado de la harina de amaranto	65
Anexo 11 Harinas precocidas	66
Anexo 12 Caracterización de las semillas del análisis proximal de las semillas de amaranto .	67
Anexo 13 Análisis nutricional del mejor tratamiento	68
Anexo 14 Aval del Traductor	69

INTRODUCCIÓN

El progresivo incremento de la demanda de alimentos que no contengan gluten, ha motivado el interés por los pseudocereales; puesto que, poseen una composición nutricional extraordinaria conteniendo aminoácidos, antioxidantes y un elevado contenido en fibra dietética. Estos componentes le confieren múltiples beneficios para la salud; por ejemplo, la prevención del cáncer, la obesidad, la inflamación y enfermedades cardiovasculares (Carrera, 2023). Además, su versatilidad en la industria alimentaria posibilita la innovación de alimentos que satisfacen las necesidades nutricionales de los consumidores que buscan alternativas saludables. El amaranto posee una destacada historia como fuente de alimento en Mesoamérica, además es un cultivo ideal para zonas semiáridas (Almirudis, et al., 2020). Su grano es de alto valor nutricional, contiene proteínas (12 – 22 %), fibra (9 – 14 %), aceite (6 – 13 %), minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales (rica en lisina y triptófano), contenido de fenoles y alto contenido de almidón con bajo índice glucémico; estos componentes lo posicionan como una alternativa viable a los cereales convencionales en el desarrollo de diversos productos (Palomino, et al., 2022). *“Para inactivar compuestos antinutricionales el amaranto se somete a un tratamiento térmico”* (Almirudis, et al., 2020).

El perfil de aminoácidos del amaranto se aproxima notoriamente a los requerimientos nutricionales del ser humano, siendo la leucina su aminoácido más limitante, lo cual, facilita que sus proteínas sean absorbidas y utilizadas por el cuerpo humano con una eficiencia de hasta el 70% (Hidalgo, et al., 2023).

La harina de amaranto, es un producto obtenido de la molienda de las semillas de la planta, destacándose por ser una fuente de proteínas, minerales y vitaminas de origen natural, tiene ausencia de gluten, lo cual, la convierte en una alternativa para las personas con intolerancia a esta proteína, para los celíacos o para aquellos que prefieren excluirla de su alimentación diaria (Cedeño, 2020).

Este proyecto busca fortalecer la soberanía alimentaria mediante el desarrollo de una harina precocida de amaranto con la finalidad de impulsar de alimentos innovadores, que destaquen sus beneficios nutricionales y fomenten la actividad agrícola, al tiempo que contribuye a la economía circular.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título de investigación

Desarrollo de una harina precocida de amaranto (*Amaranthus caudatus*) de la variedad alegría.

1.2. Fecha de inicio

Octubre 2024

1.3. Fecha de finalización

Febrero 2025

1.4. Lugar de ejecución

Provincia: Cotopaxi – Zona:3

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache Bajo

Barrio: Eloy Alfaro

1.5. Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

1.6. Facultad

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

1.7. Carrera que auspicia

Ingeniería Agroindustrial

1.8. Nombres de equipo de investigación

Tutor de investigación

- Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina **Estudiante:**
- Vilcacundo Chilibinga William Rene

1.9. Área de conocimiento

Área: Ingeniería, industria y construcción.

Sub – área: Industria y producción.

1.10. Línea de investigación

Línea: Desarrollo y seguridad alimentaria.

Sub – línea: Investigación innovación y emprendimientos.

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. Planteamiento del problema

La desnutrición es una problemática mundial que afecta a millones de personas, especialmente en los países en desarrollo. La deficiencia nutricional imposibilita que el organismo absorba los nutrientes esenciales para un crecimiento adecuado y un funcionamiento óptimo; desencadenando severas consecuencias en los niños, dado que puede ocasionar un retraso en el crecimiento, mayor susceptibilidad a enfermedades, discapacidades tanto físicas como mentales, además de problemas como la anemia. Estas secuelas representan un riesgo significativo para la salud, con efectos que pueden manifestarse tanto a corto como a largo plazo (Insuasti, 2024).

A lo largo de los años, el cultivo de amaranto prácticamente ha cesado en Ecuador y muy pocos agricultores han conservado sus conocimientos tradicionales sobre el cultivo y uso del cultivo. El interés reciente en el potencial nutricional y los beneficios para la salud del amaranto ha estimulado los esfuerzos para introducir la planta en los sistemas agrícolas a pequeña escala (Sasintuña, 2022).

En la actualidad el desconocimiento sobre el valor nutricional y las múltiples propiedades que brinda el amaranto, la limitada aplicación de tecnologías en la elaboración de sub productos ha ocasionado un desperdicio de los nutrientes del mismo y a la vez genera desinterés en las industrias por crear nuevos alimentos (Hidalgo, Guerrero, & López, 2023).

En la actualidad, con el grano de amaranto se puede desarrollar una harina, sin embargo, no se ha utilizado como materia prima a nivel industrial, por limitaciones en cuanto a la baja solubilidad que presenta (Hernández, 2021). En la industria de alimentos existe la necesidad de elaborar productos de alto valor nutricional, productos funcionales que favorezcan la salud de los consumidores.

Esta investigación tiene como finalidad precoser el amaranto con la finalidad de obtener una harina precocida, las misma que es un aliado fundamental para la generación de diversos productos innovadores y con ello inducir al investigador a la búsqueda de nuevos procesos de precocción.

2.2. Marco contextual

El uso de plantas en el cuidado de la salud, es una práctica que trasciende por generaciones, basándose en la experiencia empírica; y, numerosos estudios han evidenciado la importancia del rescate de la sabiduría ancestral. El Ecuador está ubicado en el centro del mundo, concentra en su territorio la diversidad del planeta, lo que ha permitido ser un país megadiverso, que busca diseñar y aplicar protocolos que faciliten la implementación progresiva de la vegetación con visión holística, de sus principios activos para aplicarlos en la industria (Farmacéuticos, cosmético, alimenticios entre otros); salvaguardando el hábitat de las mismas y optimizando la calidad de vida de sus habitantes.

Los amarantos son un grupo líder de plantas entre los pseudocereales que tienen el gran potencial de prevenir la desnutrición, especialmente en los países de bajos ingresos con deficiencia de alimentos, son una fuente rica de lisina, β -caroteno, vitaminas, minerales y fibra dietética. Las semillas contienen lípidos, proteínas, fibra dietética, vitaminas B1, B2, B6, C y E y muchos minerales (calcio, fósforo, hierro y zinc). También poseen una buena composición de aminoácidos esenciales, siendo la lisina y el triptófano los aminoácidos limitantes en los cereales comunes (Pilco, et al., 2020).

Las harinas precocidas han alcanzado gran popularidad entre los consumidores debido a su uso fácil, mayor vida útil, mejor experiencia de textura y sensorial difiriendo de las harinas nativas (Morales, 2021).

El amaranto es un cultivo de gran importancia en el Ecuador debido a sus características nutricionales y fisiológicas relevantes en la salud humana, atribuidas a la acción de fibras alimentarias. Su alta digestibilidad proteica de los pseudocereales andinos a estudiar; por lo que, el desarrollo de harinas precocidas sería un valioso aporte a la comunidad, como producto alimenticio saludable.

2.3. Formulación del problema

¿De qué manera influye las diferentes temperaturas y tiempos de precocción, en los resultados de los análisis fisicoquímicos, concentración de la proteína, solubilidad, componentes nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto?

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo general:

- Desarrollar una harina precocida de amaranto (*Amaranthus caudatus*) de la variedad alegría.

2.4.2. Objetivos específicos:

- Caracterizar las semillas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) de la variedad alegría en función a los parámetros proximales.
- Evaluar el efecto de la precocción de la semilla de amaranto en función al contenido de proteína y solubilidad.
- Determinar las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto.

2.5. Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planteados

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.

Objetivos	Actividad (Tareas)	Metodología	Resultados
Objetivo 1			
Caracterizar las semillas de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) de la variedad alegría en función a los parámetros proximales.	Obtención de las muestras de la semilla de amaranto. Análisis proximales de la semilla:	Aplicación de la metodología para: -Humedad total -Materia seca -Proteína -Fibra -Grasa -Ceniza -Materia orgánica	Resultados obtenidos en la tabla 11 de la caracterización de los análisis proximales.
Objetivo 2			
Evaluar el efecto de la precocción de la semilla de amaranto en función al contenido de proteína y solubilidad.	Precocción de la semilla. Evaluación de proteína y solubilidad en 16 corridas experimentales. - Predicción de la optimización, en la evaluación de temperatura y	Precocción del amaranto en la autoclave a 110°C, 115°C y 120°C, por 10, 20 y 30 min. Diseño experimental a través de la experimentación de 16 corridas.	Resultados obtenidos en la tabla 13,14,15 y 16 corrida experimental optimizada.
Objetivo 3			
Determinar las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto.	Análisis nutricional y funcional del tratamiento optimizado de la precocida amaranto	Aplicación de la metodología para Mixolab y el análisis nutricional: -Humedad total -Materia seca -Proteína -Fibra harina -Grasa del -Ceniza -Materia orgánica -ELN	Resultados obtenidos en la tabla 17 y 18 presentan los resultados nutricionales y funcionales de la harina precocida

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

2.6. Fundamentación Teórica o Marco Referencial

2.6.1. Antecedentes

Tipantuña (2024) evaluó las propiedades nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto (*Zelenaya Sosulka*), obteniendo una composición de 63,93% carbohidratos, 18,03% proteínas, 7,14% grasa, 2,72% humedad, 2,11% fibra y 3,23% cenizas. La precocción la realizó con calor húmedo, identificando como óptima la combinación de 115°C por 25 minutos, logrando una solubilidad del 6,91%, contenido proteico del 13,38%, densidad aparente de 0,492 g/ml, ángulo de reposo de 13,96° y un índice de Hausner de 1,365. Además, la precocción a 110°C por 10 minutos mejoró las propiedades reológicas, favoreciendo el desarrollo y estabilidad de la masa, así como la retrogradación del almidón para preservar la frescura en productos horneados.

Urbina y su equipo de investigación (2023) evaluaron las propiedades fisicoquímicas del amaranto y la quinua, así como las características funcionales de sus harinas, mediante un modelo estadístico unifactorial completamente aleatorizado con tres repeticiones. El amaranto presentó mayor contenido de proteína (12,41 %), grasa (6,74 %), carbohidratos (67,09 %) e índice de semilla (5,37 mg), mientras que la quinua destacó en capacidad de hidratación (0,55 g/semilla) e hinchamiento (0,56 ml/semilla). En cuanto a las harinas, no hubo diferencias significativas en las propiedades funcionales ($p < 0,05$); sin embargo, la harina de amaranto mostró mayor absorción (137,60 ml/100 g) y retención de agua (83,60 ml/100 g), así como mejor actividad (3,00 %) y estabilidad (5,67 %) emulsionante, mientras que la harina de quinua sobresalió en absorción (96,03 ml/100 g) y retención de aceite (90,50 ml/100 g). Concluyeron que la quinua y el amaranto son aptos para producir harinas y derivados.

López, et al., (2022) evaluaron el impacto del tratamiento térmico en las estructuras secundarias de las proteínas y en la organización interna del almidón presente en la harina de quinua, utilizaron granos de la variedad Tunkahuan previamente seleccionados y tamizados. Analizaron los cambios en las proteínas y el almidón mediante diferentes geles, identificándose variaciones significativas en las bandas relacionadas con estructuras secundarias como -sheet (1627 cm⁻¹), -turns (1661 cm⁻¹) y -helix (1653 cm⁻¹). El almidón ubicado en la superficie del perisperma mostró una mayor amorfía, mientras que los geles derivados de las harinas del germen presentaron menor firmeza en comparación con los obtenidos de granos pulidos. Concluyeron que la molienda abrasiva fue una técnica eficaz para separar dos tipos de harinas: una rica en proteínas y grasas (harina del germen) y otra con mayor concentración de almidón (harina del perisperma).

Núñez (2021) desarrolló harinas precocidas utilizando pseudocereales andinos como la quinua y el amaranto, sometiéndolos a un proceso de gelatinización mediante dos métodos: cocción en marmita y secado en plancha. Posteriormente, redujo la humedad de las harinas a través de un secado en horno con aire forzado en contracorriente. Las harinas obtenidas fueron evaluadas funcionalmente, mostrando capacidades de absorción de agua de 119,1 % y 127,2 % para la quinua, dependiendo del método empleado. Los resultados revelaron características típicas de harinas precocidas, y pruebas en el Mixolab confirmaron una gelatinización completa en todos los tratamientos. En particular, la harina de quinua secada en plancha presentó el índice más alto de retrogradación del almidón, con un valor de 0,24 Nm.

Pérez y Luzuriaga (2017) manifestaron que el *Amaranthus caudatus*, fue introducido en Ecuador en 1988, es un pseudocereal que ha demostrado adaptarse a los suelos andinos, aunque su aprovechamiento aún es limitado debido a insuficientes avances agronómicos. Para fomentar su uso, se propone la elaboración de harina de amaranto como alternativa alimentaria, especialmente en productos de panificación, como el pan, alimento básico en la dieta ecuatoriana. En un estudio se evaluó la estabilidad de panes con 5%, 10% y 15% de harina de amaranto comparados con pan común, encontrando que no hubo diferencias significativas en vida útil ni sabor, lo que respalda su potencial comercial sin comprometer estos atributos.

2.6.2. Marco Teórico

2.6.2.1. Amaranto (*Amaranthus caudatus*)

Las culturas precolombinas de la región andina domesticaron el amaranto hace miles de años, considerándola "sagrada"; en las culturas prehispánicas formaban parte de ritos religiosos; a causa de su gran importancia agroalimentaria, la cual superaba su valor económico (Miranda, et al., 2024) (Cataña, 2020). El nombre *Amaranthus* procede del griego “ἀμάραντος” que significa siempre viva, refiriéndose a las brácteas de la inflorescencia que no se marchitan (Lara & Lema, 2020). Además, tiene un costo elevado porque es un pseudocereal que no es aprovechado a nivel industrial (Aleman, 2022).

El amaranto forma parte de la familia *Amaranthaceae* la cual está conformada de 82 géneros y 840 especies; aproximadamente 40 especies de *Amaranthus* son nativas de América. El *Amaranthus* se distribuye desde el nivel del mar hasta los 3600 m. El amaranto posee una morfología de su bractéola menos espinosas, más cortas y delgadas que las de sus parientes silvestres (Aguilera, et al., 2021).

Tabla 2 Taxonomía del amaranto

Reino	Vegetal
División	Fanerógama
Tipo	Embryophyta siphonogama
Subtipo	Angiosperma
Clase	Dicotiledoneae
Subclase	Archyclamidae
Orden	Centropermales
Familia	Amaranthaceae
Género	<i>Amaranthus</i>
Nombre científico	<i>Amaranthus caudatus</i>
Nombres comunes	Amaranto (español); Amaranth (inglés), Kiwicha (Cusco, Perú), Achita (Ayacucho, Perú), Coyo (Cajamarca, Perú), Achis (Huaraz, Perú), Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano inca (Bolivia), Sangorache, Ataco, Quinoa de Castilla (Ecuador), Alegría y Huanthi (México), Rejgira, Ramdana, Eerai (India).

Fuente: (Sasintuña, 2022)

Es cultivado en la región Sierra en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Bolívar, Azuay, Cañar y Carchi (López, 2021).

La densidad de siembra oscila entre 230 y 360 mil plantas por hectárea. En la floración alcanzan entre 43 y 80 cm de altura, llegando a 1,8 metros en la cosecha. Su rendimiento puede ser de hasta 4,1 t/ha, con una producción aproximada de 50 mil semillas por planta (Uriarte, et al., 2023).

La variedad Alegría crece entre 1500 y 2800 msnm, adaptándose a valles con alta luminosidad, temperaturas promedio superiores a 15 °C y precipitaciones anuales de 400 a 600 mm. Prefiere suelos francos arenosos, profundos, bien drenados, con buen contenido de materia orgánica y un pH entre 6.0 y 7.5, siendo vulnerable a suelos arcillosos o anegados. Requiere macronutrientes como nitrógeno (80%), fósforo (60%), potasio (40%), calcio y azufre, así como micronutrientes como hierro, zinc, cobre y boro (Romero, 2021).

2.6.2.2. Composición nutricional del amaranto

El amaranto no contiene gluten y posee un alto contenido de proteínas, polisacáridos de fibra dietética (DFP), minerales, lípidos, escualeno y betalaínas (Rang, et al., 2023). Contiene grasa (7,5%), carbohidratos (60-68%), cenizas (2,5-3,1%) y un alto contenido de proteína (14,0-15,5%), minerales, vitamina A y C (Amare, et al., 2021). *“La composición proteica del amaranto es similar a la de las legumbres y crucíferas, sin embargo, cualitativa y cuantitativamente, la proteína de sus semillas es superior a la de las legumbres y cereales”* (Montserrat, et al., 2021).

2.6.2.3. Usos del amaranto

El amaranto contiene aminoácidos esenciales para la dieta del ser humano además de poseer compuestos bioactivos que benefician la salud. Su aceite puede ayudar en el tratamiento de diabetes, sus extractos son empleados en la producción de mayonesa y aderezos. También sirve como fibra dietética y laxante. Por tener lisina ayuda a la memoria, de igual manera a tener una mejor concentración para un buen aprendizaje, por lo que es recomendable que los niños lo consuman con frecuencia (López, 2021).

El amaranto es rico en nutrientes y moléculas bioactivas, particularmente polifenoles. Los principales polifenoles identificados son ácidos hidroxicinámicos, ácidos hidroxibenzoicos, flavonoles y sus glicósidos. Los extractos al tener polifenoles y altos contenidos fenólicos, así como flavonoides también exhiben actividades antimicrobianas, anticancerígenas, antidiabéticas, reductoras de lípidos y hepatoprotectoras. También tiene efectos farmacológicos en el sistema gastrointestinal, por ejemplo, actividades gastroprotectoras, anticáncer colorrectal, antidiarreicas, así como laxantes (Kongdang, et al, 2021).

Tabla 3 Partes de la planta de amaranto utilizada

Partes de la planta	Uso
Glomérulos (Es la unidad que existe en la inflorescencia)	Alta concentración de pigmentación, previene los problemas cardiovasculares, así como los crónicos e inhiben la iniciación y desarrollo de tumores.
Hojas	Es usada como forraje y medicinal para los desmayos, ataques, nervios. Tiene altos valores de minerales entre ellas está el fósforo, magnesio, ácido ascórbico, vitamina A y fibra, por lo que se las consume con maní, entre algunas ensaladas y encurtidos.
Tallo	Es utilizado en la preparación de forrajes y preparación de bebidas.

Fuente: (López, 2021)

El grano de amaranto se puede procesar en varias formas, como reventado, tostado, cocido, en hojuelas, extruido y molido en harina para mezclarlo con otras harinas para hacer pan, pasta, papilla y bebida instantánea con cualidades nutricionales y tecnológicas mejoradas

El aceite del amaranto tiene escualeno, el cual es usado como componente de algunos adyuvantes en vacunas con la finalidad de mejorar la respuesta inmune del huésped (Chandra, 2022).

Quilumbaquin (2023) resume las principales ventajas y desafíos asociados con el cultivo de amaranto de la siguiente manera:

Ventaja

- Alto contenido y calidad proteica: El amaranto se destaca por su elevado contenido de proteínas de alta calidad, comparable al de las proteínas animales, lo que lo convierte en una excelente opción nutricional para humanos y animales.
- Alternativa a cultivos tradicionales: Puede reemplazar cultivos como maíz, trigo, cebada, sorgo y avena, representando una opción viable y sostenible.
- Versatilidad de usos: Es adaptable a diferentes formas de consumo, como grano, harina, hojas comestibles o complemento en productos alimenticios. Además, su ausencia de gluten lo hace apto para celíacos y permite conservar su calidad durante largos periodos.
- Adaptación climática: Tiene una alta tolerancia a la sequía y no requiere niveles excesivos de humedad para su crecimiento y producción.
- Resistencia sanitaria: Es menos vulnerable a plagas y enfermedades en comparación con otros cultivos.

Desventajas

- Falta de difusión: La poca promoción de su valor nutricional y su versatilidad limita su adopción.
- Deficiencia en conocimientos técnicos: La falta de información sobre su producción adecuada representa un desafío significativo.
- Mecanización limitada: La carencia de maquinaria agrícola específica para su cultivo incrementa los costos de producción.
- Variabilidad genética: La falta de uniformidad genética en las variedades dificulta la estandarización en la calidad y producción del grano.

- Maduración desigual: La maduración no homogénea de las panículas y la dehiscencia de los frutos provocan pérdidas durante la cosecha.
- Tamaño reducido del grano: Su pequeño tamaño lo hace susceptible a problemas durante la siembra, como una profundidad o densidad inadecuadas.
- Estabilidad de precios: Los precios constantes en el mercado pueden limitar la rentabilidad del cultivo.

2.6.3. Grano de amaranto

Es el grano comestible más pequeño del mundo, este pseudocereal contiene entre 13 y 18 % de proteínas lisinas, así como aminoácidos esenciales en su endospermo, además tiene calcio, fósforo, hierro, potasio, zinc, vitamina E y complejo de vitamina B, convirtiéndolo en un alimento altamente nutritivo que favorece la producción de hormonas, enzimas, anticuerpos, disminuye el colesterol en la sangre y ayuda al desarrollo mental y estimula la liberación de la hormona del crecimiento (Núñez, 2020). Asimismo, el escualeno es un ácido graso poliinsaturado que posee una gran capacidad antioxidante y vigoriza el sistema inmune (Martín, 2022).

Debe presentar un color natural y uniforme, su olor debe ser característico, la infestación de insectos que dañan al grano se determina de manera ocular clasificándolos como libres, ligeramente infestado (1 a 2 los primarios y 4 los secundarios) e infestado (> a 2 los primarios y > a 4 los secundarios). La temperatura idónea para su almacenamiento es de 12 a 18 °C (NTE INEN 2646, 2012).

Tabla 4 *Requisitos físico químicos del grano de amaranto para la comercialización y procesamiento*

Requisitos	UM	Valor
Humedad (máx.)	%	12
Proteína (máx.)	%	14
Grasa (máx.)	%	7
Fibra (máx.)	%	9
Cenizas (máx.)		3
ELN* (máx.)	%	61
Índice de peróxidos	mEq/kg	7

Impurezas(máx.)	%	5		
Aflatoxinas	µg/kg	≤5		
Grado				
Comercialización (máx.)		1	2	3
Impurezas	%	0	5	> 5
<u>Impurezas ligeras</u>	<u>%</u>	<u>0-0,25</u>	<u>0,26 – 0,8</u>	<u>> 0,8</u>

Fuente: (NTE INEN 2646, 2012)

La semilla contiene hasta un 10% de aceite, el mismo que es rico en escualeno, es utilizado en cosméticos y vacunas como alternativa al escualeno obtenido del hígado de tiburón (Lara & Lema, 2020)

2.6.4. Composición del grano de amaranto

Según Pérez (2024), el grano de amaranto se distingue por ser una fuente rica de proteínas en comparación con otros cereales, por tener lípidos, ácidos grasos, ácido linoleico, almidón, entre otros nutrientes; además a continuación se describe como clasifica la composición del grano.

2.6.4.1. Carbohidratos totales

El almidón es el componente mayoritario del amaranto (50 - 60 % del peso del grano); se localiza principalmente en el perisperma, está constituido por una baja cantidad de amilosa formada por 500 a 2000 unidades de α -D-glucosa y por una fracción ramificada (amilopectina) integrada por cadenas lineales de 25 a 30 unidades de α -D-glucosa. Tiene menor capacidad de hinchamiento y viscosidad, alta solubilidad y capacidad de absorción de agua. Se gelatiniza a temperaturas superiores a 60°C

2.6.4.2. Proteína

Está constituida por 12 - 22% de aminoácidos esenciales, incluyendo la lisina, triptófanos y aminoácidos sulfurados. Estas proteínas se localizan, principalmente, entre el embrión y la cáscara. Su distribución aproximada es: 20.7% albúminas, 19.2% globulinas, 2.2% prolaminas, 44% glutelinas y 13.4% residuos.

2.6.4.3. Fibra

Contribuye al adecuado funcionamiento del metabolismo, la digestión; genera una sensación de saciedad, que disminuye la incorporación de calorías a través de la dieta y, por lo tanto, evita el aumento de peso.

Está constituida por el 78% de fibra insoluble, que incluye: lignina, celulosa, hemicelulosa y almidón resistente; y por el 22% de fibra soluble, que comprende pectinas, gomas y otros carbohidratos no digeribles. La celulosa, es una cadena larga de hidratos de carbono, compuesta exclusivamente por moléculas de glucosa, unidas por enlaces β -1,4, mientras que la hemicelulosa es un polímero de cadena corta, constituida por varios tipos de azúcares como Dxilosa, D-manosa, D-glucosa y L-arabinosa.

2.6.4.4. Lípidos

Están constituidos por una combinación de ácidos grasos saturados (21.9 – 26.4%) como palmítico, e insaturados (71.6 – 72.4%) como linoleico y oleico; que se ubican en la testa y el embrión, principalmente. Además, el aceite derivado de estas semillas es rico en tocoferoles y tocotrienoles (vitamina E y análogos insaturados), lo cual es beneficioso para la salud.

La calidad nutricional de un aceite se define por el tipo de ácidos grasos que contiene, destacando especialmente la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, entre ellos, el ácido linoleico siendo el más abundante con el 37 - 45% y el oleico con aproximadamente el 30%. Además, posee una baja proporción de ácidos grasos saturados, entre 21.9 - 26.4%, como el ácido palmítico (17%), que provee energía, reduce las enfermedades cardiovasculares e impide la formación de coágulos de sangre. Otro tipo de grasa presente en el amaranto está compuesto por el escualeno (terpénico) con el 3.6 a 6.1%, el cual ayuda a la disminución del colesterol y triglicéridos en el organismo.

2.6.4.5. Cenizas

El amaranto se destaca por ser una fuente rica en minerales como calcio, hierro, potasio, fósforo, sodio, zinc y magnesio. Esta característica lo convierte en una opción beneficiosa para personas que padecen de osteoporosis y anemia, para quienes se recomienda su consumo. Además, el magnesio que contiene relaja las arterias y tiene efectos

2.6.5. Usos del grano del amaranto

El grano de amaranto se emplea ya sea entero o procesado en harina, tiene múltiples aplicaciones en la alimentación humana y animal. En su forma reventada, similar al canguil, es ideal como aperitivo. También se utiliza en la preparación de desayunos, postres, y papillas. Por otro lado, la harina permite elaborar productos tradicionales como el pinol, una mezcla de harina de cebada y panela, así como panes, galletas, allullas y pastas, diversificando su uso en la dieta diaria (Cachaguay & Guanotuña, 2023).

2.6.6. Uso medicinal del amaranto

El amaranto ha sido utilizado tradicionalmente como remedios naturales, como antipirético en la medicina tradicional india y nepalí, como astringente, diurético, antihemorrágico y agente hepatoprotector; para tratar problemas de vejiga, hemorroides, dolor de muelas, trastornos sanguíneos e incluso disentería (Martínez, et al., 2020). La creciente conciencia sobre el valor nutricional, los beneficios para la salud y los usos médicos e industriales del amaranto ha dado como resultado la reactivación del cultivo

2.6.6.1. Harinas

A partir de la segunda revolución industrial, la industria harinera experimentó un notable impulso gracias al avance de la tecnología y la incorporación de maquinaria, lo que permitió optimizar la transformación de materias primas en productos terminados. Durante la década de 1980, surgieron importantes almacenes de harina ubicados estratégicamente cerca de los ríos. Uno de estos sitios destacados fue uno de los siete primeros lugares concesionados para la instalación de molinos en Quito, donde se estableció uno de los molinos de trigo más antiguos de América (Amanta & Chicaiza, 2024).

2.6.6.2. Harina precocida

Es un producto que se obtiene de granos mediante tratamientos térmicos o hidrotérmicos, que posteriormente son secados o molidos. Se caracteriza por tener bajo contenido de humedad, son poco perecederos, menos susceptibles al deterioro por microorganismos, además la presencia de almidones modificados, ayuda a que la harina tenga la capacidad de hidratarse rápidamente, disolverse con facilidad y desarrollar una textura viscoelástica, lo que la hace ideal para una amplia variedad de aplicaciones alimenticias (Pila & Sigcha, 2024).

Un tratamiento térmico excesivo reduce la textura, el sabor, el rendimiento y la degradación de componentes, provocando la inactivación de microorganismos y de enzimas. La harina precocida se la puede obtener por el método de vapor directo o introducción del grano en agua a temperatura de ebullición, facilitando su hinchazón, elevación de retención de agua y gelatinización de los granos de almidón (Morales, 2021).

2.6.6.3. Harina de amaranto

La harina de amaranto es un recurso valioso en la retención de sabores, mejora de la palatabilidad y como componente principal en la preparación de masas, productos horneados libres de gluten. No obstante, presenta limitaciones en cuanto a su capacidad para formar espuma, por tanto, no es idónea para reemplazar proteínas en aplicaciones alimentarias que

demanden una elevada espumabilidad y estabilidad, como es el caso de pasteles, batidos o helados (Hernández, 2023).

Tabla 5 *Valor nutricional del amaranto*

Características	Cantidad
Proteína (%)	15,54
Fibra cruda (%)	5,21
Cenizas (%)	3,61
Grasa (%)	7,31
Calcio (%)	0,14
Fósforo (%)	0,54
Magnesio (%)	0,22
Potasio (%)	0,57
Sodio (%)	0,02
Cobre (ppm)	6,00
Manganeso (ppm)	12,00
Zinc (ppm)	21,00
Energía (cal/100g)	439,90

Fuente: (Bedón , 2020)

La composición de la harina de amaranto varía en función al grado de extracción puesto que la mayor concentración de nutrientes se localiza en el pericarpio (18,5 % de proteína, 7,4% de lípidos, 3,3 % de fibras y 3,2% de cenizas) y en el germen (42% de proteínas, 19,2% de lípidos, 7,7% de fibras y 7% de cenizas), mientras que en el perispermo se encuentra el almidón (amilopectina con el 7,7%) (Mayorga, 2023).

Las harinas de amaranto se utilizan en la preparación de pan, tortillas, postres, panqueques, cereales, espesantes, pasteles u otros productos a base de harina. Los granos se pueden reventar o flocular como papilla, siendo un alimento con características de cereal, sin gluten y más nutritivo (Valadez, et al., 2021).

2.6.6.4. Funcionalidad de la harina

El Mixolab es un equipo diseñado para evaluar la consistencia de una masa bajo las condiciones combinadas de presión mecánica durante el amasado y el incremento gradual de temperatura. Este dispositivo permite un análisis integral de la calidad tanto de las proteínas como del almidón presentes en la muestra. Su funcionamiento se basa en la medición en tiempo real del torque (expresado en Newton-metro) generado durante el amasado de la harina mezclada con agua, registrando las variaciones en el esfuerzo aplicado a lo largo de cinco etapas definidas del proceso (Ortiz, 2020).

2.6.6.1. Caracterización Nutricional

El amaranto al igual que otros cereales, posee un valor nutricional, ya que contiene un gran porcentaje de proteína, grasa, carbohidratos totales, además que contiene compuestos bioactivos que mejora la salud. (Urbina, et al., 2023)

2.6.6.2. Propiedades Funcionales

Los análisis funcionales miden parámetros como absorción de agua, viscosidad, rehidratación, estabilidad térmica y gelificación, así como textura, sabor y digestibilidad. Esto análisis se lo realizan para ver que estabilidad puede tener la harina y tener una buena preparación en albito gastronómico. (Tipantuña, 2024)

2.6.7. Marco conceptual

Antioxidante: Sustancia que protege las células de los daños que causan los radicales libres (moléculas inestables elaboradas por el proceso de oxidación durante el metabolismo normal) (Wong & Echeverria, 2020).

La actividad antioxidante caracteriza principalmente la calidad de la proteína de la harina de amaranto.

Escualeno: Es un aceite, $C_{30}H_{50}$, intermedio en la síntesis de colesterol, obtenido para su uso en la fabricación de productos farmacéuticos. (Ferrer, 2021). Se la considerado un valioso ingrediente utilizado ampliamente en la industria alimentaria y cosmética por sus propiedades únicas como antioxidante, emoliente, hidratante.

Hepatoprotector: Sustancia que ayudan, a manera de barrera, a proteger al hígado (López A. 2022).

Hidrotérmicos: Se refiere a lo relacionado con el agua y el calor, así como a los efectos que estos elementos combinados pueden generar (Alonso, 2021).

Hormona: Son sustancias químicas que actúan como moléculas mensajeras en el cuerpo. Se producen en una parte del cuerpo y viajan a otras para ayudar a controlar el funcionamiento de células y órganos (Martínez A. , 2017). La harina de amaranto previene la regulación de la tensión arterial y los niveles de hormonas en la salud.

Perispermo: Tejido nutritivo de una semilla derivado de la nucela y depositado externamente al saco embrionario (Delgado & Rangel, 2022).Este análisis observar el efecto del tipo de composición del almidón, humedad, sobre la capacidad de reventado del grano de amaranto.

Viscoelástica: Es un tipo de comportamiento reológico anelástico que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman (Gama, 2020).

2.7. Metodología del proyecto de investigación

La metodología de este proyecto de investigación determinó las estrategias para desarrollar una harina precocida de amaranto (*Amaranthus caudatus*) de la variedad alegría. Este apartado no solo describe los enfoques empleados hasta las técnicas y herramientas aplicadas, que fundamenta las decisiones metodológicas que respaldan la validez del estudio, obteniendo resultados confiables, así como reproducibles, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en el campo de los alimentos funcionales y sostenibles.

2.7.1. Métodos de investigación

2.7.1.1. Investigación bibliográfica

Es una investigación documental en la cual el investigador analiza la información más reciente y actualizada que fue recopilada de fuentes confiables (libros, artículos académicos, tesis, y otros documentos especializados), con la finalidad de seleccionar y extraer la información clave, metodologías previas, así como, hallazgos relevantes para el estudio, facilitando la comprensión del tema, esto posibilita la formulación de hipótesis e interpretación de los resultados en investigaciones futuras (Pérez, 2022).

Posibilitó recopilar, analizar y justificar la información existente sobre las propiedades del grano, métodos de procesamiento, precocción y aplicaciones en alimentos; además permitió entender su composición nutricional, así como sus propiedades funcionales.

2.7.1.2. Investigación descriptiva

Recopila, examina y documenta la información de manera minuciosa sobre un fenómeno o situación particular, priorizando la observación directa y objetiva; no manipulan las variables ni busca establecer relaciones causales entre ellas, lo que garantiza la neutralidad en los resultados, permitiendo la comprensión detallada del contexto actual, obteniendo bases para futuras investigaciones, posibilita el desarrollo de hipótesis y estudios experimentales que amplíen el conocimiento en el área (Guevara, et al., 2020).

Permitió analizar detalladamente las características del grano en función a los parámetros proximales. Además, facilitó la selección de los parámetros óptimos de procesamiento, como el tiempo y la temperatura, para garantizar un producto final de alta calidad, al igual que una mejor comprensión sobre las características nutricionales y funcionales de la harina precocida.

2.7.1.3. Investigación experimental

Esta investigación se caracteriza por la manipulación de las variables independientes con la finalidad de analizar los efectos o reacciones generados en las variables dependientes. Para que sea considerada exitosa, el investigador debe confirmar que los cambios observados en la variable dependiente son consecuencia directa de las modificaciones aplicadas a la variable independiente. Es fundamental establecer una relación clara de causa y efecto, asegurando que los resultados obtenidos en el experimento sean atribuibles exclusivamente a la causa identificada (Guevara, et al., 2020).

Permitió evaluar y optimizar los procesos tecnológicos necesarios para su producción, a través de la manipulación de variables como la temperatura, el tiempo de cocción y los métodos de secado, con el propósito de determinar las condiciones ideales para conservar los nutrientes esenciales del amaranto y mejorar su funcionalidad. Además, este enfoque facilitó la identificación de las propiedades fisicoquímicas deseables en la harina.

2.7.1.4. Investigación cuantitativa

La investigación busca reunir, tanto como analizar los datos cuantitativos para investigar y comprender fenómenos, patrones y relaciones causales entre las variables estudiadas. Utiliza métodos estadísticos como matemáticos aplicados con rigor para garantizar la objetividad y precisión en los resultados. Asimismo, permite detectar tendencias además de establecer correlaciones en grandes volúmenes de información, lo cual favorece el desarrollo de teorías y la creación de modelos predictivos sólidos (Chamba & Quispe, 2021).

Facilitó la recopilación y análisis de los datos numéricos, que permitieron evaluar el efecto de las variables independientes sobre las dependientes, ayudaron a desarrollar los modelos predictivos a través de la comparación de los resultados obtenidos en los tratamientos.

2.7.2. Técnicas de investigación

2.7.2.1. Observación

Es una técnica empírica básica, usada como estrategia para tratar un conjunto de problemas y resolverlos o satisfacer necesidades (Gavidia, 2022).

La observación permitió recopilar datos en todo el proceso de la investigación, para dar una solución a la problemática planteada.

2.7.3. Instrumentos de investigación

2.7.3.1. Equipos

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

2.7.3.2. Materiales de laboratorio

- Bandeja de secado
- Balones Kjeldahl de 600 ml
- Barra de agitación magnética
- Bureta 25 cm³
- Cápsulas de aluminio de 5 cm de diámetro
- Crisoles de porcelana y de gooch
- Frascos de vidrio de 500 ml
- Lana de vidrio
- Matraces Erlenmeyer 100, 300 mL
- Probeta 100 y 250 mL
- Pipeta 10 mL
- Pinza universal
- Vasos de precipitación 250 mL
- Varilla de agitación
- Vidrio de reloj

2.7.3.3. Materiales

- Tamizador
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Frasco lavador
- Espátula
- Pinza universal.
- Papel bond

2.7.3.4. Reactivos

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

2.7.3.5. Materia prima

- Semillas de amaranto

2.7.4. Procedimiento

2.7.4.1. Obtención de la harina precocida de amaranto

□ **Recepción**

Las semillas de amaranto empleadas en este proyecto de investigación se obtuvieron en la provincia de Cotopaxi, a través de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la Facultad de CAREN en granos andinos. Se pesó un total de 4 kg de la materia prima, llevándose a cabo una inspección visual con la finalidad de verificar sus características (color, olor) así como la ausencia de contaminantes físicos (polvo, piedras, restos vegetales, etc.) y la integridad de los granos descartando aquellos que mostraron deformidades o indicios de deterioro. Este control preliminar permitió aseverar que la materia prima cumplía con los estándares de calidad para sus posteriores procesos.

Ilustración 1 *Recepción*



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

□ **Desinfección**

Las semillas de amaranto fueron sumergidas durante 1 minuto en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 5% (NaOCl), con la finalidad de eliminar las impurezas existentes; posteriormente se la enjuago con abundante agua destilada para remover cualquier residuo químico y prevenir alteraciones en sus propiedades, por último. Este procedimiento permitió reducir la carga microbiológica, eliminando posibles contaminantes (bacterias, hongos y esporas) presentes en la superficie de las semillas, asegurando así su aptitud para los siguientes procesos experimentales.

Ilustración

2 Desinfección



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

□ Ecurrido

Las semillas de amaranto se colocaron en tamices de acero inoxidable con el fin de eliminar el exceso de agua retenida tras el enjuague, se mantuvo un entorno limpio y controlado para garantizar la calidad del amaranto. **Ilustración 3 Ecurrido**



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

□ Mezcla

Las semillas de amaranto se distribuyeron en 3 muestras cada una de 1 kg, posteriormente se repartió a 200 g, en cinco frascos de vidrio con tapa hermética, con 260 mL de agua destilada, obteniendo una consistencia entre la cantidad de semillas y el volumen de agua. Los frascos herméticos ayudan a mantener las condiciones controladas, evita la pérdida de humedad y minimiza la contaminación externa.

Ilustración

4 Mezcla



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

□ Precocción

La precocción de las semillas del amaranto se realizó en la autoclave a una temperatura de 110, 115 y 120 ° C por un tiempo de 10, 20 y 30 minutos.

Ilustración 5 Precocción



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

Secado

Las semillas de amaranto precocida fueron colocadas de manera homogénea en una bandeja de malla de acero inoxidable, según al tratamiento que pertenezcan, posteriormente se las bandejas fueron introducidas en el deshidratador a 90 °C durante 24 horas.

Ilustración

6 Secado



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

□ Molido

El amaranto seco se redujo a polvo en un molino de discos (BI140-2.2). **Ilustración**

7 Molido



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

□ Tamizado

El polvo molido se tamizó para obtener partículas uniformes y libre de residuos de la semilla.

Ilustración 8 Tamizado



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

Ilustración

□ Empacado

La harina precocida, fue empacada al vacío en fundas de polipropileno y posteriormente se las almacenó en un espacio fresco y seco.

Ilustración 9 Empacado



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

2.7.4.2. Caracterización las semillas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) en función a los parámetros proximales.

Para caracterizar las semillas del amaranto, se pesaron 15 g la misma que fue rotulada para su identificación, además de ser transportada en óptimas condiciones con el propósito de evitar deterioro o contaminación de la muestra, posteriormente se realizó un análisis proximal que incluyó la determinación de parámetros como porcentaje de humedad total, materia seca, proteína, fibra, grasa, ceniza, materia orgánica y los sensoriales (color, olor y sabor). Cuyos procedimientos, tanto como resultados se evidencian en la tabla 7, esto facilito la comprensión integral de la composición de la semilla de *Amaranthus caudatus*. **Tabla 6** Referencia de los métodos de los análisis proximales de la semilla de amaranto

Parámetro	UM	Método / norma
Humedad total	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 925,10
Materia seca	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 925,10
Proteína	%	AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001,11
Fibra	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 930,15
Grasa	%	AOAC/Goldfish/AOAC 920,39
Ceniza	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 923,03
Materia orgánica	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 923,03
Color, Olor y Sabor	%	Característico

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025) Fuente: (Setlab, 2025)

□ **Humedad total (AOAC 925.10)**

Este método consistió en colocar 2 g de la muestra sobre un crisol y llevarla al horno por 4 horas a 105 °C; posteriormente se la enfría durante 20 minutos (Espín, 2024). La humedad se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{m3 - m1}{m2 - m1} * 100 \quad \text{Ec.1}$$

m1: peso del crisol vacío (g) m2: peso del crisol con la muestra inicial (g) m3: peso del crisol con la muestra final (g)

□ **Materia seca (AOAC 925.10)**

La materia seca se determinó, a través de la diferencia de la humedad (Peñañiel, 2023), a través de la siguiente ecuación:

$$\%Materia\ seca = 100 - \%Humedad \quad \text{Ec.2}$$

□ **Proteína (AOAC 2001.11)**

Colocamos 1 g de la muestra (molida y homogeneizada) en tubos Kjeldahl con un catalizador (mezcla de sales de cobre, óxido de titanio o/y óxido de selenio y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado), se lo llevó a digestión por 60 min a 420°C. Luego, se enfría por 15 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se adiciona 200 mL de agua destilada y colocar en un soporte de destilación, se añade una solución concentrada de hidróxido de sodio 10 N. Se usa ácido clorhídrico y el indicador azul de metileno hasta alcanzar el viraje de color de azul claro a plateado claro (Espín, 2024). El contenido de proteína se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$\%Nitrogeno = \frac{1.4 * (V1 - V2) * N}{P} \quad \text{Ec.3}$$

$$\%Proteína = \%Nitrogeno * F \quad \text{Ec.4}$$

P: Peso de la muestra (g)

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

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

N: Normalidad de ácido clorhídrico

F: Factor de conversión (6.5)

□ **Fibra (AOAC 930.15)**

El procedimiento inició con el pesaje de una muestra sobre papel aluminio. Luego, se transfirió a un beaker de digestión de 600 mL y se realizó un segundo pesaje, incluyendo el papel aluminio con el material residual. Posteriormente, se añadió ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0,7 % en un vaso de Berzelius que contenía la muestra, seguido de la incorporación de alcohol n-amílico.

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

Las muestras fueron secadas en una estufa por 12 horas y posteriormente enfriadas en un desecador. Una vez alcanzada la temperatura ambiente, se pesaron en una balanza analítica y se sometieron a calcinación en una mufla a 600 °C durante 4 horas. Finalmente, tras ser retiradas de la mufla y enfriadas en el desecador, se realizó un último pesaje para determinar el contenido de cenizas (Tipantuña, 2024).

$$\%F.C = \frac{W_{\text{crisol con muestra digerida}} - W_{\text{del crisol con cenizas}}}{W_{\text{papel con muestra}} - W_{\text{papel solo}}} \quad \text{Ec.5}$$

$$\%F.C. \text{ Base seca} = \frac{100 * \%F.C}{\% \text{ de ms.}} \quad \text{Ec.6}$$

□ **Grasa (AOAC 920.39)**

Pesamos 1 g de la muestra en el papel filtro y ubicó adentro de un cartucho de celulosa en forma de un dedal que se depositó en la cámara del extractor. Calentamos 50 mL éter de petróleo en un balón de ebullición, el cual se condensó el vapor y cayó encima del cartucho, de manera cíclica por 4 horas. El solvente se recuperó a través de una destilación y la cantidad de grasa obtenida en el vaso del vaso debe ser pesada (Cañar, 2023). La grasa se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{p2 - pi}{p1} * 100 \quad \text{Ec.7}$$

pi: peso del balón de ebullición

p1: peso de la muestra p2: peso del balón con grasa

□ **Cenizas (AOAC 923.03)**

Se tomó 1 g de la muestra seca en un crisol de porcelana, seguidamente se lo colocó en una placa calefactora para iniciar la combustión de la materia orgánica. Una vez reducido el volumen de la muestra se introdujo en el interior del horno mufla a 525 °C, con la finalidad de quemar la materia orgánica y obtener cenizas completamente blancas (Unidad de innovación, 2025), su % se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\%Cenizas = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} * 100 \quad \text{Ec.8}$$

P0: peso del crisol vacío

P1: peso del crisol con la muestra

P2: peso del crisol con las cenizas

□ **Análisis sensoriales (Color, olor y sabor)**

Se evaluaron basándose en los atributos de color, olor y sabor requeridos en el estudio, con escalas de evaluación (Chimbo, 2023).

2.7.4.3. Evaluación del efecto de la precocción de la semilla de amaranto en función al contenido de proteína y solubilidad.

□ **Precocción del amaranto**

Esta etapa se realizó con una relación sólido líquido, para cada tratamiento se utilizó 1 kg de las semillas de amaranto la cual fue distribuida a 200 g en 5 botellas con 260 mL de agua destilada, se cerró herméticamente los frascos, se ingresó los frascos en la autoclave a manera de tijeras con la finalidad de permitir el libre flujo de aire para que el vapor recorra todos los recipientes y superficie para garantizar su eficiencia, se verificó el agua del equipo.

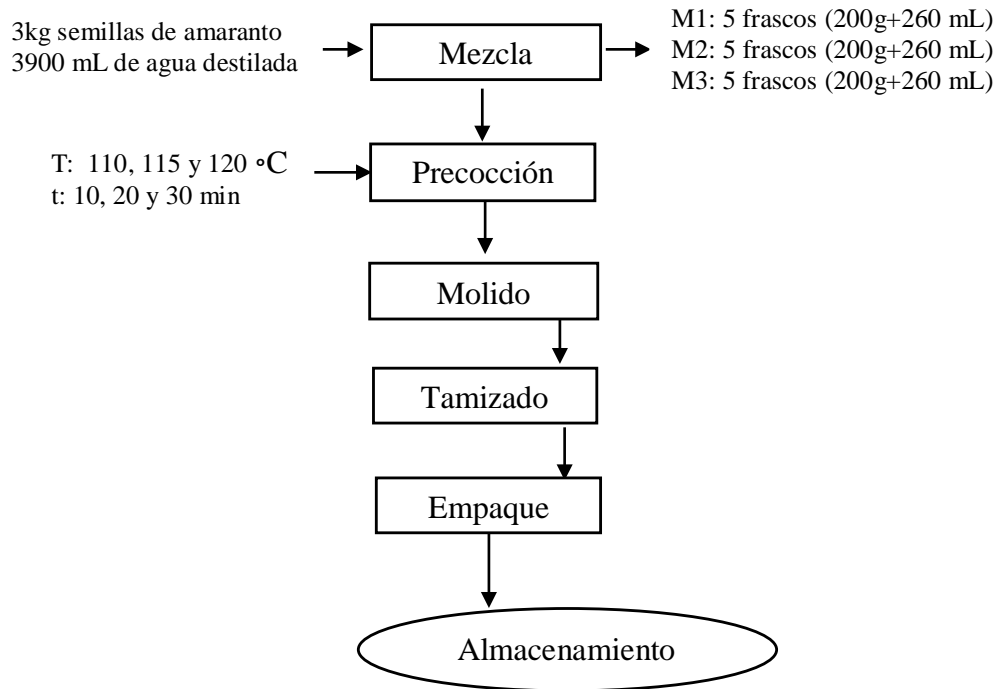
Los tratamientos se desarrollaron de la siguiente manera:

Tratamiento 1: 110 °C por 10 min

Tratamiento 2: 115 °C por 20 min

Tratamiento 3: 120 °C por 30 min

Diagrama de la precocción de la semilla



Elaborado: Autor (Vilcacundo; 2025)

□ Proteína

Se pesó 1 g de la muestra previamente molida y homogeneizada y se colocó en tubos Kjeldahl junto con un catalizador compuesto por una mezcla de sales de cobre, óxido de titanio y/o óxido de selenio, además de 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. La digestión se llevó a cabo a 420 °C durante 60 minutos. Finalizado este proceso, la muestra se dejó enfriar a temperatura ambiente por 15 minutos. Posteriormente, se agregaron 200 mL de agua destilada y la mezcla se transfirió a un sistema de destilación, donde se añadió una solución concentrada de hidróxido de sodio 10 N. La cuantificación se realizó utilizando ácido clorhídrico como agente valorante y el indicador azul de metileno, observando el cambio de color de azul claro a plateado claro como punto final de la titulación (Espín, 2024). La determinación del contenido de proteína se efectuó aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Nitrogeno} = \frac{1.4 * (V1 - V2) * N}{P} \quad \text{Ec.9}$$

$$\% \text{Proteína} = \% \text{Nitrogeno} * F \quad \text{Ec.10}$$

P: Peso de la muestra (g)

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

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

N: Normalidad de ácido clorhídrico F:

Factor de conversión (6.5)

□ Solubilidad

En un tubo de ensayo se colocó la harina precocida y el agua destilada (1:10 p / v) se agitó a temperatura ambiente hasta que se solubilice toda la muestra, posteriormente se centrifugó durante 10 min, se recogió el sobrenadante, seguidamente se la sometió a secado en la estufa a 100 °C por 4 horas, se pesó y se calculó la solubilidad a través de la siguiente ecuación (Jarrín, 2021).

$$\%S = \frac{\text{Masa de sobrenadante seco (g)}}{\text{masa de la muestra (g)}} \times 100 \quad \text{Ec.11}$$

2.7.4.4. Determinación de las características nutricionales y funcionales del mejor tratamiento de la harina precocida de amaranto.

□ Características nutricionales

En la tabla 8 se observa los procedimientos de las características nutricionales, los mismos que permitieron saber porcentaje de humedad total, materia seca, proteína, fibra, grasa, ceniza, materia orgánica, ELN y las características sensoriales (color, olor y sabor).

Tabla 7 Análisis nutricionales para la harina de amaranto

Parámetro	UM	Método / norma
Humedad total	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 925,10
Materia seca	%	Calculo
Proteína	%	AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001,11
Fibra	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 930,15
Grasa	%	AOAC/Goldfish/AOAC 920,39
Ceniza	%	AOAC/Gravimétrico/AOAC 923,03
Materia orgánica	%	Calculo
ELN	%	Calculo
Color, Olor y Sabor	%	Característico

Elaborado: Autor (Vilcacundo; 2025)

La metodología de los análisis nutricionales detallados en la tabla 8, se encuentran descritos en el numeral 2742.

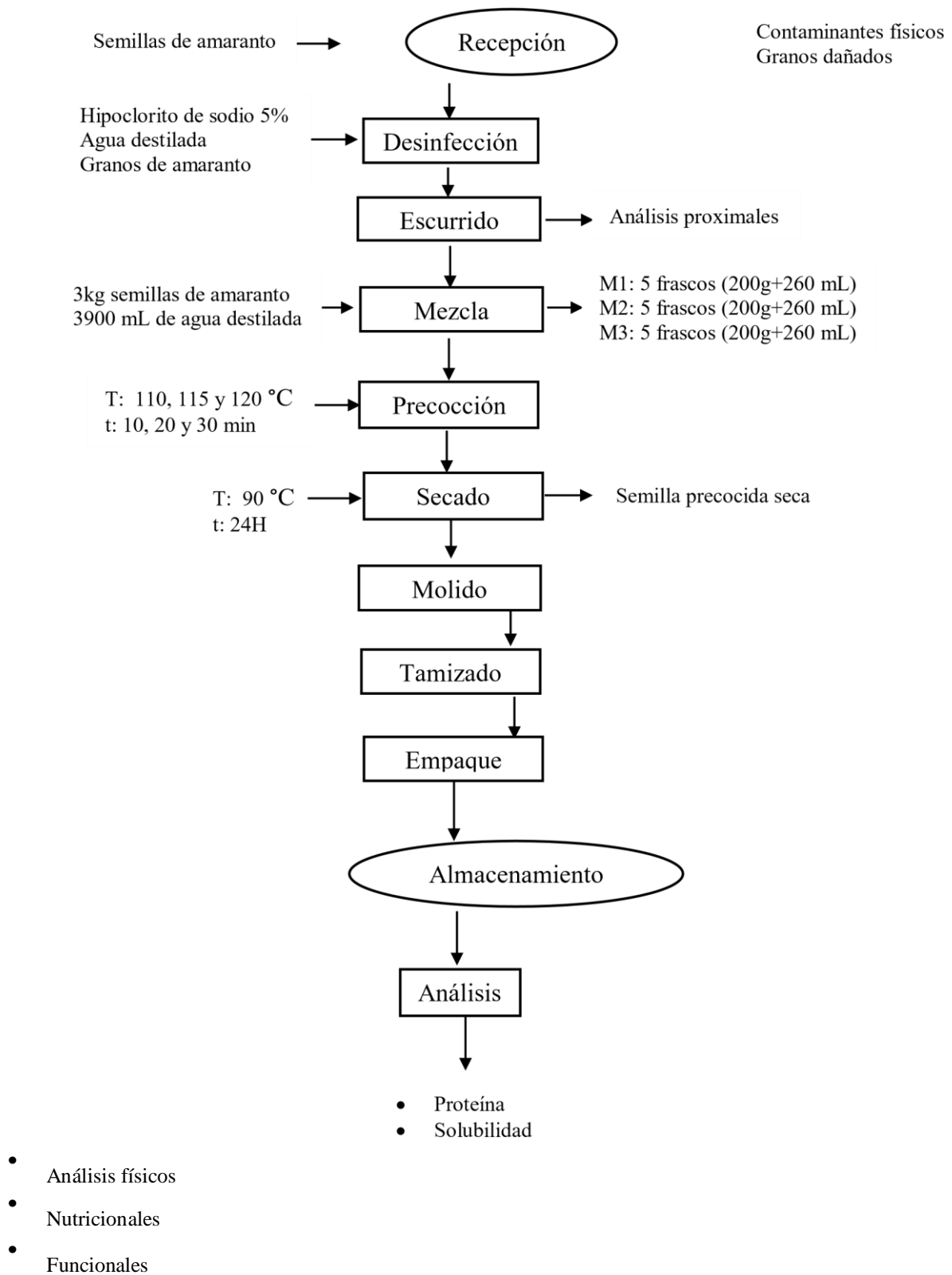
La metodología empleada para los análisis nutricionales presentados en la Tabla 8 está documentada en el numeral 2.7.4.2., donde se especifican los procedimientos empleados para

la determinación de parámetros clave, como el contenido de la humedad total, materia seca, proteína, fibra, grasa, ceniza, materia orgánica, color, olor y sabor.

□ **Funcionalidades de la harina**

Los análisis de la funcionalidad de la harina se llevaron a cabo mediante el equipo Mixolab, una herramienta que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida a amasado bajo diferentes temperaturas (Silva, et al., 2020). Estos análisis fueron realizados por la empresa Agrotec, quien evaluó la muestra optimizada de harina de amaranto y proporcionó datos detallados de su comportamiento. Esta información facilita la construcción de modelos predictivos de calidad el C1, que representa el desarrollo de la mezcla; C2, asociada con la calidad de las proteínas; C3, correspondiente a la gelatinización del almidón; C4, que indica la actividad de la amilasa; y C5, relacionada con la retrogradación del almidón.

2.7.4.5. Diagrama de flujo de la harina precocida



Elaborado: Autor (Vilcacundo; 2025)

2.8. Preguntas científicas o hipótesis

2.8.1. Hipótesis nula

Ho: Las temperaturas y los tiempos de precocción no influyen en los resultados de la concentración de la proteína y solubilidad de la harina precocida de amaranto.

2.8.2. Hipótesis alternativa

H1: Las temperaturas y los tiempos de precocción influyen en los resultados de la concentración de la proteína y solubilidad de la harina precocida de amaranto.

2.8.3. Validación de hipótesis

Los datos obtenidos indicaron que en el proceso de precocción de la harina de amaranto la hipótesis nula (Ho) se rechazó debido a que la influencia de los parámetros de precocción si influyeron en la obtención, por tanto, se aceptó la hipótesis alternativa (Ha) la cual establece que el tiempo y la temperatura si afectaron a la proteína y solubilidad en la extracción de la harina de amaranto caudatus variedad alegría.

2.9. Diseño experimental

A través del software Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) se realizó el diseño experimental y el proceso de la optimización numérica de lo análisis fisicoquímicos, concentración de la proteína, solubilidad, componentes nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto, de tal modo que el tratamiento seleccionado sea el de mejor rendimiento. Se aplicó un modelo de superficie de respuesta en la optimización numérica encontrando la deseabilidad máxima, a través de un diseño cuadrático, planteando 16 corridas experimentales, evaluando como factores las condiciones de temperatura (110, 115 y 120 °C) y el tiempo (10, 20 y 30 min).

En la tabla 8 se observa la descripción de los intervalos a evaluar en la parte experimental de cada factor.

Tabla 8 Descripción del diseño de superficie de respuesta

Detalle	UM	Tipo
Temperatura	°C	110 °C
		115 °C
		120°C

Tiempo	<i>min</i>	<i>Numérico</i>	<i>10 min</i> <i>20 min</i> <i>30 min</i>
--------	------------	-----------------	---

Elaborado: Autor (Vilcacundo; 2025)

La tabla 9 presenta la relación entre la variable dependiente e independiente, junto con sus respectivos indicadores y unidades de medida. La variable independiente representa el factor de estudio que se manipula en el experimento, mientras que la variable dependiente corresponde a la respuesta observada en función de los cambios en la primera. Los indicadores seleccionados permiten una evaluación precisa de los efectos del tratamiento, y las unidades de medida aseguran la comparabilidad y estandarización de los resultados, permite interpretar el impacto de la variable independiente sobre la dependiente y sustentando el análisis estadístico del estudio.

Tabla 9 Cuadro de variables

<u>Variable dependiente</u>	<u>Variable independiente</u>	<u>Indicadores</u>	<u>UM</u>
Harina precocida de amaranto (Amaranthus caudatus)	Precocción: Temperatura (110, 115 y 120 °C)	Proteína	%
		Solubilidad	%
		Análisis físicos Nutricionales	% y g/mL %
	Tiempo (10, 20 y 30 min).	Funcionales	%
		Mejor optimización Proteína	%
		Solubilidad	%

Elaborado: Autor (Vilcacundo; 2025)

La tabla 10 presenta la matriz experimental la cual consta de 16 corridas diseñadas para evaluar el efecto de la temperatura (110, 115 y 120 °C) y tiempo (10, 20 y 30 minutos), combinados de manera sistemática para obtener una distribución equilibrada de los factores, sus repeticiones garantizan la confiabilidad de los datos y minimiza la variabilidad experimental.

Tabla 10 Matriz experimental

Corrida	Temperatura Tiempo	
	(°C)	(min)
1	115	10
2	120	10
3	115	20
4	120	20
5	115	20

6	120	30
7	110	30
8	115	20
9	120	20
10	115	30
11	115	20

12	110	10
13	115	30
14	110	20
15	110	20
16	110	10

Elaborado: Autor (Vilcacundo; 2025)

2.10. Análisis y discusión de resultados

2.10.1. Caracterización de las semillas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) de la variedad alegría en función a los parámetros proximales.

La Tabla 11 presenta los resultados del análisis proximal, en la cual se observa que el amaranto presenta un bajo contenido de humedad (9,00 %), lo cual es favorable para su estabilidad y conservación, minimizando riesgos de deterioro por microorganismos. Posee una alta proporción de materia seca (91,00 %), materia orgánica (97,41 %), en menos cantidad el contenido proteico (16,77 %), grasa (7,23%), fibra (2,59%) y cenizas (2,59%). Finalmente, sus características sensoriales, confirman que el amaranto cumple con los estándares esperados, siendo ideal para su consumo o aplicaciones en productos procesados.

Tabla 11 Análisis proximales de las semillas de amaranto

<u>Parámetro</u>	<u>UM</u>	<u>Valor</u>
Humedad total	%	9,00
Materia seca	%	91,00
Proteína	%	16,77
Fibra	%	2,59
Grasa	%	7,23
Ceniza	%	2,59
Materia orgánica	%	97,41
<u>Color, Olor y Sabor</u>	<u>%</u>	<u>Característico</u>

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

Al comparar los resultados del análisis proximal obtenidos con los reportados por Quilambaquín (2023), se pudo observar diferencias de 1,59 % en el contenido de proteína, 1,12 % en grasa, 0,71 % en humedad, 1,23 % en fibra y 0,2 % en cenizas. De manera similar, en relación con los valores descritos por Castro (2024), se evidencian variaciones de 1,23 % en proteína, 0,8 % en grasa, 2,62 % en fibra y 1,02 % en cenizas.

Estas discrepancias pueden estar relacionadas con diversos factores, como las condiciones de procesamiento, que incluyen diferencias en las técnicas de secado, almacenamiento y manipulación postcosecha, las cuales pueden influir en la composición química del producto final. Asimismo, las características del material vegetal, como el estado de madurez en el momento de la cosecha y las condiciones agroclimáticas, también pueden contribuir a las diferencias.

Según Reyes, et al., (2020) manifestaron que las semillas poseen la capacidad de absorber o liberar humedad dependiendo de las condiciones del ambiente y su contenido inicial de agua.

2.10.2. Evaluación del efecto de la precocción de la semilla de amaranto en función al contenido de proteína y solubilidad.

La Tabla 12 presenta la matriz experimental usada para el estudio correspondiente al proceso de precocción de las semillas de amaranto, donde se detallan los valores de solubilidad (%) y el contenido de proteína (%) obtenidos en la harina correspondiente a cada corrida experimental; las mismas que fueron realizadas bajo combinaciones específicas de temperatura y tiempo, para evaluar el impacto de las variables independientes sobre las dependientes.

Tabla 12 *Matriz experimental para la precocción de las semillas de amaranto*

Corrida	Temperatura	Tiempo	Solubilidad	Proteína
	(°C)	(min)	(%)	(%)
		10		
1	115		23,47	16,38
2	120	10	24,63	14,83
3	115	20	24,89	15,42
4	120	20	25,11	13,26
5	115	20	24,86	15,23
6	120	30	26,53	12,34
7	110	30	24,66	15,56
8	115	20	24,41	15,45
9	120	20	25,36	12,76
10	115	30	25,56	14,37
11	115	20	24,35	15,49
12	110	10	22,41	17,43
13	115	30	25,47	14,56

14	110	20	23,31	16,37
15	110	20	23,27	16,84
16	110	10	22,37	17,48

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

La tabla 12 presenta la matriz experimental, la corrida 6 fue la que presentó mayor solubilidad con 26,53 % y la 16 obtuvo 17,48 % de proteína.

Las semillas del amaranto poseen una alta cantidad de aminoácidos esenciales, vitaminas A, B, C, B1, B2, B3, así como proteínas es un pseudocereal con un elevado contenido de proteína (16 al 19%) en comparación a los cereales comunes como el maíz, trigo, avena que contiene entre el 8 y 12% de proteína (Ramírez, 2020).

2.10.2.1. Proteína

La Tabla 13 muestra el análisis de varianza, el cual evidencia que el modelo lineal es relevante, con un nivel de confianza del 95 %; los factores temperatura (TP) y tiempo (PP) de precocción; presentan una influencia notable sobre la variable respuesta (% proteína), con valores de significancia estadística menores o iguales a 0,001. El bajo nivel de error asociado al modelo respalda su idoneidad para representar el comportamiento de las variables.

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

Indicador	Proteína (%)
Intercepto	15,36
X _{TP}	-1,62*
X _{PP} X _{TP}	-1,04*
X _{PP}	-0,16*
X _{TP} ²	-0,51*
X _{PP} ²	0,015*
R ₂	0,9833
R ² ajustado	0,9749
F modelo	117,54*
F falta de ajuste	2,31

TP: temperatura de precocido PP:
tiempo de precocido

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

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

El análisis estadístico mostró un valor de F significativo con $p \leq 0,001$, lo que permitió aceptar la hipótesis alternativa y rechazar la hipótesis nula. El ajuste del coeficiente de correlación (R^2) es de 98,33 % de variabilidad de la proteína, el F falta de ajuste no es significativo lo cual quiere

decir que las estimaciones del modelo matemático se adaptan de manera correcta a los datos, por lo tanto, es aprobado.

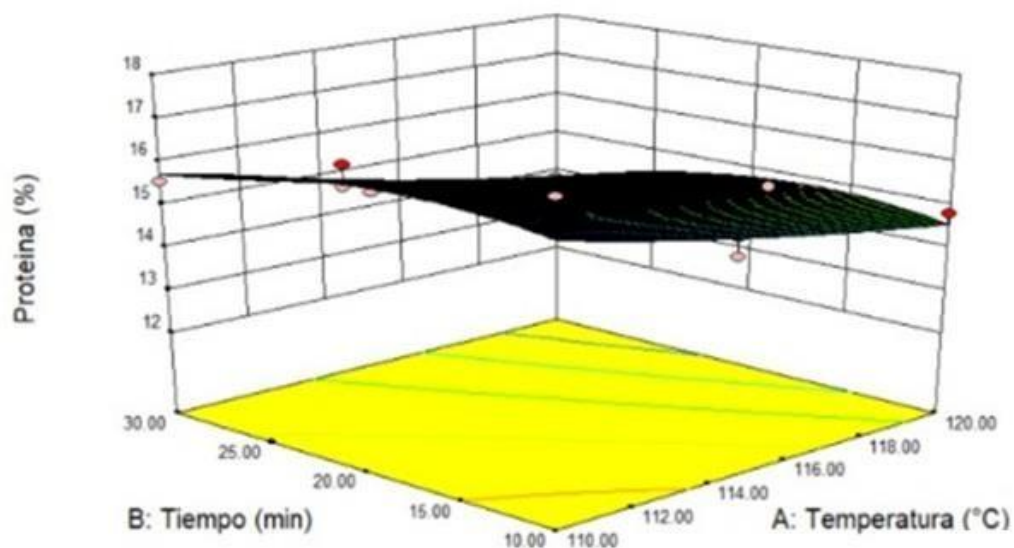
La relación de temperatura (TP) y tiempo (PP) de precocción de la semilla de amaranto son factores significativos; por cada unidad que se incremente el contenido de proteína disminuye 1,62 y 1,04; además su interacción de $X_{TP}X_{PP}$ y el homólogo X_{TP}^2 al incrementarse existe pérdida de la proteína, mientras que el X_{PP}^2

es menos significativa y ligeramente positiva, de esta manera se comprobó que la variabilidad de los coeficientes tendrá una relación directa en la determinación de la proteína.

Cuando una proteína se somete a un aumento de temperatura, su estructura se ve alterada, lo que conduce a la desnaturalización proteica. Este proceso, conocido como reacción de Maillard, implica una glicación no enzimática de las proteínas, es decir, una modificación química que ocurre cuando los aminoácidos de la proteína reaccionan con azúcares reductores. Como resultado, se forman compuestos complejos responsables de los cambios en el color, el sabor y la textura de los alimentos durante su cocción (Hernández, 2020). Debido a esta razón se reduce la temperatura.

En la Figura 1 se observa la superficie de respuesta para la proteína (%); a menor temperatura y mayor tiempo de precocción de la semilla de amaranto, la proteína aumenta considerablemente.

Figura 1 Superficie de respuesta para la proteína de la harina de amaranto



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

2.10.2.2. Solubilidad

La Tabla 14 expone la trascendencia del análisis de varianza de regresión y el coeficiente para evaluar la solubilidad de la variable dependiente. El modelo cuadrático es representativo, con un nivel de confianza de 95,0 %, lo que señala que hay una relación estadísticamente significativa de $p \leq 0,001$, entre la interacción de la temperatura (TP) y el tiempo (PP) de precocción.

Tabla 14 *Parámetros del modelo codificado para la solubilidad*

Indicador	Modelo codificado
Intercepto	24,48
X _{TP}	1,01*
X _{PP}	1,04*
R ²	0,9694
R ² ajustado	0,9647
F modelo	206,06*
F falta de ajuste	1,40

TP: temperatura de precocido PP:

tiempo de precocido

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

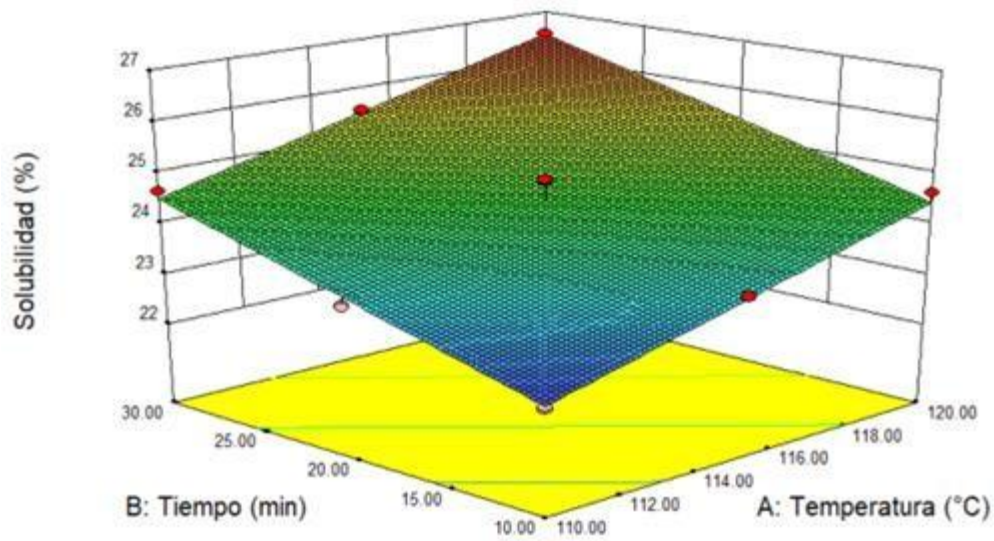
Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

Los resultados del ANOVA mostraron que el valor de F resultó significativo, por consiguiente, se aceptó la hipótesis alternativa. El ajuste del coeficiente de correlación (R^2) es de 96,94 % de variabilidad del rendimiento, esto quiere decir que es un modelo matemático cuyas estimaciones se ajustan bastante bien y es aceptado. La temperatura y el tiempo de precocido resultaron significativas, evidenciando que la efectividad de la solubilidad va a depender directamente de las variables independientes.

La solubilidad de las proteínas depende de factores como la temperatura, el pH y la fuerza iónica, los cuales afectan su comportamiento en solución. Un aspecto clave es su perfil de solubilidad, que permite identificar las condiciones en las que la solubilidad es mayor o menor, alcanzando su punto más bajo en el punto isoeléctrico. Estos factores son determinantes para su funcionalidad en diversas aplicaciones, especialmente en la industria alimentaria (Caiza, 2019).

La Figura 2 muestra la superficie de respuesta ajustada para la solubilidad de la harina de amaranto en función de los factores. Se puede observar que el contenido de solubilidad se incrementa al disminuir la temperatura y aumentar tiempo de precocción.

Figura 2 *Superficie de respuesta para la solubilidad de la harina de amaranto*



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

2.10.2.3. Optimización numérica del proceso de precocción

La optimización numérica del proceso de precocción, se realizó bajo los parámetros establecidos en la con valores máximos, así como mínimos para el tiempo y temperatura (variables independientes), con el propósito de maximizar la proteína y solubilidad de la precocción de la harina de amaranto.

La Tabla 15 presenta las predicciones de la solución optimizada con la finalidad de maximizar las variables dependientes, sujetas a las restricciones de las variables independientes (temperatura y tiempo de precocido) proporcionadas por el software de Design expert.

Tabla 15 Solución optimizada que cumple con las restricciones

Parámetro	UM	Solución
TP	□C	112,03
PP	min	30
Conveniencia estadística		0,599

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

La Tabla 16 muestra los datos del buen ajuste y la conveniencia del diseño matemático, mediante la corroboración numérica se determinó que los valores experimentales (proteína 16 %, solubilidad 25,52 %) son superiores a los del predicho (proteína 15,34 %, solubilidad 24,92 %) arrojados por el software optimizando las 2 variables respuesta.

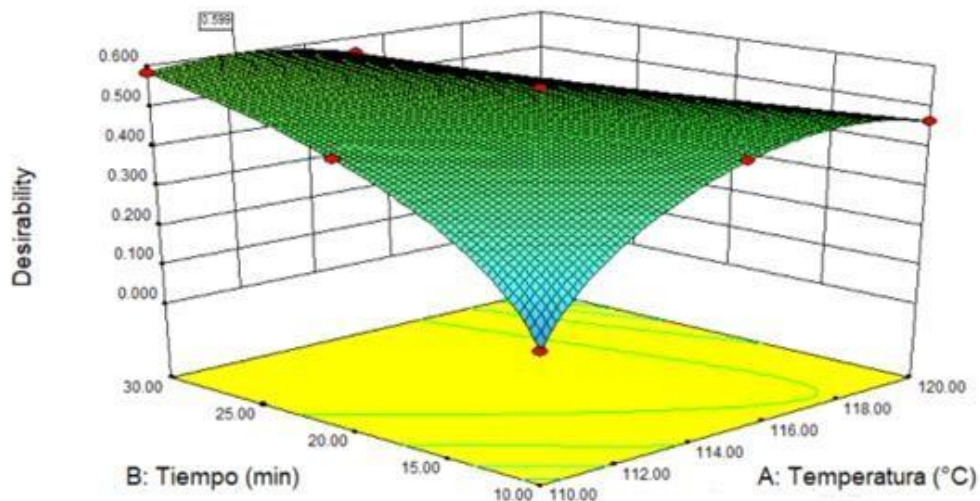
Tabla 16 Valores óptimos de los predichos y experimentales

	<i>UM</i>	<i>Valor predicho</i>	<i>Valor Experimental</i>
Proteína	%	15,34	16
Solubilidad	%	24,92	25,52

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

La Figura 3 muestra la superficie de respuesta del optimizado de las variables evaluadas. Se puede observar que el contenido de proteína y la solubilidad se acrecienta al reducir la temperatura (112,03 °C) e incrementar el tiempo (30 min) de precocción; con una deseabilidad de 0,599 siendo el valor máximo. A través de esta combinación se hallaron los siguientes datos: en la solubilidad 24,92 % y la proteína 15,34 % que corresponden a los picos más altos de la figura.

Figura 3 Superficie de respuesta del optimizado



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

Tipantuña (2024) en su estudio determinó que a 115 °C por un tiempo de 25 minutos resultó en una solubilidad de 6,91 % y 13,38 % de proteína, al comparar estos datos con los que se obtuvo en la investigación se puede ver que existe una diferencia significativa de 18.61 % de solubilidad y 2,62 % de proteína. Estas variaciones pueden atribuirse a diversos factores, como las condiciones de procesamiento, la materia prima usada, los métodos analíticos aplicados.

Bedón (2020) menciona que la harina de amaranto posee 15,54 % de proteína.

Según Martín (2022) los gránulos de almidón del amaranto tienen una forma poligonal, muy pequeños, del orden de 0,5-2,5 μm de diámetro, debido a que se incrementa la capacidad de retención de agua por el gránulo.

2.10.3. Determinación de las características nutricionales y funcionales de la harina precocida de amaranto.

2.10.4. Características nutricionales

En la Tabla 17 se puede visualizar los resultados del análisis nutricional del mejor tratamiento de la harina precocida de amaranto, en la cual se puede ver que presenta un bajo contenido de humedad (7,78 %), lo cual es positivo puesto que mientras menos humedad existe mayor capacidad para una estabilidad, es poco susceptible contra el ataque por microorganismos. Posee una alta proporción de materia seca (92,22 %), materia orgánica (97,12 %) y ELN (62,95), en menos cantidad la proteína (17,49 %), grasa (6,54%), cenizas (2,88%) y fibra (2,35%). En la parte sensorial su color, olor y sabor son característicos, confirman que el amaranto cumple con los estándares esperados, siendo ideal para su consumo o aplicaciones en productos procesados.

Tabla 17 *Análisis nutricional de la harina de amaranto*

Harina de		
Parámetro	UM	amaranto
Humedad total	%	7,78
Materia seca	%	92,22
Proteína	%	17,49
Fibra	%	2,35
Grasa	%	6,54
Ceniza	%	2,88
Materia orgánica	%	97,12
ELN	%	62,96
<u>Color, Olor y Sabor</u>	%	<u>Característico</u>

ELN:

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

En la actualidad, no existe una normativa específica que establezca los valores de referencia (parámetros máximos y mínimos) para el análisis nutricional del amaranto. Sin embargo, su composición puede evaluarse con base en los datos obtenidos por otros autores. Al comparar los valores obtenidos por Tipantuña (2024) se observó que la humedad es de 7,78% a 2,78 % la variabilidad en la humedad de la harina del amaranto puede deberse a diferencias en la

materia prima, una distribución desigual de los granos precocidos al momento del secado o las condiciones ambientales. Mientras que para la proteína (18,03 %), grasa (7,14 %) y cenizas (3,23 %) fueron valores superiores a los que se obtuvo en la investigación.

2.10.5. Características funcionales

El análisis del ensayo de Mixolab, evaluó las propiedades reológicas de la harina y su comportamiento durante el amasado y la cocción. Este análisis combina información sobre el desarrollo del gluten, la estabilidad de la masa, la actividad enzimática y la gelatinización del almidón, lo cual es crucial para comprender el desempeño de las harinas en procesos de panificación u otros productos de panadería.

La masa fue preparada con un 53.3% de agua en base a la harina, ajustada a una base de 14% de humedad con el propósito de evitar deterioro o actividad microbiana en la harina almacenada. Este valor influye directamente en la consistencia y extensibilidad de la masa, y es típico de harinas con moderado contenido de proteínas. Con un contenido de humedad de 8.7 %, esto es la cantidad de agua presente en la harina antes del análisis. El ensayo utilizó una velocidad de amasado de 80rpm estándar para garantizar que la formación de la red de gluten y las propiedades de la masa se evalúen de manera uniforme.

La Tabla 18 muestra cinco condiciones (C1 a C5) estimadas durante el proceso, enfatizando los parámetros como tiempo, torque (par), temperatura de la masa, amplitud y estabilidad. El tiempo requerido para alcanzar ciertos puntos del proceso varía significativamente entre las condiciones, desde 2.45 minutos (C1) hasta 45.02 minutos (C5). En cuanto al torque, los valores más bajos se observan en C1 y C5 (2.413 y 2.164 Nm, respectivamente), mientras que el valor más alto ocurre en C2 (30.35 Nm). La temperatura de la masa se incrementa progresivamente desde C1 (31.7 °C) hasta alcanzar un máximo en C3 (86.6 °C) y luego disminuye en C5. La amplitud, que refleja la variación del torque, es mayor en C1 (0.142 Nm) que en las otras condiciones. Finalmente, la estabilidad, que puede asociarse con la cohesión estructural, presenta valores similares en C1 y CS, destacándose como las condiciones más estables.

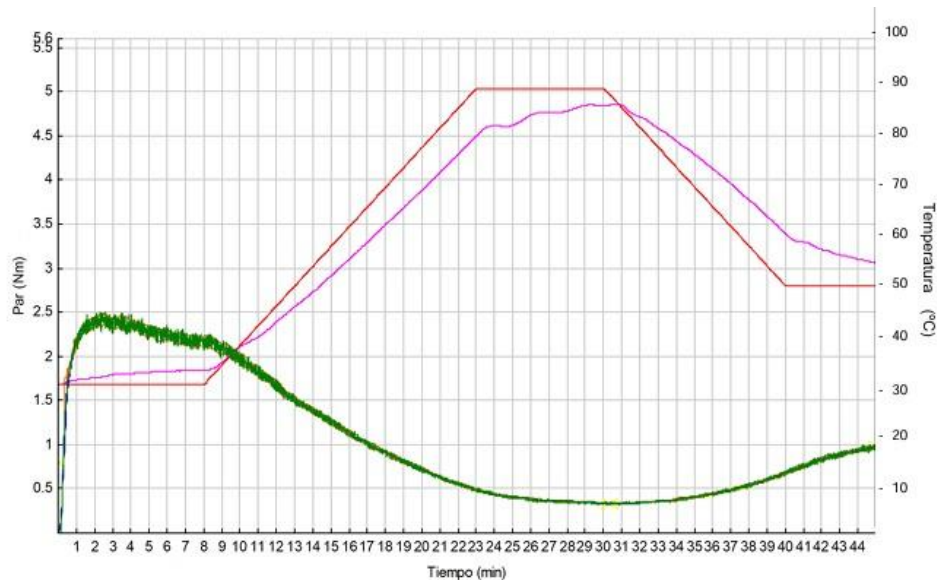
Tabla 18 *Condiciones y parámetros evaluados en el ensayo de Mixolab*

	Tiempo	Par	Temp. Masa	Amplitud	Estabilidad
	(min)	(Nm)	(°C)	(Nm)	(min)
C1	2,45	2,413	31,7	0,142	8,10
CS	8,00	2,164	33,0		8,43
C2	30,35	0,332	86,6		
C3					
C4					

C5 45,02 0,978 54,5
 Autor (Vilcacundo; 2025) Fuente: Granotec, 2025

En la figura 4 se puede observar la evolución del torque y la temperatura de la masa en función del tiempo para las diferentes condiciones evaluadas. Se nota un aumento inicial del torque en las primeras fases del proceso, sucesivo de un descenso a medida que el tiempo pasa, mostrando una transformación estructural de la muestra (como la gelatinización o fusión). La temperatura crece gradualmente, llegando a su punto máximo entre los 23 y 30 minutos, especialmente en la curva correspondiente a C1 (2,413), antes de estabilizarse o disminuir ligeramente.

Figura 4 Evolución del torque y la temperatura de la masa en función del tiempo para las condiciones evaluadas



Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025) Fuente: Granotec, 2025

3. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)

3.1. Técnicos

El desarrollo de la harina precocida de amaranto, constituye un avance significativo en la innovación de alimentos, siendo una opción para las personas con intolerancias alimenticias. El procedimiento incluye técnicas de precocción que desactivan factores anti nutricionales, además mejoran la digestibilidad y la biodisponibilidad de nutrientes esenciales para el ser humano.

3.2. Sociales

La harina precocida de amaranto posee gran potencial por su composición nutricional, debido a que puede ayudar a mejorar la seguridad alimentaria de los sectores vulnerables debido a que existe desnutrición por las deficiencias de micronutrientes. La producción también puede ser una fuente de empleo directo e indirecto durante todo el proceso, desde el cultivo, hasta su procesamiento y comercialización, fortaleciendo la economía del sector agropecuario e industrial.

3.3. Ambientales

El cultivo de amaranto resiste sequías y suelos pobres, es una opción sostenible frente a los monocultivos que demandan altas cantidades de agua igual que agroquímicos. Además, puede reducir la presión sobre los recursos hídricos y regenerar los suelos degradados; adicionalmente la producción de la harina genera residuos orgánicos (cáscaras y restos vegetales), que pueden ser empleados en compostaje o como alimento para animales, impulsando un modelo de economía circular. La difusión de sus bondades nutricionales puede disminuir, la huella de carbono relacionada al transporte de alimentos, al dejar de importar cereales.

3.4. Económicos

La elaboración y comercialización de harina precocida de amaranto representa una oportunidad para dinamizar las economías locales. Permitiendo que pequeños y medianos agricultores diversifiquen sus ingresos y se integren a mercados más competitivos. El fortalecimiento de la industria local puede incentivar la inversión en infraestructura, innovación tecnológica y formación de capacidades técnicas, creando un círculo virtuoso que beneficia a productores, consumidores y emprendedores del sector.

4. Recursos y Presupuesto

Tabla 19 *Presupuesto del proyecto*

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO			
	<i>Cantidad</i>	<i>H. uso</i>	<i>Valor Unitario \$</i>	<i>Valor final \$</i>
Equipos				
Balanza analítica de precisión	1	2	5	10,00
Balanza analítica	1	3	0,0820	0,25
Molino de discos	1	3	5	15,00
Deshidratador	1	48	2	96,00
Centrifugadora	1	3	0,86	2,58
Estufa	1	50	0,1504	7,52
Espectrofotómetro	1	15	0,0881	1,32
Mufla	1	24	0,51	12,24
Plancha precalcinador	1	4	1,02	3,04
Bomba de vacío	1	4	1,00	4,00
Autoclave	1	12	3,00	36,00
				187,95
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
Materiales de laboratorio				
Matraz Erlenmeyer de vidrio 100ml	U	3	2,30	6,90
Tamizador	U	3	1,50	4,50
Pipeta de vidrio 10ml	U	1	3,60	3,60
Papel aluminio	U	2	3,50	7,00
Probeta de vidrio 500ml	U	1	5,00	5,00
Crisoles de porcelana	U	8	1,00	8,00
Balones	U	2	7,50	15,00
Varilla de agitación	U	1	1,60	1,60
				51,60
Reactivos				
Agua destilada	gal	3	2,35	7,05
Etanol 99.8%	L	2	10	20,00
				27,05
Materiales				
Fundas ziploc	U	1	1,20	1,20
Jarra	U	1	1	1,00
Lava vajillas	U	1	0,80	0,80
Limpión	U	1	1	1,00
Papel filtro	U	1	3,00	3,00
Recipiente de vidrio con tapa hermética	U	5	1,00	5,00
Tijera	U	1	20,00	20,00
				32,00

Material Bibliográfico y fotocopias				
Esferos.	<i>U</i>	<i>3</i>	0,50	1,50
Impresiones.	<i>U</i>	<i>250</i>	0,05	12,50
Anillado	<i>U</i>	<i>6</i>	1,25	7,50
Empastado	<i>U</i>	<i>1</i>	30	30
				51,50
Gastos varios				
Computadoras	<i>H</i>	<i>1020</i>	<i>0,0402</i>	<i>41,00</i>
Internet	<i>H</i>	<i>800</i>	<i>0,021</i>	<i>16,80</i>
Luz	<i>H</i>	<i>800</i>	<i>0,019</i>	<i>15,20</i>
Trasporte	<i>d</i>	<i>50</i>	<i>10</i>	<i>500,00</i>
Alimentación	<i>d</i>	<i>40</i>	<i>2,50</i>	<i>100,0</i>
				673
Materia prima				
Semillas de amaranto	<i>kg</i>	<i>4</i>	<i>7</i>	<i>28</i>
				28,00
Sub total				1051,1
Análisis de laboratorio				300,00
Total				1351,1

Elaborado por: Autor (Vilcacundo; 2025)

5. CONCLUSIONES

- El amaranto presenta un bajo contenido de humedad (9,00 %), esto favorece su conservación al minimizar los riesgos de deterioro por microorganismos. Posee una alta proporción de materia seca (91,00 %), materia orgánica (97,41 %), en menor cantidad el contenido proteico (16,77 %), grasa (7,23%), fibra (2,59%) y cenizas (2,59%). Sus características sensoriales, cumple con los estándares esperados, haciéndolo ideal para su consumo y uso en productos procesados.
- El efecto de la precocción de la semilla de amaranto en función al contenido de proteína y solubilidad, se evaluó a través de 16 corridas experimentales sometiénolas a una temperatura de 110, 115 y 120 °C por un tiempo de 10, 20 y 30 minutos de precocción,

mediante el software Design Expert 8.0.6 se optimizó las 2 variables, identificando que a una temperatura de 112,03 °C, por un tiempo de 30 minutos se obtendrá 15,34 % de proteínas y 24,92 % de solubilidad en el predicho, sin embargo los resultados que obtuvimos en la parte experimental (proteína 16 %, solubilidad 25,52 %) fueron mejores.

- El análisis nutricional de la harina precocida de amaranto demuestra que posee un contenido de humedad 7,78 %, alta proporción de materia seca (92,22 %) y materia orgánica (97,12 %) resalta su potencial como ingrediente en formulaciones alimenticias. En términos de macronutrientes, presenta un contenido moderado de proteína (17,49 %), grasa (6,54 %) y fibra (2,35 %), observando que posee un perfil nutricional equilibrado. Sensorialmente, sus características de color, olor y sabor característicos, esto confirman su aptitud para el consumo y su uso en la industria de alimentos procesados. Por otro lado, su funcionalidad los ensayos realizados con el Mixolab permitieron evaluar el comportamiento reológico de la harina, mostrando un contenido de humedad del 8,7 % en la masa, lo que sugiere una buena absorción de agua obteniendo una adecuada formación de la red de gluten y estabilidad en la panificación. Los parámetros medidos, como el torque, la temperatura y la estabilidad, mostraron que la harina de amaranto mantiene una buena resistencia mecánica y propiedades de gelatinización, lo que sugiere su viabilidad en la formulación de productos horneados con características estructurales y texturales adecuadas.

6. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo análisis como la capacidad de absorción de agua, la solubilidad, la viscosidad y la estabilidad de su almacenamiento acelerado en diferentes condiciones de temperatura y humedad.
- Secar de manera eficiente las semillas precocidas para evitar problemas de humedad, que puedan comprometer la calidad del producto final.
- Realizar estudios comparativos de las técnicas de precocción, evaluando su impacto en sus características sensoriales y composición nutricional. Este paso es clave para obtener un producto funcional y de alta aceptación para los consumidores.

7. Referencias Bibliográficas

- Aguilera , E., Solís, K., Ibarra, A., & Cifuentes, R. (2021). Amaranto: distribución y diversidad morfológica del recurso genético en partes de la región Maya (sureste de México, Guatemala y Honduras). *Scielo*, 128, 1-14.
doi:<https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1738>
- Alemán, R. (2022). *Evaluación de harina de amaranto (Amaranthus spp) variedad INTA soberano, en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo octubre 2021 a junio 2022. [Tesis-Ingeniería Agroindustria de los Alimentos; UNA]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4579>
- Almirudis, S., Ramírez, B., Medina, C., Magaña, E., Torres, P., & Ledesma, A. (2020). Actividad antioxidante de harinas de amaranto obtenidas por extrusión y análisis parcial de su calidad proteica in vivo. *Scielo*, 22(1), 24 - 31. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S166514562020000100024
- Amanta, J., & Chicaiza, K. (2024). *Evaluación de las propiedades funcionales y nutricionales de harinas precocidas de dos variedades de quinoa (chenopodium quinoa) INIAP tunkahuan e INIAP excelencia. [Tesis - Ingeniería en Agroindustrias; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12440>
- Amare, E., Grigoletto, L., Corich, V., Giacomoni, A., & Lante, A. (2021). Perfil de ácidos grasos, calidad lipídica y contenido de escualeno de variedades de teff (Eragrostis teff (Zucc.) Trotter) y amaranto (Amaranthus caudatus L.) de Etiopía. *Mdpi*, 11(8), 1-12.
doi:<https://doi.org/10.3390/app11083590>
- Antonio, A., Vázquez, M., Reyes, M., Flores, C., Cruz, E., & González, D. (2020). Equilibrio higroscópico en semillas forestales de zonas áridas y su efecto en la calidad fisiológica. *Scielo*(50), 67 - 81. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140527682020000200067
- Bedón , V. (2020). *Efecto del reemplazamiento parcial de harina de trigo por harina de amaranto en las propiedades fisicoquímicas de una torta sin azúcar. [Trabajo de*

- grado - Pregrado; Universidad de los Andes*]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1992/48962>
- Cachaguay, O., & Guanotuña, B. (2023). *Caracterización de allullas enriquecidas con harina de amaranto (amaranthus caudatus) y lactosuero. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10998>
- Caiza, J. (2019). *Evaluación de la solubilidad de la proteína presente en matrices vegetales: leguminosas, tubérculos y raíces. [Tesis-Carrera Ingeniería en Alimentos; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30181>
- Cañar, A. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos Zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y Mashua (Tropaeolum tuberosum) en el desarrollo de galletas dulces. [Tesis-Carrera de alimentos; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37895>
- Carrera, W. (2023). *Evaluación de la digestibilidad in vitro de un suplemento alimenticio dirigido a adolescentes entre 12 a 18 años, a partir de harinas precocidas de pseudocereales andinos: quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y amaranto (Amaranthus caudatus). [Tesis; UTA]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37203>
- Castro, D. (2024). *Optimización de las condiciones de germinación de amaranto a través de modelos factoriales y métodos multicriterio. [Tesis-Ingeniería en alimentos; Universidad del Azuay]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14200>
- Cataña, S. (2020). *Evaluación de características físicas de los granos de quinua (chenopodium quinoa) y amaranto (amaranthus caudatus l.) producidos en Ecuador con métodos tradicionales y alternativos. [Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos; Universidad de las Américas]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12191>
- Cedeño, A. (2020). *Formulación de una galleta a partir del uso de harina de amaranto (Amaranthus spp.) y surimi de merluza (Merluccius gayi). [Trabajos de Titulación - Carrera de Ingeniería Agroindustrial; Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14289>

- Chamba , Y., & Quispe, S. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (origanum vulgare, l), mediante secado por aspersion. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8159>
- Chandra, K. (2022). Assessment of squalene variability and its enhancement in *Amaranthus* (*Amaranthus caudatus* L.) populations: With application to vaccine development. *Iubmb*, 69(6), 2745-2752. doi:<https://doi.org/10.1002/bab.2319>
- Chimbo, K. (2023). *Evaluación de la adición de pulpa de coco (cocos nucifera) como fuente de fibra dietética en la calidad fisicoquímica y sensorial del yogur griego. [Titulación - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11623>
- Espín, A. (2024). *Enriquecimiento de una galleta de trigo mediante la sustitución parcial con chía (Salvia hispanica L.). [Tesis-Carrera de alimentos; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40577>
- Gavidia, Á. (2022). observación en la investigación, método o técnica, a propósito de la táctica y la estrategia. *Unitru*, 17(3), 76-77. doi:<https://doi.org/10.17268/rmt.2022.v17i2.4857>
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163 - 173. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hernández, D. (2020). *¿Exponer la proteína en polvo al calor genera algún riesgo?. [Universidad Católica]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://www.univa.mx/la-piedad/2020/09/09/exponer-la-proteina-en-polvo-al-calorgenera-algun-riesgo/#:~:text=Cuando%20la%20prote%C3%ADna%20aumenta%20su,qu%C3%ADmico%20de%20los%20amino%C3%A1cidos%20constituidos.>
- Hernández, J. (2023). Uso del amaranto y su utilidad en el tratamiento del paciente con diabetes mellitus. *Scielo*, 27(5), 1 - 15. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942023000600029
- Hernández, K. (2021). *Evaluación de la capacidad de solubilidad de harina de Amaranto*

- (*Amaranthus spp.*) en agua a temperatura ambiente a través del proceso de extrusión. [Tesis-Licenciatura; Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/17307>
- Hidalgo, D., Guerrero, M., & López, S. (2023). Incorporación de amaranto (*Amaranthus*) en tortillas de maíz (*Zea mays*). *Arbitrada multidisciplinaria*, 5(4), 41 - 49. doi:<https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i4.644>
- Insuasti, K. (2024). *Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y composicional de la mezcla de harina de chocho (*Lupinus Mutabilis*) y maíz (*Zea Mayz*) pre cocida por extrusión. [Carrera de bioquímica y farmacéutica; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/22646>
- Jarrín, K. (2021). *Obtención de microcápsulas de colágeno hidrolizado enriquecido con pulpa de Ananas comusus (piña) mediante el método de secado por atomización para su posterior aplicación en la industria alimentaria. [Tesis - Carrera de Ingeniería en Biotecnología; ESPE]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/29280>
- Kongdang, P., Dukaew, N., Pruksakorn, D., & Koonrunsesomboon, T. (2021). Bioquímica de los polifenoles del amaranto y sus posibles beneficios en el ecosistema intestinal: una revisión exhaustiva de la literatura. *Elsevier*, 281. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114547>
- Lara, J., & Lema, C. (2020). *Actividad biológica de lectinas obtenidas de Amaranto (*Amaranthus Caudatus*) y Chocho (*Lupinus Mutabilis*). Riobamba, 2020. [Tesis - Medicina; Universidad Nacional de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7112>
- López, X. (2021). *Utilización del extracto de sangorache (*Amaranthus quitensis*) en la industria alimentaria. [Tesis-Ingeniería en Industrias Pecuarias; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/17060>
- Lopez, Y., Roa, D., & Bravo, J. (2022). Efecto del tratamiento térmico en la estabilidad de geles obtenidos a partir de harinas de quinua. *Scielo*, 33(1), 203 - 214. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642022000100203
- Martín, A. (2022). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto. [Tesis - Maestría universitaria en ciencia e ingeniería de los*

- alimentos; Universidad Técnica de Valencia*]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/185390>
- Martínez, A., Millán, M., Rodríguez, N., Millán, F., de la Paz, S., & . (2020). Valor nutracéutico de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Elsevier*, 65.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>
- Mayorga, D. (2023). *Sustitución de harina de trigo por harina de amaranto en salchicha de ternera. [Ingeniería en Industrias Pecuarias; Ingeniero/a Agroindustrial; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21110>
- Miranda, L., Huilca, J., & Marques, I. (2024). El cultivo reciente de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en el Perú expansión de producción y comercialización. *Dialnet*, 30(58), 167 - 190. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9563706>
- Montserrat, S., Martínez, A., Villanueva, Á., Pedroche, J., Millán, F., & Millán, M. (2021). Identificación y caracterización de nuevos hidrolizados de proteínas antioxidantes de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Mdpi*, 10(5), 1-12.
doi:<https://doi.org/10.3390/antiox10050645>
- Morales, L. (2021). *Estudio fisicoquímico y sensorial de una bebida instantánea elaborada a base de harina precocida de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft). [Tesis-Carrera de Alimentos; Universidad Politécnica Estatal del Carchi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1313>
- NTE INEN 2646. (2012). Requisitos del grano de amaranto. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 1 - 13. Obtenido de <https://www.ecolex.org/es/details/legislation/resolucion-no-133-n-teinen-2646-sobre-requisitos-del-grano-de-amaranto-lex-faoc120694/>
- Núñez, G. (2021). *Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos de alta digestibilidad proteica. [Carrera Ingeniería en Alimentos; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32122>
- Núñez, R. (2020). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de pastas a base de harina de amaranto (Amaranthus caudatus). [Tesis - Ingeniería industrial; Universidad de Lima]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/12034?show=full>

- Ortiz, L. (2020). *Diseño de un sistema de mezclado para formulaciones de harina de trigo fortificada en la empresa Molinos Miraflores S.A. [Tesis-Ingeniería química; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16693>
- Palomino, K., Llerena, T., & Carrasco, R. (2022). Efecto de la inclusión de harina integral de quinua y amaranto en nuggets de papa. *Investigaciones altoandinas*, 24(2), 94 - 100. doi:<https://doi.org/10.18271/ria.2022.392>
- Peñañiel, V. (2023). *Evaluación de las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de miso (Mirabilis expansa). [Tesis- Carrera de aqlimentos; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37910>
- Pérez, C. (2022). *Microencapsulación de compuestos fenólicos de la planta de sunfo (Clionopodium nubigenum Kunth Kuntze), mediante secado por aspersion. [Tesis - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9076>
- Pérez, C., & Luzuriaga, Ó. (2017). 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 - 71. doi:<https://doi.org/10.29166/quimica.v1i1.1191>
- Pérez, S. (2024). *Aplicación de un diseño experimental y métodos multicriterio para la optimización de una bebida no alcohólica a base de pseudocereales malteados. [Tesis-Ingeniería en Alimentos; Universidad del Azuay]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14635>
- Pila, R., & Sigcha, J. (2024). *Estudio de las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) RITA E INIAP-CAÑICAPA 2003. [Tesis - Ingeniería en Agroindustrias; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12445>
- Pilco, S., Tian, Y., Yang, B., Carrasco, R., & Pekka, J. (2020). Efectos de la germinación y secado al horno sobre los compuestos fenólicos y propiedades nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y la kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Elsevier*, 94. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521020301454>

- Quilumbaquin, E. (2023). *Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (amaranthus caudatos)*. [Tesis - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11621>
- Ramírez, J. (2020). *Respuesta agronómica del cultivo de amaranto (amaranthus spp) a La aplicación de dos bioestimulantes orgánicos*. [Tesis de titulación - Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4848>
- Rang, Y., Liu, H., Cheng, X., Shi, J., Ou, G., Huang, H., . . . Xueman, X. (2023). Caracterización estructural de polisacáridos pécticos de hojas de Amaranth caudatus y efecto promotor sobre el nivel de péptido similar al glucagón-1 en el hipocampo. *Elsvier*, 242(4). doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124967>
- Romero, N. (2021). *Buscar "Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables" por Autor Romero Ortega, Nancy Rocio*. [Tesis - Ingeniería agronomica; Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24435>
- Sasintuña, J. (2022). *Elaboración de cerveza artesanal nutritiva utilizando como adjunto diferentes concentraciones de amaranto (Amaranthus L.) malteado*. [Ingeniería en Biotecnología Ambiental; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17607>
- Silva, G., Algecira, N., & Gutiérrez, L. (2020). Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto de panadería libre de gluten. [Tesis Maestría en Ingeniería Química; Universidad Nacional de Colombia]. 21(3), 103-110. Obtenido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1282388>
- Tipantuña, K. (2024). *Caracterización nutricional y funcional de la harina precocida de amaranto (amaranthus zelenaya sosulka)*. [Tesis - Ingeniería en Agroindustrias; Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12529>
- Unidad de innovación. (2025). *Práctica - cenizas*. Universidad de Murcia. Obtenido de <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos/higieneinspeccion-y-control-alimentario/practicas/cenizas>

- Urbina, K., Santacruz, S., Guapi, G., Revilla, K., & Aldas, J. (2023). Caracterización fisicoquímica de los cereales y funcionalidad de las harinas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Dialnet*, *10*(2), 33 - 41. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9143839>
- Uriarte, R., Esquivel, J., Lacayo, M., & Jarquín, M. (2023). Evaluación de variables de crecimiento vegetativo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) variedad Amaranteca en el Centro de Investigación en Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. *Torreón Universitario*, *12*(34), 1 - 10.
doi:<https://doi.org/10.5377/rtu.v12i34.16379>
- Valadez, C., Lugo, O., Morales, J., Delgado, L., Izquierdo, J., Sánchez, M., . . . Velázquez, C. (2021). Evaluación fitoquímica, citotóxica y genotóxica del extracto de proteína de semillas de *Amaranthus hypochondriacus*. *Alimentación*, *19*(1), 701 - 709.
doi:<https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1971771>