



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y
NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES
DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP
EXCELENCIA”**

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

Autores:

Amanta Milan Joselyn Julissa
Chicaiza Tipanluiza Kleber Adrian

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando

LATACUNGA – ECUADOR
Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Amanta Milan Joselyn Julissa, con cédula de ciudadanía No. 1755534789 y Chicaiza Tipanluiza Kleber Adrian, con cédula de ciudadanía No. 1752632354, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA”** siendo Quim. Jaime Orlando Rojas Molina Mg., Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 16 de agosto del 2024



Joselyn Julissa Amanta Milan
C.C: 1755534789
ESTUDIANTE



Kleber Adrian Chicaiza Tipanluiza
C.C: 1752632354
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 **AMANTA MILAN JOSELYN JULISSA**, identificada con cédula de ciudadanía **1755534789** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA”**, 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 de la carrera: Abril-Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA”**

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

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **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 16 días del mes de agosto del 2024.



Joselyn Julissa Amanta Milan

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigsalema, Ph.D.

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHICAIZA TIPANLUIZA KLEBER ADRIAN**, identificada con cédula de ciudadanía **1752632354** 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 **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA”**, 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 de la carrera: Abril-Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA”**

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 **EL 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:

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

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **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 16 días del mes de agosto del 2024.

Kleber Adrian Chicaiza Tipanluiza

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigsalema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA” de Amanta Milan Joselyn Julissa y Chicaiza Tipanluiza Kleber Adrian, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 15 de agosto del 2024



Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

C.C: 0502645435

DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Amanta Milan Joselyn Julissa y Chicaiza Tipanluiza Kleber Adrian, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA” ,han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 16 de agosto del 2024

Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal, Mg.

C.C: 0501864854

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.

C.C: 1717122483

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Nancy Fabiola Morceno Terán, Mg.

C.C: 0503352122

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a Dios por brindarme la fuerza, dedicación y constancia necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, les agradezco por su apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado, luchando incansablemente y motivándome a no rendirme nunca. Su constante presencia y apoyo, sin importar las circunstancias, han sido fundamentales en mi camino. También agradezco a mis hermanos por su inquebrantable respaldo a lo largo de este viaje.

A mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, y en especial a la Carrera de Agroindustria, quiero expresarle mi gratitud por ser mi segundo hogar y acogerme durante toda mi etapa estudiantil.

A todos mis docentes, en particular a mi tutor, Quim. Mg. Orlando Rojas, le agradezco por las oportunidades brindadas, su apoyo incondicional, su orientación y, sobre todo, su paciencia para permitir el desarrollo de este proyecto de investigación.

A mi cómplice de tesis, no hay palabras suficientes para expresar lo profundamente agradecida que estoy por tenerte a mi lado durante toda esta etapa universitaria. Tu amistad ha sido un pilar fundamental en este viaje. Quiero reconocer tus vastos conocimientos y tu dedicación incansable, que fueron elementos cruciales para llevar a cabo nuestra investigación. Gracias por ser mi apoyo constante y por motivarme en los momentos más difíciles, así como por celebrar cada pequeño y gran logro a mi lado.

Asimismo, expreso mi sincera gratitud a todos mis amigos, quienes han sido una fuente inagotable de apoyo y alegría a lo largo de este recorrido. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida, hemos superado juntos innumerables momentos, tanto buenos como desafiantes.

Joselyn Julissa Amanta Milan.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar gracias a Dios por brindarme la salud, sabiduría y el 100% de mis capacidades físicas e intelectuales para llevar a cabo cada actividad que se me presenta en mi día a día.

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional, principalmente a mis padres por todo el amor infinito que me brindan, han sido pilares fundamentales en mi vida y quienes han hecho de mí una persona de bien.

También agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi especialmente a la Carrera de Agroindustria por brindarme el espacio, los recursos y el personal docente calificado para enriquecer mis conocimientos y alcanzar un peldaño más en mi vida profesional.

Agradezco a todos mis docentes en especial a mi tutor Quím. Mg. Orlando Rojas por brindarme sus directrices que en conjunto con los demás conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera fueron de gran importancia para alcanzar este objetivo.

A mi querida compañera de tesis, cuya amistad incondicional ha sido mi luz en los momentos difíciles. Agradezco profundamente tus vastos conocimientos y tu dedicación, elementos fundamentales que hicieron posible nuestra investigación. Asimismo, expreso mi gratitud a todos mis amigos, quienes compartieron conmigo innumerables momentos, tanto buenos como desafiantes. Juntos supimos enfrentar cada situación de la mejor manera, y gracias a ellos hoy celebramos este logro.

Kleber Adrian Chicaiza Tipanluiza.

DEDICATORA

Dedico este logro al poder divino, expresando mi agradecimiento a Dios por brindarme la oportunidad de vivir un día más y por guiarme en mi camino de superación personal.

A mis queridos padres, Ángel David Amanta y Clara María Milan, ofrezco este proyecto de titulación con todo mi amor y gratitud. Su apoyo constante, cariño incondicional y sabios consejos han sido fundamentales en este proceso. Me han inculcado valiosas enseñanzas y principios de vida que me han permitido soñar en grande y alcanzar mis metas, creciendo y transformándome en una mejor persona cada día.

Dedico este logro también a mis hermanos, Jason Cristobal y Josue Israel. En ustedes encuentro una chispa de esperanza y alegría que ilumina mi vida. Han llenado mis días de risas, aprendizajes y amor; y siempre estaré agradecido por su apoyo en los momentos difíciles; su presencia ha sido un pilar fundamental para mí. Recuerden siempre que, aunque la vida nos presente desafíos, cuentan conmigo como un apoyo incondicional y como una amiga para siempre.

Dedico este logro a mi media naranja Kleber, quien ha sido un pilar fundamental en mi proceso de formación académica y personal, su apoyo incondicional, compañía y el significado que tiene en mi vida han sido cruciales para ayudarme a superar desafíos.

Joselyn Julissa Amanta Milan.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación con todo mi amor y gratitud a mis padres, José Carlos Chicaiza y María Virginia Tipanluiza. Su amor y apoyo incondicional me han permitido crecer y convertirme en una mejor persona cada día. Son mi mayor ejemplo a seguir en el rol de padres, hermanos e hijos. Gracias por siempre creer en mí y por esforzarse cada día para asegurarme que nunca me falte nada.

Dedico este logro al poder divino, agradeciendo a Dios por brindarme la oportunidad de vivir un día más y superarme como persona. A mis queridos seis hermanos, gracias por su apoyo en los momentos difíciles; su presencia ha sido fundamental para mi crecimiento diario. Son un verdadero ejemplo a seguir, gracias a su inmensa fuerza de voluntad.

A toda mi familia, que con cada acción, palabra y consejo han demostrado el profundo cariño que me tienen. Su apoyo ha convertido este sueño en algo compartido y, sin duda, mucho más gratificante al lograrlo junto a todos ustedes.

Kleber Adrian Chicaiza Tipanluiza.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN E INIAP EXCELENCIA”

Autores:

Amanta Milan Joselyn Julissa

Chicaiza Tipanluiza Kleber Adrian

RESUMEN

La quinoa es un superalimento rico en proteínas completas, fibra, y minerales como hierro y magnesio, es libre de gluten y tiene un índice glucémico bajo, lo que la hace ideal para una dieta saludable. Esta investigación tuvo como objetivo la evaluación de las propiedades funcionales y nutricionales de las harinas precocidas de dos variedades de quinoa (INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia). Se realizaron estudios bromatológicos en la semilla de quinoa de las dos variedades, donde se obtuvieron resultados destacados de proteína para la variedad Tunkahuan de 15,84% y para la variedad Excelencia de 17,83%. El análisis estadístico de la precocción de los granos de quinoa se llevó a cabo con el software Design Expert con un diseño experimental de superficie respuesta IV óptimo, donde el tiempo (10, 20 y 30 min) y temperatura (110, 115 y 120 °C) fueron los factores y la solubilidad de la harina precocida y contenido de proteína del grano precocido las variables respuestas. Las condiciones óptimas del proceso fueron a una temperatura de 110 °C y tiempo de 30 minutos, donde para la variedad Tunkahuan se obtuvo 9 % solubilidad en la harina precocida y 11 % de proteína en el grano precocido con una deseabilidad de 0,666 y para la variedad Excelencia que se obtuvo 9 % de solubilidad y 13 % de contenido proteico con una deseabilidad del 0,748. Los análisis nutricionales efectuados en las harinas precocidas evidenciaron un alto contenido de proteína, donde la harina obtenida de la variedad Tunkahuan registró un valor de 21,08%, mientras que la obtenida de la variedad Excelencia alcanzó un 21,59%, demostrando que la variedad Excelencia tiene mejor contenido proteico debido a factores como genética y técnicas de cultivo. Sin embargo, los análisis funcionales revelaron resultados negativos debido a las características reológicas de la harina. Las harinas con alto contenido de proteína pueden ser una alternativa en la búsqueda de productos innovadores como alimentos saludable y nutritivos, que puedan reemplazar a los productos tradicionales.

Palabras claves: INIAP Tunkahuan, INIAP Excelencia, Harinas precocidas, propiedades nutricionales, Solubilidad, Temperatura, Tiempo, Funcionales.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF THE FUNCTIONAL AND NUTRITIONAL PROPERTIES OF PRECOOKED FLOURS OF TWO VARIETIES OF QUINOA (*chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN AND INIAP EXCELLENCE”

Author:

Amanta Milan Joselyn Julissa
Chicaiza Tipanluiza Kleber Adrian

ABSTRAC

Quinoa is a superfood rich in complete proteins, fiber, and minerals such as iron and magnesium, is gluten-free, and has a low glycemic index, which makes it ideal for a healthy diet. The objective of this research was to evaluate the functional and nutritional properties of precooked flours of two quinoa varieties (INIAP Tunkahuan and INIAP Excellence,). Bromatological studies were carried out on the quinoa seed of the two varieties, obtaining outstanding protein results for the Tunkahuan variety of 15.84% and for the Excellence variety of 17.83%. The statistical analysis of the precooking of quinoa grains was carried out with the Design Expert software with an optimal IV response surface experimental design, where time (10, 20 and 30 min) and temperature (110, 115 and 120 °C) were the factors and the solubility of the precooked flour and protein content of the precooked grain were the response variables. The optimum conditions of the process were at a temperature of 110 °C and time of 30 minutes, where for the Tunkahuan variety 9 % solubility was obtained in the precooked flour and 11 % protein in the precooked grain with a desirability of 0.666 and for the Excellence variety 9 % solubility and 13 % protein content were obtained with a desirability of 0.748. The nutritional analyses carried out on the precooked flours showed a high protein content, where the flour obtained from the Tunkahuan variety registered a value of 21.08%, while that obtained from the Excellence variety reached 21.59%, demonstrating that the Excellence variety has a better protein content due to factors such as genetics and cultivation techniques. However, functional analysis revealed negative results due to the rheological characteristics of the flour. Flours with high protein content can be an alternative in the search for innovative products as healthy and nutritious foods that can replace traditional products.

Key words: INIAP Tunkahuan, INIAP Excellence, Precooked flours, nutritional properties, Solubility, Temperature, Time, Functional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xiii
ABSTRAC	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	2
2. Diseño del proyecto	2
2.1 Planteamiento del problema.....	2
2.2 Marco Contextual.....	4
2.3 Formulación del problema.....	5
2.4 OBJETIVOS	5
2.4.1 Objetivo General.....	5
2.4.2 Objetivos Específicos.....	6
2.5 ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS	6
2.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.6.1 Marco Teórico	8
2.6.1.1 Antecedentes	8
2.6.1.2 Historia de la quinoa a nivel mundial	8
2.6.1.3 Historia de la quinoa a nivel local.....	10
2.6.1.4 Producción de la quinoa en Ecuador.....	10
2.6.1.5 Clasificación taxonómica.....	11
2.6.1.6 Descripción botánica.....	11
2.6.1.7 Variedades de quinoa	14
2.6.1.8 Análisis bromatológicos del grano andino referido por la norma técnica ecuatoriana 1673	14
2.6.1.9 Iniap Tunkahuan.....	15
2.6.1.10 Iniap Excelencia.....	17
2.6.1.11 Uso de la quinoa en la agroindustria.....	19
2.6.1.12 Las harinas	19
2.6.1.13 Tipos de harinas	20
2.6.1.14 Harinas más consumidas.....	21
2.6.1.15 Uso de las harinas en el área agroindustrial.....	21
2.6.1.16 Análisis bromatológicos referida a la norma técnica ecuatoriana 3140.....	22
2.6.1.17 Harinas precocidas	23

2.6.1.18 Tipos de harinas precocidas	23
2.6.1.19 Harinas precocidas más consumidas.....	23
2.6.1.20 Precocción en autoclave.....	24
2.6.1.21 Digestibilidad del almidón de la quinoa	24
2.6.1.22 Digestibilidad de la proteína de la quinoa.....	25
2.6.2 Marco Conceptual	25
2.7 METODOLOGÍA	27
2.7.1 Tipos de investigación.....	28
2.7.2 Técnicas	29
2.7.3 Materiales y equipos	30
2.7.3.1 Materia prima.....	30
2.7.3.2 Materiales de laboratorio	30
2.7.3.3 Equipos de Laboratorio.....	31
2.7.3.4 Reactivos.....	31
2.7.4 Metodologías utilizadas en el proyecto de investigación para caracterización bromatológica de la semilla (chenopodium quinoa) INIAP Tunkahuan.....	32
2.7.4.1 Metodología para determinar Humedad	32
2.7.4.2 Metodología para determinar Proteína.....	32
2.7.4.3 Metodología para determinar Fibra	33
2.7.4.4 Metodología para determinar Grasa.....	34
2.7.4.5 Metodología para determinar Cenizas	35
2.7.4.6 Metodología para determinar Carbohidratos	35
2.7.5 Optimización de la precocción.....	36
2.7.5.1 Metodología para determinar la solubilidad	36
2.7.5.2 Metodología para determinar la proteína.....	36
2.7.6 Metodología utilizadas para caracterización bromatológica de la harina	36
precocida (<i>chenopodium quinoa</i>) INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia	36
2.7.6.1 Determinación de humedad	36
2.7.6.2 Determinación de proteína.....	36
2.7.6.3 Determinación fibra	36
2.7.6.4 Determinación grasa	36
2.7.6.5 Determinación ceniza.....	37
2.7.6.6 Determinación de carbohidratos	37

2.7.7 Caracterización de la harina precocida optimizada	37
2.7.7.1. Metodología para determinar higroscopicidad	37
2.7.7.2 Metodología para determinar humedad	37
2.7.7.3 Metodología para determinar densidad aparente	37
2.7.7.4 Metodología para determinar densidad compactada.....	38
2.7.7.5 Metodología para determinar densidad bruta	38
2.7.7.6 Metodología para determinar índice de Hausner	39
2.7.7.7 Metodología para determinar ángulo de reposo.....	39
2.7.8 Descripción del proceso de la elaboración de la harina precocida de quinoa.....	40
2.7.8.1 Flujograma de la precocción de la quinoa	41
2.8 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS.....	42
2.8.1 Hipótesis nula.....	42
2.8.2 Hipótesis alternativa.....	42
2.9 Diseño Experimental.....	42
2.9.1 Descripción del diseño experimental	42
2.9.2. Corrida experimental	42
2.9.3 Cuadro de variables.....	43
2. 10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
2.10.1.1 Determinación de composición bromatológico de la semilla de quinoa (<i>chenopodium quinoa</i>) variedad INIAP Tunkahuan	44
2.10.1.2 Optimización de solubilidad y proteína de la harina precocida (<i>Chenopodium quinoa</i>) Iniap Tunkahuan.....	47
2.10.1.3 Modelo codificado para la solubilidad Iniap Tunkahuan.....	49
2.10.1.4 Modelo codificado para el contenido de proteína Iniap Tunkahuan.....	51
2.10.1.5 Optimización del rendimiento de solubilidad de la harina precocida y contenido proteico del grano precocido.....	53
2.10.1.6 Determinación nutricional de la harina precocida (<i>chenopodium quinoa</i>) INIAP Tunkahuan.....	55
2.10.1.7 Caracterización de las pruebas físicas para el rendimiento de la harina precocida de (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Tunkahuan óptima.....	57
2.10.1.8 Propiedades funcionales de la harina precocida de (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Tunkahuan.....	62
2.10.2 Determinación de composición bromatológico de la semilla de quinoa (<i>chenopodium quinoa</i>) INIAP Excelencia	65

2.10.2.1 Optimización de solubilidad y proteína de la harina precocida (<i>Chenopodium quinoa</i>) Iniap Excelencia.....	67
2.10.2.2 Modelo codificado para la solubilidad Iniap Excelencia.....	68
2.10.2.3 Modelo codificado para el contenido de proteína.....	70
2.10.2.4 Optimización del rendimiento de solubilidad de la harina precocida y contenido proteico del grano precocido Iniap Excelencia.....	72
2.10.2.5 Determinación nutricional de la harina precocida (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Excelencia.....	74
2.10.2.6 Caracterización de las pruebas físicas para el rendimiento de la harina precocida de (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Excelencia.....	77
2.10.2.7 Propiedades funcionales de la harina precocida de (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Excelencia.....	81
3. IMPACTOS TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL O ECONOMICOS.....	84
3.1 Impacto técnico.....	84
3.2 Impacto Social.....	84
3.3 Impacto económico.....	84
4. RECURSOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	85
5. CONCLUSIONES.....	88
6. RECOMENDACIONES.....	89
7. BIBLIOGRAFÍAS.....	90
8. ANEXOS.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades con relación a los objetivos.....	6
Tabla 2.- Exportaciones de quinoa en Ecuador por tonelada métrica.....	11
Tabla 3.- Taxonomía del grano andino quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	11
Tabla 4.- Análisis bromatológicos Norma Técnica Ecuatoriana 1673: 2023.....	14
Tabla 5.- Características importantes de la quinoa INIAP Tunkahuan.....	15
Tabla 6.- Composición química de la quinoa INIAP Tunkahuan.....	16
Tabla 7.- Contenido de aminoácidos de la quinoa INIAP Tunkahuan.....	16
Tabla 8.- Características importantes de la quinoa INIAP Excelencia.....	18
Tabla 9.- Composición química de la quinoa variedad INIAP Excelencia.....	18
Tabla 10.- Análisis bromatológicos Norma Técnica Ecuatoriana 3240.....	22

Tabla 11.- Condiciones experimentales para el diseño de experimentos para la precocción de quinua variedad Tunkahuan y Excelencia.....	42
Tabla 12.- Corridas experimentales para la precocción de quinua variedad Tunkahuan.	43
Tabla 13.- Cuadro de variables.	44
Tabla 14.- Composición química proximal de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Tunkahuan.....	44
Tabla 15.- Matriz experimental y valores de solubilidad y proteína de la harina precocida (<i>Chenopodium quinoa</i>) Iniap Tunkahuan	48
Tabla 16.- Parámetros del modelo codificado para la solubilidad	49
Tabla 17.- Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína del grano precocido.	51
Tabla 18.- Optimización del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido de la variedad Tunkahuan.	53
Tabla 19.- Optimización experimental del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido de la variedad Tunkahuan	53
Tabla 20.- Composición química proximal de la variedad de la harina precocida de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP TUNKAHUAN	55
Tabla 21.- Caracterización de las harinas precocidas optimas.....	58
Tabla 22.- Composición química proximal de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Excelencia.	65
Tabla 23.- Matriz experimental y valores de solubilidad de la harina precocida y proteína del grano precocido (<i>Chenopodium quinoa</i>) Iniap Excelencia.....	67
Tabla 24.-Parámetros del modelo codificado para la solubilidad.....	69
Tabla 25.- Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína del grano precocido.	71
Tabla 26.- Optimización del rendimiento de solubilidad harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido Excelencia.....	72
Tabla 27.- Optimización y condiciones experimental de solubilidad de la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido Excelencia.	72
Tabla 28.- Composición química proximal de la variedad de la harina precocida de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) INIAP Excelencia	75

Tabla 29.- Caracterización de las harinas precocidas optimas.....	77
Tabla 30.- Presupuesto de la materia prima a ser estudiada.....	85
Tabla 31.- Presupuesto de materiales y suministros	85
Tabla 32.- Presupuestos de equipos	86
Tabla 33.- Presupuesto de reactivos.....	87
Tabla 34.- Presupuestos de materiales bibliográficos	88

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Humedad	32
Ecuación 2 Fibra dietetica.....	33
Ecuación 3 Fibra soluble.....	33
Ecuación 4 Fibra insoluble.....	33
Ecuación 5 Fibra de crudas	34
Ecuación 6 Grasa	34
Ecuación 7 Cenizas	35
Ecuación 8 Carbohidratos totales.....	35
Ecuación 9 Solubilidad	36
Ecuación 10 Higroscopocidad	37
Ecuación 11 Densidad aparente	37
Ecuación 12 Densidad compactada.....	38
Ecuación 13 Densidad bruta	39
Ecuación 14 Índice de haunsser.....	39
Ecuación 15 Angulo de reposo	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Partes de la planta quinoa.....	12
Figura 2.- Inflorescencias coloridas de quinoa tunkahuan.....	15
Figura 3.- Inflorescencias coloridas de quinoa excelencia	17
Figura 4.-Flujograma del proceso de precocción.....	41
Figura 5.- Modelo codificado para la solubilidad harina precocida Tunkahuan.....	50

Figura 6.- Rendimiento del modelo codificado para el contenido de proteína en la harina precocida Tunkahuan.	52
Figura 7.- Diseño superficie respuesta de la optimización de la solubilidad de la harina precocida y proteína del grano precocido Tunkahuan.....	55
Figura 8.-Modelo codificado para la solubilidad harina precocida Excelencia.....	70
Figura 9.-Rendimiento del modelo codificado para el contenido de proteína en la harina precocida Excelencia.	72
Figura 10.- Diseño superficie respuesta de la optimización de la solubilidad y proteína de la harina precocida Excelencia.	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Datos informativos del docente tutor	
Anexo 2.-Datos informativos del postulante Joselyn Amanta	
Anexo 3.-Datos informativos del postulante Kleber Chicaiza	
Anexo 4.-Aval de traducción externo	
Anexo 5.-Precocción de las variedades de quinoa INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia	
Anexo 6.-Análisis bromatológicos de la semilla de quinoa variedad Tunkahuan	
Anexo 7.-Análisis bromatológicos de la semilla de quinoa variedad Excelencia	
Anexo 8.-Análisis físicos de la harina precocida variedad Tunkahuan y Excelencia	
Anexo 9.-Análisis bromatológicos de la harina precocida de quinoa variedad Tunkahuan	
Anexo 10.- Análisis bromatológicos de la harina precocida de quinoa variedad Excelencia	
Anexo 11.-Carta emitida de los análisis funcionales de las variedades de quinoa	

INTRODUCCIÓN

La quinoa (*Chenopodium quinoa*), un pseudocereal originario de los Andes, ha ganado reconocimiento mundial por sus excepcionales propiedades nutricionales y funcionales. Considerada un "superalimento", es rica en proteínas de alta calidad, aminoácidos esenciales, fibra, vitaminas y minerales. Su adaptabilidad y versatilidad la convierten en una opción clave para soluciones sostenibles en seguridad alimentaria.

En particular, las harinas precocidas de quinoa han surgido como una alternativa valiosa en la industria alimentaria, combinando los beneficios nutricionales de la quinoa con propiedades funcionales que permiten la creación de productos innovadores. El proceso de precocción mejora su digestibilidad y acorta los tiempos de cocción, facilitando su uso en diversos productos alimentarios y aportando texturas y sabores atractivos.

Esta tesis se centra en evaluar las propiedades funcionales y nutricionales de harinas precocidas de dos variedades de quinoa desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Ecuador: INIAP Tunkahuan y INIAP Excelencia. El objetivo es analizar cómo las diferencias genéticas y las prácticas agrícolas impactan la calidad de las harinas, lo cual puede influir en su aplicación en la industria y la mejora de la dieta.

La investigación se enfocará en aspectos como el contenido proteico y la solubilidad, considerando el efecto de la temperatura y el tiempo de precocción en la autoclave. Estas variables son cruciales para integrar efectivamente las harinas precocidas de quinoa en productos alimenticios, brindando valor nutricional y características que aumentan su aceptación.

El estudio contribuirá a la literatura científica sobre la quinoa y sus aplicaciones, generando beneficios prácticos para agricultores, procesadores y consumidores, y fomentando el uso de este cultivo ancestral para enfrentar los desafíos actuales en nutrición y sostenibilidad. Además, se espera que los hallazgos sirvan como base para futuros estudios y el desarrollo de productos innovadores en el ámbito de la alimentación saludable.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuaria y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Carrera de Agroindustria

Título del proyecto de investigación: “Evaluación de las propiedades funcionales y nutricionales de harinas precocidas de dos variedades de quinoa (*chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia”

Equipo de trabajo

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

Autor 1: Joselyn Julissa Amanta Milan

Autor 2: Kleber Adrian Chicaiza Tipanluiza

Lugar de ejecución: Salache “Universidad Técnica de Cotopaxi”

Provincia: Cotopaxi

Fecha de inicio: Abril 2024

Fecha de finalización: Agosto 2024

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Desarrollo y seguridad alimentaria

SUBLINEA DE LA INVESTIGACIÓN CARRERA: Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales

2. Diseño del proyecto

2.1 Planteamiento del problema

La malnutrición se refiere a la falta o el desequilibrio en la ingesta de nutrientes debido a una dieta inadecuada, ya sea por falta o exceso de alimentos. Es uno de los principales contribuyentes a la carga global de enfermedades, especialmente en niños, donde más de un (Moncayo et al., 2021), tercio de las enfermedades infantiles a nivel mundial se atribuyen a la desnutrición, siendo la pobreza una de las causas principales (González et al., 2020).

La mayoría de las personas desnutridas residen en países en desarrollo, donde el 13,5% de la población sufre de esta condición. La malnutrición, la deficiencia de vitamina A, los trastornos por falta de yodo y las anemias nutricionales son los problemas más graves y extendidos en regiones como Asia, África, América Latina y el Medio Oriente. En el mundo en desarrollo, aproximadamente una de cada cinco personas padece desnutrición crónica, mientras que 192 millones de niños sufren de malnutrición proteico-energética y más de 2.000 millones tienen deficiencias de micronutrientes

A pesar de la abundante diversidad cultural de los pueblos indígenas en Ecuador, el 73% de la población indígena padece la pobreza, una cifra significativamente superior al 37% de la población no indígena. Los padecimientos de desnutrición crónica en niños indígenas superan la media nacional. De acuerdo con la Encuesta Demográfica y de Salud Materna e Infantil, el índice nacional de desnutrición crónica alcanzaba el 23,2%, lo cual es más elevado en la región de la Sierra en comparación con otras áreas del país. En el área de la Sierra, el indicador era del 32%, en la Costa del 15,7%, en la Amazonía del 22,7% y en la zona Insular del 5,8%. En las provincias más afectadas se encuentran Cotopaxi, Bolívar, Cañar y Chimborazo (Sierra Central), donde la desnutrición crónica es superior al 10% (Moncayo et al., 2021). Los pseudocereales son una buena y muy eficaz alternativa, ya que sustituyen a muchos alimentos pobres en nutrientes. Esta es una de las principales causas del desperdicio de este pseudocereal tanto en adultos como en niños. Debido a que la tecnología presente en nuestro país ha hecho que la demanda de quinua sea mínima, se desperdician los nutrientes del grano andino, generando desnutrición a nivel mundial, niveles global y nacional. La devaluación de las tradiciones ancestrales ha resultado en un escaso cultivo de este pseudocereal no sólo en nuestra provincia sino a nivel nacional, perdiendo con ello un alimento de alto valor nutricional que podría representar una alternativa nutricional para la población, especialmente en zonas rurales del país (Pérez Córdova, 2007)

Existen diversos productos derivados de la quinua, no obstante, aún hay otros productos más sofisticados o que requieren tecnologías más avanzadas para su producción, como la extracción de aceite de quinua, el almidón, la saponina, los colorantes de las hojas y semillas, concentrados

proteicos, etc. Estos productos representan el potencial económico de la quinua al aprovechar no solo sus cualidades nutritivas, sino también sus propiedades fisicoquímicas. Además, estos productos pueden expandir su aplicación más allá de la industria alimentaria, ofreciendo oportunidades en sectores como la industria química, cosmética y farmacéutica (Urbina Dicaio et al., 2023). El término "precocido" hace referencia al proceso de precocción, el cual puede llevarse a cabo mediante técnicas como la cocción al vapor, la extrusión o la cocción en agua caliente. Tras la precocción, los granos son secados y posteriormente molidos para producir una harina que retiene algunas de las propiedades nutricionales y características de sabor de los granos originales.

No obstante, esta harina también presenta una capacidad mejorada de hidratación y cocción. Las harinas precocidas son empleadas en diversos productos alimenticios, tales como arepas, tortillas, panes, galletas, pasteles y otros productos horneados. Estas ofrecen beneficios en términos de conveniencia y rapidez en la preparación, especialmente en entornos donde se requiere una preparación de alimentos rápida. (Quishpe Quishpe, 2019)

En relación a lo detallado anteriormente, la presente investigación sobre las harinas precocidas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) de las variedades INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia es una iniciativa de alta relevancia que abarca aspectos nutricionales, económicos, tecnológicos, sostenibles y científicos. Este trabajo no solo tiene el potencial de generar beneficios significativos para la salud y la economía, sino que también promueve la innovación de nuevos productos agroindustriales y el desarrollo sostenible en la región andina.

2.2 Marco Contextual

La quinoa ha adquirido notoriedad en las últimas décadas como un superalimento, gracias a su excelente perfil nutricional y su versatilidad en la alimentación humana. No obstante, el proceso de transformación de la quinoa en harina precocida, destinada a la elaboración de diversos alimentos, ha generado dudas sobre sus propiedades funcionales y nutricionales. Por lo tanto, se hace fundamental llevar a cabo una evaluación minuciosa de las características de las harinas

precocidas derivadas de las variedades de quinoa INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia, las cuales son promovidas en la zona andina de Ecuador (González et al., 2020).

En la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en Latacunga, los estudios sobre la harina de quinoa revisten una importancia particular tanto para la comunidad científica como para los productores locales. La región, que goza de condiciones climáticas y geográficas propicias para el cultivo de quinoa, enfrenta retos en cuanto a la valorización de sus productos. Las variaciones en las propiedades funcionales y nutricionales entre las dos variedades pueden influir en su aceptación en el mercado y en su aplicabilidad dentro de la industria alimentaria.

Este estudio tiene como objetivo identificar y comparar las características funcionales, así como las propiedades nutricionales, que incluyen el contenido de proteínas, carbohidratos, fibra, proteínas, humedad, grasa, carbohidratos, de las harinas precocidas de estas dos variedades de quinoa. Comprender estas disparidades permitirá no solo evaluar la calidad de los productos generados, sino también fomentar su desarrollo y aplicación en la industria alimentaria, ofreciendo así una alternativa saludable y nutritiva para la población.

2.3 Formulación del problema

¿Cuáles son las diferencias en las propiedades funcionales y nutricionales de las harinas precocidas obtenidas de dos variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*), INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia, y cómo estas diferencias impactan su potencial de aplicación en la industria alimentaria?

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo General

- Evaluar las propiedades funcionales y nutricionales de harinas precocidas obtenidas de dos variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros bromatológicos de los granos de dos variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia.
- Evaluar el efecto de la precocción sobre la solubilidad en la harina precocida y la proteína en el grano precocido
- Determinar los parámetros nutricionales y funcionales de la harina precocidas (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia.

2.5 ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

Tabla 1 Actividades con relación a los objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar los parámetros bromatológicos de los granos de dos variedades de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) Tunkahuan e INIAP Excelencia.	Realizar los análisis bromatológicos de las dos variedades de quinoa (Chenopodium quinoa) <ul style="list-style-type: none"> • Ceniza • Proteína • Carbohidrato • Grasas • Fibra • Humedad 	Cenizas AOAC/Gravimétrico/923.03 Proteína AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11 Grasa AOAC/Goldfish/920.39 Fibra AOAC/Gravimétrico/930.15 Humedad AOAC/Gravimétrico/AOAC 925.10 Carbohidratos	Obtención de los porcentajes de las dos variedades de quinoa <i>Chenopodium quinoa</i> INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia y poderlas comparar con la norma INEN e interpretarlas.

<p>Evaluar el efecto de la precocción sobre la solubilidad en la harina precocida y la proteína en el grano precocido</p>	<p>La actividad se llevará a cabo a través de una metodología de precocción previamente investigada. bibliográficamente.</p>	<p>Metodología:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Cocción por Autoclave. ● Deshidratación 	<p>Analizar qué corrida (tratamiento) es más adecuada para no perder las propiedades nutricionales del grano al procesarlo como harina precocida.</p>
<p>Determinar los parámetros nutricionales y funcionales de la harina precocidas.</p>	<p>La obtención de los análisis de los parámetros funcionales</p>	<p>Metodología de Mixolab Normal</p>	<p>Podremos determinar si es una harina precocida con mayor valor nutricional que una harina común.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ● MIXOLAB <p>Índice de absorción de agua</p> <p>Índice de amasado</p> <p>Índice de viscosidad</p> <p>Índice de amilasa</p> <p>Índice de retrogradación</p>		

2.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.6.1 Marco Teórico

2.6.1.1 Antecedentes

A través de una revisión exhaustiva de la bibliografía, se examinaron diversos estudios sobre la elaboración de harinas precocidas de quinoa mediante diferentes metodologías. Se evaluaron, además, las propiedades nutricionales de estas harinas para determinar su contenido proteico bajo diversas condiciones de temperatura y tiempos de procesamiento.

El desarrollo experimental incluyó análisis bromatológicos proximales para investigar las propiedades nutricionales del pseudocereal. Según Mora-Rochin et al., (2010) es fundamental limpiar los granos para eliminar impurezas y saponinas, compuestos amargos que se encuentran en la envoltura exterior de la quinoa. Antes de la precocción, los granos deben ser hidratados para alcanzar un contenido de humedad óptimo, lo que es crucial para asegurar una cocción uniforme en la autoclave (Repo-Carrasco-Valencia et al. 2009).

Los granos de quinoa hidratados son sometidos a un tratamiento térmico en autoclave, el cual se realiza a altas temperaturas (generalmente entre 120-130 °C) y a presión elevada (1-2 atmósferas) durante un tiempo determinado (15-30 minutos). Este intenso tratamiento térmico gelatiniza el almidón y desnaturaliza las proteínas, mejorando así la digestibilidad y reduciendo factores anti nutricionales como los inhibidores de enzimas (Xi et al., 2017).

Después de la precocción, es necesario secar los granos de quinoa para disminuir su contenido de humedad a niveles adecuados para la molienda. Este proceso de secado puede llevarse a cabo utilizando métodos como el secado al aire caliente o la liofilización, que ayudan a preservar la calidad del producto final (Varriano-Marston &, 1984).

2.6.1.2 Historia de la quinoa a nivel mundial

La quinua, también conocida por su nombre científico (*Chenopodium quinoa*) es una planta herbácea originaria de la región Andina por los alrededores del lago Titicaca entre Perú y Bolivia, fue cultivado principalmente en la cordillera de los Andes debido a que el Altiplano y los valles

altos son lugares que proporcionan ideales condiciones agrícolas dentro de los 3000 y 4000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m)(Soria, 2017).

La quinua fue cultivada y utilizada en la prehispanicas e incluso fue sustituida por cereales, a pesar de que era un alimento muy consumido para la población de la época. Se dice que su domesticación fue por los pueblos de América entre los años 3000 y 5000 a.c (Morales Pérez & Velasco Recking, 2019).

La quinoa (*Chenopodium quinoa*) es una planta originaria de la zona andina, que el origen principal de dicha planta es en el lago Titicaca, la quinoa a pasar los años ha recibido varias transformaciones morfológicas, a partir de ello la planta quinoa ha cambiado su inflorescencia volviéndose más compacta con el extremo de la planta, el aumento de tamaño del tallo y los granos incluso la pérdida del mecanismo de dispersión de los granos y los altos niveles de pigmentación. A lo largo de los años la humanidad (agricultores) fue extendiendo a los actuales países productores de quinoa Bolivia, Perú, Ecuador, Argentina. Chile y Colombia adaptándose a diferentes contextos ecológicos y de cultivo (Morales Pérez & Velasco Recking, 2019).

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo anual originario de América del Sur que originalmente se pensaba que estaba domesticado en la región andina. Sin embargo, una investigación reciente menciona que la domesticación de la quinua se produce a través de su pariente silvestre (*Chenopodium hircinum Schard*). En el cual ocurrió de forma independiente en los Andes y en la costa chilena (Hinojosa et al., 2021).

La quinoa se ajusta a diversos entornos reducidos, la planta es resistente a la sequía y se ha demostrado que se encuentra bien en entornos controlados con elevadas temperaturas; sin embargo, la combinación de sequía y calor puede incrementar significativamente el rendimiento de las semillas (Hinojosa et al., 2021). El rendimiento de la proteína de quinoa es elevado debido a que contiene nueve aminoácidos esenciales en grandes cantidades, aunque no siempre en cantidades suficientes para ser una fuente de proteína completa para consumidores de todas las edades, la quinua dispone de químicos como fenólicos y péptidos bioactivos. Los elementos esenciales para la salud metabólica, cardiovascular e intestinal. Dado las características mencionadas anteriormente, la producción de quinoa se ha extendido de manera rápida dentro de

la región andina de América del Sur durante la última década. Perú y Bolivia son los principales exportadores de quinua en todo el mundo, con 86.011 y 70.763 toneladas en 2018 (Hinojosa et al., 2021). Ecuador es considerado el tercer productor de quinua en todo el mundo, pero el alcance de la reciente expansión global de la quinua es difícil de determinar y de evaluar. Para determinar de manera precisa a Ecuador en la producción de quinua en comparación con otros países. Ecuador, uno de los 17 países más diversos del planeta (Hinojosa et al., 2021).

2.6.1.3 Historia de la quinua a nivel local

La quinua en Ecuador, se le considera un alimento muy importante para la población por sus cualidades alimentarias y medicinales, en Cañar se cultivaba la quinua antes de la llegada de los españoles como uno de los alimentos más básicos de la población (Peralta I., 2009). La producción de quinua evidencia que en Ecuador se ha mantenido un vínculo constante entre los habitantes de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Loja. Se indica que las quinoas de Latacunga, Ambato, Carchi, Riobamba y Cuenca son de grano ancho, generalmente de una altura considerable y un grano de sabor bastante amargo. Se calcula que la superficie total cultivada es de unas 1200 ha en todo el país (Peralta I., 2009). En 1967 (INIAP) el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias ha comunicado la creación del Programa de Desarrollo de Nuevos Cultivos Económicos en la Sierra. Los estudios de observación y adaptación se enfocaron en hallar nuevas fuentes de proteína para el consumo de seres humanos y animales (Peralta I., 2009).

2.6.1.4 Producción de la quinua en Ecuador

En Ecuador, la producción de quinua enfrenta diversas limitaciones, siendo una de las más significativas los altos costos asociados con la maquinaria especializada necesaria para su procesamiento, así como los precios elevados de materiales, insumos agrícolas y mano de obra, los cuales se han visto negativamente impactados por la dolarización. Estos factores dificultan la competitividad de la quinua ecuatoriana en términos de costos. Sin embargo, la calidad de este producto ha otorgado una ventaja comparativa frente a sus competidores, lo que permite lograr precios más favorables en comparación con la producción de quinua en otros países (Núñez Villacís, 2021).

Tabla 2.- Exportaciones de quinoa en Ecuador por tonelada métrica

Países	AÑOS			
	2019	2020	2021	2022
Ecuador	7,962	4,028	1,400	378
Perú	47,304	53,611	51,142	49,073
Bolivia	29,525	29,000	37,000	44,700

Fuente: (Núñez Villacís, 2021).

2.6.1.5 Clasificación taxonómica

Carl Ludwig Van Willdenow describió esta planta en su obra "Especies Plantarum" en 1789, de acuerdo con la Organización Internacional para la información vegetal en el 2006 menciona que existen alrededor de 250 especies de quinoas que se encuentran en todo el mundo. Dentro de la clasificación intra-específica, se reconocen dos grupos principales: las quinuas cultivadas y las quinuas silvestres (León Huamán, 2020).

Tabla 3.- Taxonomía del grano andino quinoa (*Chenopodium quinoa*).

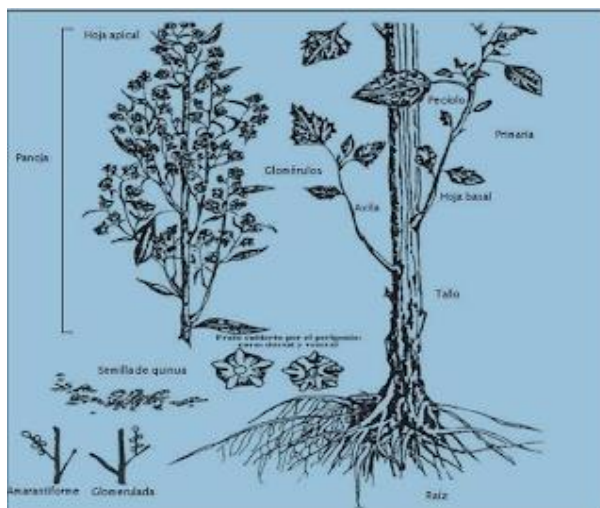
TAXONOMÍA	
Reino	Vegetal
División	Mangonoliophyta
Clase	Mangnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	Chenopodium quinoa
	Willdenow

Fuente: (Orgaz García, 2020)

2.6.1.6 Descripción botánica

La planta de la quinua puede crecer hasta una altura que oscila entre 1 y 2,30 metros. Aunque botánicamente no es un cereal como el arroz, el trigo, la cebada o el maíz, debido a su alto contenido de almidón se clasifica como un pseudocereal.

Figura 1.- Partes de la planta quinoa



Fuente:(Gutiérrez, 2012).

Planta

La quinoa es una planta anual, dicotiledónea, generalmente herbácea que puede llegar a una altura de 2 a 3 metros. Dependiendo del tipo de quinoa, los genotipos, las condiciones ambientales donde crece y la fertilidad del suelo, las plantas pueden tener una variedad de colores, que van desde verde a morado a rojo (Centty Rodríguez, 2022).

Raíz

La raíz es fibrosa y muy ramificada y puede llegar a 0.6 m de profundidad. El cuello tiene raíces secundarias, terciarias y raicillas que se encargan de absorber agua y nutrientes del suelo. La profundidad del sistema radicular de una planta aumenta con su altura Borja Garcia & Cortez Lema, (2021). La germinación de la quinua comienza en condiciones de humedad adecuadas, con el alargamiento de la radícula, lo que da como resultado una raíz que gira de una estructura sólida que se puede profundizar hasta 30 cm. Varios centímetros abajo del cuello, tiene raíces y comienza a ramificarse de ellas se derivan las ramas secundarias, terciaria y otras. que también están divididos en partes separadas. Algunas raíces son insuficientes, tenues y largas, con una longitud de más de 5 cm (Antezana Calderón, 2017).

Tallo

El tallo de la quinoa es de forma cilíndrica y anguloso, con gruesas estrías longitudinales que lo sujetan y dan una apariencia acanalada; alcanza un tamaño de 0.4 a 3 metros, el grosor disminuye desde la base hasta el ápice, presenta diversas tonalidades que a menudo coinciden con la tonalidad de las hojas y los números de ramificaciones se ajustan a la magnitud, depende la densidad de la población en la que se encuentra el cultivo dicho grano andino (Zamudio Ayala, 2018).

Hojas

Las hojas polimórficas de la quinoa se encuentran en una sola planta; las bases de la planta son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente son lanceoladas alrededor de la panoja. Su color varía de verde a rojo, amarillo y violeta según la naturaleza y importancia de los pigmentos. Es posible que tengan hasta 43 dientes en el borde. Además, su superficie contiene gránulos, lo que da la impresión de que está cubierta de arenilla. Estos gránulos tienen células que contienen mucho oxalato de calcio y tienen la capacidad de retener agua (Antezana Calderón, 2017).

Inflorescencia

La estructura de la quinua se divide en un eje central, ejes secundarios y ejes terciarios que respaldan grupos de flores (glomérulos), ya que este es el lugar. El eje está más desarrollado que los secundarios, así como también puede ser laxa, (amarantiforme) o compacta (glomerulada), se denomina amarantiforme cuando los glomérulos son extensos y el eje central dispone de diversas ramas, la

membrana secundaria y terciaria se denominan glomerulares cuando las inflorescencias se encuentran presentes, formada por grupos reducidos y esféricos con pedicelos compartidos y prolongados (Alanoca & Machaca, 2018)

Flores

La flor de la quinua es imperfecta, no tiene pétalos, solo tiene sépalos, llamados perigonio sepaloide. Son pequeñas, con un tamaño máximo de 3 mm, pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, finalmente los frutos pueden ser hermafroditas (Zamudio Ayala, 2018).

Fruto

Se trata de un aquenio, observa una forma cilíndrica- lentilla, con un leve ensanchado hacia el centro. Se encuentra conformado por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una única semilla, de color variable con diámetro de 1.4 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez, el contenido de humedad de fruto a la cosecha es del 14,5% (Centty Rodríguez, 2022).

2.6.1.7 Variedades de quinoa

La quinua se incluye en el grupo de cultivos y alimentos andinos que han sido olvidados o subutilizados y que están en peligro de extinción en Ecuador. Se llevó a cabo una recolección de quinua y otros cultivos andinos, lo que resultó en la creación de un banco de germoplasma que contiene 271 accesiones de quinua recolectadas en todas las provincias de la sierra (Peralta I., 2009).

2.6.1.8 Análisis bromatológicos del grano andino referido por la norma técnica ecuatoriana 1673

En la tabla 4 se puede observar los análisis bromatológico mencionados por la normativa ecuatoriana 1673.

Tabla 4.- Análisis bromatológicos Norma Técnica Ecuatoriana 1673: 2023

REQUISITOS	VALORES	
	Mínimo	Máximo
Humedad % (m/m)	-	13,5 %
Cenizas % (m/m)	-	3.5 %
Proteínas % (m/m)	10,0 %	-
Grasa % (m/m)	4,0 %	-
Fibra % (m/m)	3,0 %	-
Carbohidratos % (m/m)	65,0 %	-

Fuente: (Norma Inen | PDF | Cereales | Quinoa, 2013)

2.6.1.9 Iniap Tunkahuan

La variedad INIAP Tunkahuan a través de la selección de una población de germoplasmas recolectadas en la provincia del Carchi en 1985. Durante 1986, se identificó como una línea prometedora y se incorporó al banco de germoplasmas del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP con el código ECU 0621. En 1996, se examinó en diversos lugares de la Sierra ecuatoriana por el Programa de Cultivos Andinos, donde se demostró su capacidad para adaptarse a áreas comprendidas entre 2400 y 3200 metros de altura, fue liberada oficialmente como variedad mejorada en 1992 (Peralta I., 2010).

Figura 2.- Inflorescencias coloridas de quinoa tunkahuan



Fuente: (Peralta I., 2010).

Tabla 5.- Características importantes de la quinoa INIAP Tunkahuan

VARIEDAD	INIAP TUNKAHUAN
Altura de la planta	150 cm
Días florac.	109
Días cosecha	180
Color	Blanco
Cont. Saponidad	Bajo 0,06 %
Rend. kg/ha promedio	2000 kg/ha
Altitud óptima (m)	2600-3200

Fuente: (Peralta I., 2010).

Composición química

Como bien se ha mencionado anteriormente la quinoa es un grano andino que posee gran contenido nutricional, como se observa en el siguiente cuadro.

Tabla 6.- Composición química de la quinoa INIAP Tunkahuan

QUINOA INIAP TUNKAHUAN	
Energía kcal/100 g	453,08
Humedad %	12,65
Proteína %	13,81
Grasa %	5,01
Carbohidratos %	59,64
Cenizas %	3,36
Fibra %	4,14
Calcio %	0,18
Fósforo %	0,59
Magnesio %	0.16
Potasio %	0.95
Sodio %	0.02
Cobre (ppm)	10.0

Fuente: (Mera Vizcaíno & Toapanta Vargas, 2016)

Tabla 7.- Contenido de aminoácidos de la quinoa INIAP Tunkahuan.

Contenido de aminoácidos	mg/g
Ácido aspártico	11,8
Serina	5,8
Ácido glutámico	21.4
Prolina	4.6
Treonina	5.1
Glicina	18.2
Valina	6.4
Metionina	1.5
Isoleucina	5.2
Leucina	8.6
Fenilalanina	5.7
Tirosina	4.4
Histidina	3.9
Cisteína	1.5

Fuente: (Peralta I., 2010).

2.6.1.10 Iniap Excelencia

Se adquirió la variedad INIAP-Excelencia debido al vínculo entre las variedades INIAP-Tunkahuan e INIAP-Pata de Venado, la nueva variedad Quinoa INIAP-Excelencia tuvo un impacto significativo en el cultivo de agricultura. La característica más destacada es su crecimiento en 145 días, lo cual representa 35 días menos en comparación con la variedad INIAP-Tunkahuan. Esto posibilita la disminución de los costos de producción y la obtención de dos cosechas en diferentes épocas, lo cual incrementa de esta manera los ingresos de los agricultores. Produce 1.838 kilogramos por hectárea, contiene un 17,9% de proteína y es resistente a la patología del mildiu, un hongo que afecta el desempeño de la producción. INIAP-Excelencia tiene un tamaño inferior que otros tipos de quinoa, lo cual disminuye el volcamiento de plantas en épocas de vientos; esto disminuye las pérdidas de producción en la agricultura (González et al., 2020).

Figura 3.- Inflorescencias coloridas de quinoa excelencia



Fuente: (Murillo I. et al., 2023).

Tabla 8.- Características importantes de la quinoa INIAP Excelencia

VARIEDAD	INIAP EXCELENCIA
Altura de la planta	140 cm
Días florac.	63
Días cosecha	145
Color	Blanco
Cont. Saponidad	Bajo 0,06 %
Rend. kg/ha promedio	1838 kg/ha
Altitud óptima (m)	2600-3400

Fuente: (Murillo I. et al., 2023).

Composición química

Tabla 9.- Composición química de la quinoa variedad INIAP Excelencia

QUINOA INIAP EXCELENCIA	
Proteína %	17,91
Grasa %	6,35
Carbohidratos %	66,89
Fibra bruta %	6,45
Calcio (mg/100g) %	70
Fósforo (mg/100g) %	480
Magnesio (mg/100g) %	220
Potasio(mg/100g) %	730
Cobre (ppm) %	6
Hierro (ppm) %	47
Magnesio (ppm) %	10,5
Zinc (ppm)	24,0

Fuente: (Murillo I. et al., 2023).

2.6.1.11 Uso de la quinoa en la agroindustria

Jilapa Humpiri, (2019) La agroindustria desempeña un papel clave en el fomento de la producción de diversos cultivos andinos, dependiendo de la ubicación de las plantas y de la demanda en su área, y al contar con un mercado estable, las regiones productoras pueden especializarse e intensificar su producción.

Se utiliza la alimentación animal como refugio natural, se aprovechan los desperdicios de la agricultura con el propósito de albergar vacunas, ovinos, cerdos, caballos y aves (Rubén & Pereyra, 2015).

En el ámbito medicinal se encuentran las hojas, tallos y granos, a los cuales se brindan propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicos contra el dolor de muelas, desinfectantes de las vías urinarias; también se utilizan como refugio para los insectos Peralta I., (2010). Se trata de una composición que posibilita la obtención de diversos productos alimentarios, cosméticos y farmacéuticos (Moncayo et al., 2021).

La harina es fundamental para la elaboración de pan, galletas y fideos, los cuales pueden ser elaborados con harina de quinua al 100% o en combinación con otros ingredientes (Murillo I. et al., 2023)

2.6.1.12 Las harinas

La industria harinera a lo largo de la historia se ha visto impulsada después de la segunda revolución industrial, dado que mediante la tecnología y el uso de maquinarias se pudo aprovechar de manera más eficaz la transformación de materias primas en productos finalizados, durante la década de 1980, se establecieron grandes almacenes de harina en las orillas de ríos, uno de ellos fue uno de los primeros siete lugares concesionados para molinos en Quito, en aquel lugar se había establecido uno de los primeros molinos de trigo en América (Pérez, 2020).

En la actualidad, los productos utilizados para la harina se han ampliado utilizando como base materias primas de origen vegetal y animal, con el objetivo de innovar y buscar opciones que sean accesibles para todos los clientes y tengan los más elevados estándares de calidad que el mercado nacional e internacional requiere, en este contexto, se ha detectado la posibilidad de utilizar el

bagazo de la cerveza como ingrediente esencial para la elaboración de harina, debido al elevado valor nutricional y energético que posee (Pérez, 2020).

2.6.1.13 Tipos de harinas

Harina de Trigo

La harina de trigo es uno de los productos más consumidos del mundo, ya sea directamente como harina o en productos como pan, galletas y pasteles, entre otros. Los países desarrollados siguen realizando estudios agrícolas y genéticos para mejorar su rendimiento por hectárea. En el mundo, los países con el mayor porcentaje de producción de trigo son: Argentina (26,7%), Estados Unidos (20%), Australia (12,1%), Francia (11,3%) y Canadá (10,1%) fueron los países que importaron más de un millón de toneladas de trigo en 2003, lo que representa un 80% del total, seguidos por Rusia y Ucrania. Los principales importadores de trigo fueron: Italia registró una tasa del 6,5 %, Brasil una tasa del 5,5 %, España una tasa del 5,3 %, Argelia una tasa del 5,3 % y Japón una tasa del 4,9 % (Toapanta, 2011).

Harina de Maíz

La harina de maíz se produce tradicionalmente a partir de la molienda de los granos de maíz, ya sea el grano blanco o amarillo. En este proceso, se incrementan las propiedades nutricionales de los niveles de calcio, niacina y entre otros (Cordovilla, 2011).

Harina de Cebada

En Ecuador, la harina de cebada, también conocida como máchica, es un producto ancestral. que describe la costumbre de pelar y secar la cebada al sol antes de cocinarla. en recipientes abiertos, adquiriendo un color amarillento distintivo para pasar al proceso de molienda manual o industrial (Vaca Cayo, 2024).

Harina de Centeno

Es una de las harinas más utilizadas en el proceso de panificación después de la harina de trigo, es una harina muy pobre en gluten por ello añaden el 50% de harina de trigo para realizar un buen proceso de fermentación.

2.6.1.14 Harinas más consumidas

En muchos países, incluido Ecuador, el pan es un alimento esencial. A lo largo del siglo XX, las grandes, medianas y pequeñas industrias panificadoras han utilizado la harina de trigo como la principal materia prima para hacer pan. La harina de trigo tiene un contenido relativamente bajo de proteína y tiene una composición deficiente de aminoácidos esenciales, especialmente en lisina. A lo largo de los años, las grandes, medianas y pequeñas industrias panificadoras han usado la harina de trigo como la principal materia prima para hacer pan, galletas y otros productos (Espinoza Magdalena, 2022).

2.6.1.15 Uso de las harinas en el área agroindustrial

Las harinas tienen diversas aplicaciones en la industria alimentaria, siendo comúnmente utilizadas en la repostería. También se emplean en la fabricación de pastas, donde generalmente se utiliza trigo duro, sin embargo, en algunos países, también se elaboran pastas a partir de soya (García, 2024).

Harina de Trigo

La harina de trigo es ampliamente reconocida en Occidente y se emplea en una diversidad de recetas, tanto dulces como saladas. Este cereal, además de ser una destacada fuente de gluten, proporciona una amplia gama de nutrientes como hierro, calcio, potasio, zinc, selenio, magnesio, vitaminas A, del grupo B y E, fibra e hidratos de carbono. (Borja Garcia & Cortez Lema, 2021)

Harina de Centeno

La harina de centeno se emplea principalmente en la elaboración de panes bajos y densos, así como en galletas saladas. Puede usarse sola o combinada con harina de trigo para obtener un pan con mayor volumen. Debido a su sabor amargo, el centeno no es la opción más idónea para la repostería (García, 2024).

Harina de Arroz

Debido a sus características, la harina de arroz es versátil y se adapta a una amplia variedad de dietas, es especialmente conocida por su ligereza y se utiliza comúnmente en rebozados y

tempuras. Cuando se combina con otras harinas, es una excelente opción para la elaboración de panes y repostería, ya que aporta ligereza y esponjosidad. Debido a su ausencia de gluten, es adecuada para personas con celiaquía. Además, contribuye al control del colesterol y ayuda a regular la acidez estomacal (Sánchez et al., 2008).

Harina de Garbanzo

Principalmente se utiliza para rebozados debido a que su textura proporciona un resultado fuerte, compacto y crujiente. Además, es una excelente opción para reemplazar el huevo en la preparación de tortillas veganas. Las recetas elaboradas con esta harina resaltan el sabor del garbanzo, por lo que se adaptan mejor a platos salados (Torres Alberca, 2015).

Harina de Maíz

La harina de maíz es una alternativa más si buscamos un producto libre de gluten. Resulta ideal para la preparación de tortillas, piadinas, empanadillas, así como para espesar salsas, sopas y guisos (Torres Alberca, 2015).

2.6.1.16 Análisis bromatológicos referida a la norma técnica ecuatoriana 3140

En la tabla 9 se puede observar los análisis bromatológico mencionados por la normativa ecuatoriana 3240.

Tabla 10.- Análisis bromatológicos Norma Técnica Ecuatoriana 3240

REQUISITOS	VALORES	
	Mínimo	Máximo
Humedad % (m/m)	-	13,5 %
Cenizas % (m/m)	-	3 %
Proteínas % (m/m)	10,0 %	-
Fibra % (m/m)	3%	
Grasa % (m/m)	4 %	-
Carbohidratos % (m/m)	65,0 %	-

Fuente: (Quishpe Quishpe, 2019).

2.6.1.17 Harinas precocidas

Las harinas precocidas son preparaciones de cereales que se disuelven rápidamente y se pueden usar para hacer sopas, papillas, cremas o masas. Los procesos mecánicos y térmicos se utilizan para producir harinas precocidas; estos procesos hidrotérmicos facilitan la gelatinización y la hinchazón de los granos de almidón y mejoran la capacidad de retención de agua. Después de haber sido cocidos, aplastados y secos sobre rodillos, los almidones se hinchan directamente en el agua que retienen. La temperatura a la que ocurren estos fenómenos se llama temperatura de gelatinización y está relacionada con la ruptura de los puentes secundarios de hidrógeno que unen las cadenas de polímeros, el objetivo de este tratamiento es inactivar o destruir factores anti nutricionales potenciales, así como mejorar la digestibilidad y la disponibilidad de diversos constituyentes bioquímicos (Quishpe Quishpe, 2019).

2.6.1.18 Tipos de harinas precocidas

Harina de maíz precocida: Con el propósito de disminuir los costos y para producir cerveza con la materia prima de la cebada, la Cervecería Polar C.A. buscó una fuente nacional de almidones fermentables que pudieran convertirse en azúcares más sencillos y como fuente de alcohol en el año 1941 (Torres & Guerra, 2003).

Harina de trigo precocida: Esta harina facilita preparaciones rápidas y efectivas; se emplea en pasteles, panes y otros productos de panadería (Estelo, 1995).

Harina de soya precocida: Se emplea en la elaboración de alimentos panificados, bebidas y suplementos dietéticos y es rica en proteínas. (Liu, 2012).

2.6.1.19 Harinas precocidas más consumidas

Las harinas de maíz precocidas, como la harina PAN, son ampliamente consumidas debido a su aceptación cultural y a los subsidios que las hacen accesibles a los grupos de menores recursos. Este tipo de harina es especialmente popular en América Latina, particularmente en países como Venezuela y Colombia, donde se utiliza para elaborar arepas, empanadas, hallacas y otros platos tradicionales (Real et al., 2002).

Es una harina libre de gluten, lo que la hace apta para personas celíacas. No obstante, esta característica limita la posibilidad de elaborar panes únicamente con este tipo de harina, ya que la

falta de gluten impide que el pan tenga la textura y elasticidad adecuadas (Cusanguá Arévalo, 2019).

El arroz es uno de los granos más consumidos en todo el mundo. La incorporación de harinas precocidas a la dieta proporciona un importante aporte energético al organismo, gracias a su alto contenido en proteínas. Al ser libre de gluten, es adecuado para personas con celiaquía. Además, su consumo ofrece diversos beneficios para la salud, como la prevención de la obesidad, la regulación de la presión arterial y la mejora del metabolismo (Centty Rodríguez, 2022).

La avena precocida es rica en proteínas, con un 16% de su composición total, y contiene un 21,3% de fibra, de la cual el 3,3% es fibra soluble. Esta fracción soluble es especialmente notable por su contenido de betaglucanos, que ofrecen diversos beneficios nutricionales. Estos incluyen el aumento del contenido intestinal, la interferencia en la formación de micelas y la absorción de lípidos, la promoción de la excreción de esteroides y ácidos biliares, así como la inhibición de la síntesis de colesterol en el hígado gracias a la absorción del ácido propiónico (Crosa, 2014).

2.6.1.20 Precocción en autoclave

En el proceso de autoclavado, se emplean diversos medios térmicos para la transformación de los alimentos, entre los que se incluyen agua, vapor saturado, combinaciones de vapor y aire a presión, así como técnicas de pulverización y rociado con agua. Estos métodos pueden variar de acuerdo al diseño específico del equipo utilizado. Las autoclaves discontinuas más utilizados son: autoclaves verticales de carga superior, autoclaves horizontales que operan exclusivamente con agua (con o sin rotación), y autoclaves horizontales de vapor/aire sin rotación, además de los sistemas de esterilización continua. El objetivo primordial de estos procesos es lograr la esterilidad comercial, a fin de prevenir el deterioro de los alimentos. El uso de autoclaves permite un control preciso de las condiciones de cocción, lo que contribuye a garantizar una calidad uniforme en el producto final (Magro Porras, 2015).

2.6.1.21 Digestibilidad del almidón de la quinoa

Para Núñez Villacís, (2021) La digestibilidad del almidón en los cereales proviene de la amilopectina y la amilosa, y se evalúa principalmente mediante la acción de amilasas, dextrinasas

y disacaridasas. Estas enzimas hidrolizan el almidón, convirtiéndolo en monómeros de glucosa que son absorbidos directamente a través de la mucosa intestinal. La digestibilidad del almidón de cereales, que está influenciada por la estructura del gránulo nativo, presenta una disposición semicristalina compleja y muy ordenada. Entre los factores que impactan la digestibilidad y la respuesta fisiológica del almidón se encuentran el tamaño de las partículas, la estructura molecular y la relación entre amilopectina y amilosa, así como la fuente vegetal, que determina la morfología del tejido y del cristal. En general, el almidón es más resistente a la hidrólisis enzimática debido a las siguientes características: un elevado contenido de residuos de fosfato, grandes gránulos de almidón con mayor área superficial, propiedades de superficie observadas tanto in vitro como in vivo, estructura supramolecular y diferentes estructuras cristalinas (Núñez Villacís, 2021).

2.6.1.22 Digestibilidad de la proteína de la quinoa

Para evaluar la calidad proteica de los cereales, es fundamental considerar dos aspectos: el contenido de aminoácidos esenciales y su digestibilidad. Así, el valor biológico de una proteína se relaciona directamente con la composición de aminoácidos y la proporción entre ellos. Cuando estas proporciones satisfacen los requerimientos de nitrógeno, particularmente en procesos como el crecimiento y la síntesis y reparación de tejidos, el valor biológico aumenta. Además, este valor biológico también está influenciado por la capacidad de conversión de aminoácidos en diferentes tejidos, lo que implica que no es un valor fijo; se ve modificado según la especie, la edad y el estado fisiológico de cada individuo (Núñez Villacís, 2021).

2.6.2 Marco Conceptual

Quinoa: La quinoa (*Chenopodium quinoa*) es una planta herbácea nativa de la región andina de América del Sur, específicamente de países como Bolivia, Perú y Ecuador. Es conocida principalmente por sus semillas, las cuales son altamente nutritivas y se consideran una excelente fuente de proteínas, fibra, vitaminas y minerales (Ku Soria, 2017).

Nutrición: La nutrición es el proceso mediante el cual los organismos obtienen, asimilan y utilizan los nutrientes necesarios para su crecimiento, desarrollo, mantenimiento y funcionamiento óptimo(Quishpe Quishpe, 2019).

Análisis Bromatológicos: Los resultados de los análisis bromatológicos son esenciales para garantizar la seguridad alimentaria, la calidad de los productos, el cumplimiento de normativas y la información nutricional que se proporciona al consumidor. Además, ayudan en la investigación y desarrollo de nuevos productos alimentarios y en la mejora de procesos de producción(Magro Porras, 2015).

Propiedades nutricionales: Las propiedades nutricionales se refieren a las características de los alimentos que contribuyen a la salud y el bienestar del organismo. Estas propiedades están determinadas por los nutrientes que contiene el alimento y su papel en el organismo (Murillo I. et al., 2023).

Propiedades funcionales: Las propiedades funcionales de los alimentos son las características físicas y químicas que influyen en el comportamiento de los ingredientes durante la preparación, procesamiento, almacenamiento y consumo de los alimentos (García, 2024).

Solubilidad: La solubilidad es la capacidad de una sustancia para disolverse en un disolvente y formar una solución homogénea. Es una propiedad física importante en la ciencia y la industria porque determina cómo se comporta una sustancia en diferentes entornos y cómo puede usarse en diferentes aplicaciones (Villena Carrión, 2023).

Contenido de proteína: El contenido proteico de un alimento o sustancia significa la cantidad de proteína que contiene en relación con su peso o volumen total. Suele expresarse como porcentaje o gramos por ración y es un indicador importante para evaluar el valor nutricional de los alimentos, especialmente para aquellos interesados en consumir proteínas, como deportistas, vegetarianos o personas que buscan mejorar su salud (Mera Vizcaíno & Toapanta Vargas, 2016).

Precocción: La precocción es un proceso de cocción parcial de un alimento antes de su preparación o consumo final. Este proceso reduce el tiempo de cocción necesario en etapas posteriores y facilita su manipulación y preparación en casa o en la industria alimentaria(Torres & Guerra, 2003).

Autoclave: Una autoclave es un aparato que emplea presión y calor para llevar a cabo procesos térmicos y esterilizar materiales. Se emplea principalmente para eliminar microorganismos y garantizar la esterilidad de los materiales o productos en la industria alimentaria, los laboratorios y los ambientes médicos (Torres & Guerra, 2003).

Molienda: El proceso de triturar semillas o granos para convertirlos en polvo fino se conoce como trituración. Dependiendo del tipo de grano y del resultado deseado, este procedimiento se lleva a cabo en varios pasos y puede implicar varios métodos y equipos (Cusanguá Arévalo, 2019).

Deshidratado: La trituración es el proceso de triturar semillas o granos para convertirlos en polvo fino. Este proceso se lleva a cabo en varios pasos y puede utilizar una variedad de métodos y equipos según el tipo de grano y el resultado deseado (Real et al., 2002).

Harina precocida: La harina precocida es un tipo de harina que ha sido cocida parcialmente antes de ser molida se conoce como harina precocida. Como la harina cruda requiere más tiempo de cocción, este proceso facilita la preparación de productos a partir de la harina (Orgaz García, 2020).

Diseños de superficie respuesta: Es una técnica estadística que relaciona entre una o más variables dependientes y varias variables independientes se modelan y analizan mediante esta técnica estadística. Para mejorar la calidad de los productos y optimizar procesos, se emplea principalmente en el ámbito del diseño experimental (Iglesias Chérrez & Pichucho Molina, 2021).

Tiempo de precocción: El tiempo que se requiere para cocinar parcialmente un producto antes de que sea procesado o consumido. En la industria alimentaria o en la preparación de alimentos procesados, este concepto es particularmente relevante (Cervilla et al., 2012).

Temperatura de precocción: La temperatura específica a la que se lleva a cabo la cocción parcial de un alimento durante el proceso de precocción se refiere. Para alcanzar el nivel de cocción deseado y preparar el alimento alimentario, esta temperatura es esencial (Crosa, 2014).

2.7 METODOLOGÍA

La metodología se trata de la selección, exhibición y análisis de las teorías, métodos, procedimientos y conocimientos que posibilitan fundamentar el tema, explicando los antecedentes

e interpretando los resultados de la investigación; mediante la metodología se puede desarrollar la hipótesis y las variables estadísticas (Collado & Lucio, 1997).

Para la elaboración de la presente investigación se emplearon los siguientes enfoques de investigación:

La investigación se centra en estudios cuantitativos, cualitativos, descriptivos y experimentales.

2.7.1 Tipos de investigación

Los tipos de investigación que se utilizaron se detalla a continuación:

Investigación cuantitativa

La investigación se enfoca en la medición numérica, la observación del proceso se lleva a cabo mediante la recolección de datos y el análisis con el propósito de obtener respuestas a la investigación planteada. La presente estrategia se fundamenta en el análisis estadístico, la comprobación de hipótesis planteadas, así como en la medición de variables e instrumentos de investigación, empleando la estadística y el diseño experimental para la medición de parámetros (Otero-Ortega, 2018).

La presente investigación muestra un enfoque cuantitativo, para la elaboración de las harinas precocidas de dos variedades de quinoa, se utilizó factores numéricos utilizando las variables, por lo cual se pudo establecer las condiciones óptimas de la precocción de la quinoa, posteriormente se pudo realizar la determinación de la composición química.

Investigación cualitativa

El enfoque cualitativo se enfoca en caracteres, atributos, esencia, totalidad o propiedades no identificables que permitían describir, comprender y explicar de manera más eficiente los sucesos, acontecimientos y acciones del conjunto social (Paitán et al., 2014).

Para la selección de las variedades de quinoa, se tuvo que evaluar las cualidades de la planta, enfocándonos en la clase, familia, género, tiempo de producción, entre otros aspectos. Se tuvo que aplicar técnicas de precocción y deshidratación con el fin de detectar los nutrientes proteicos de la harina.

Investigación descriptiva

Se dedica a analizar las características de la población en la que se encuentra investigando, define la investigación científica como registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o ejecución de los fenómenos. El enfoque se centra en conclusiones esenciales (Alban et al., 2020).

La presente investigación se llevó a cabo de forma bibliográfica, utilizando información proveniente de fuentes confiables como artículos científicos, tesis anteriores y bibliotecas virtuales. En ella se describen las cualidades de la quinoa, incluyendo sus características botánicas, taxonomía, rendimiento de producción y utilidad del grano.

Investigación experimental

Este tipo de investigación se trata de un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), con el propósito de evaluar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente) (Alban et al., 2020).

En el presente proyecto de investigación se realizará la precocción del grano andino “quinoa” utilizando el equipo autoclave que se encuentra en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, así como se llevaron a cabo pruebas de solubilidad, humedad, densidad bruta, densidad compactada, densidad aparente, índice de hausner, higroscopicidad.

2.7.2 Técnicas

En la elaboración de la investigación se emplearon diversas técnicas como:

Observación

La técnica de observación es un método de investigación que implica los análisis de las acciones y comportamientos de individuos, grupos o fenómenos en su ambiente natural es parte de la técnica de observación. Este método puede implementarse de manera más informal y descriptiva, o de manera sistemática y controlada.(Medina et al., 2023)

Se trata de un método cualitativo recopila información a través de la observación de forma directa y sistemática, analizando cualquier evento o situación que sea relevante para los objetivos de la investigación.

Estudio correlacional

Nos ayuda a determinar la relación que existe entre dos o más variables del proyecto en investigación.

Estudio causal comparativo

Brinda la oportunidad de comprender la relación causa-efecto en función del tiempo en el que se producen, incluso se clasifican a través de estudios retrospectivos y prospectivos.

2.7.3 Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron en la presente investigación se detallan a continuación:

2.7.3.1 Materia prima

- Quinoa (*chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan
- Quinoa (*chenopodium quinoa*) INIAP Excelencia

2.7.3.2 Materiales de laboratorio

- Bandejas de papel aluminio
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Varilla de agitación
- Matraces Erlenmeyer 100 mL
- Tubo de ensayo
- Crisol de porcelana
- Pinza
- Probeta 100 ml
- Probeta 25 ml
- pinzas
- pipeta
- embudo
- caja petri

2.7.3.3 Equipos de Laboratorio

- Estufa
- Bureta
- Balanza analítica
- Fibrometro
- Refractómetro
- Extractor Soxhlet
- Desecador
- Deshidratador
- Centrifugadora
- Autoclave
- Molino Eléctrico

2.7.3.4 Reactivos

- Agua destilada
- Solución de cloruro de sodio
- Agua purificada
- Ácido sulfúrico
- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio
- Hexano o éter etílico
- Ácido sulfúrico concentrado
- Termoestable α -amilasa
- Proteasa
- Amiloglucosidasa
- Etanol (95%)
- Buffer acetato de sodio (pH 4.5)
- Acetato de sodio y ácido acético
- Sulfato de sodio anhidro

2.7.4 Metodologías utilizadas en el proyecto de investigación para caracterización bromatológica de la semilla (chenopodium quinoa) INIAP Tunkahuan

2.7.4.1 Metodología para determinar Humedad

La metodología aplicada para la determinación de humedad es AOAC gravimétrico 925.10. El método AOAC 925.10 es un procedimiento gravimétrico utilizado para determinar el contenido de humedad. Este método consiste en secar la muestra en un horno y medir la pérdida de peso, la cual se considera como el contenido de humedad de la muestra (Fuertes, 2020).

Para llevar a cabo el procedimiento se pesó 5 g de polvo (harina) y se colocó en la estufa a 105°C durante 24 horas posteriormente se retira y se colocó en el desecador aproximadamente por 30 minutos, se vuelve a pesar en una balanza analítica y se anota el porcentaje de pérdida tras presentar un peso constante, se realizó el cálculo del contenido de humedad con la siguiente ecuación, (Iglesias Chérrez & Pichucho Molina, 2021).

Ecuación 1

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

Donde:

H (%): Humedad en porcentaje de masa.

M1: Masa de la placa vacía.

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

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

2.7.4.2 Metodología para determinar Proteína

La determinación del contenido de proteína se realizó mediante el método Kjeldahl AOAC 2001.11. El procedimiento se empezó pesando 1 gramo de muestra en un matraz adecuado para digestión enzimática. A continuación, se añade 40 ml de agua destilada y 50 µL de α-amilasa termoestable. Se calienta la mezcla a 95 °C durante 30 minutos, agitando ocasionalmente. Luego, se enfría la muestra a 60 °C y se ajusta el pH a 7.5 utilizando un buffer de fosfato. Tras esto, se agregan 100 µL de proteasa y se mantiene la temperatura a 60 °C durante 30 minutos. El pH se ajusta entre 4,0 y 4,5 con ácido acético, seguido de la adición de 200 µL de amiloglucosidasa, manteniendo nuevamente la mezcla a 60 °C durante 30 minutos.

A continuación, se separaron las fracciones solubles de las insolubles al añadir 225 mL de etanol al 95% a la mezcla enzimática para precipitar la fibra soluble. La mezcla se dejó reposar durante 1 hora a temperatura ambiente y luego se filtró a través de crisoles filtrantes. Las fracciones de fibra insoluble se transfirieron a una estufa y se secan a 105 °C hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, los crisoles se enfriaron en un desecador durante 15 minutos, y se aplicaron las ecuaciones necesarias para el cálculo (Bravo et al., 2013).

Ecuación 2

$$Fibra\ Dietetica\ Total\ \% = \frac{Peso\ de\ la\ fibra\ total\ (g)}{Peso\ de\ la\ muestra\ seca\ (g)} \times 100$$

Ecuación 3

$$Fibra\ Soluble\ \% = \frac{Peso\ de\ la\ fibra\ soluble\ (g)}{Peso\ de\ la\ muestra\ seca\ (g)} \times 100$$

Ecuación 4

$$Fibra\ Insoluble\ \% = \frac{Peso\ de\ la\ fibra\ insoluble\ (g)}{Peso\ de\ la\ muestra\ seca\ (g)} \times 100$$

2.7.4.3 Metodología para determinar Fibra

Para determinar el número total de fibras se utiliza el método gravimétrico, el AOAC es 930,15. El método se desarrolló pesando una muestra de 5 gramos previamente molida y asegurándose de que todas las partículas fueran homogéneas. Para mantener una masa constante y eliminar la humedad, añadir 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% previamente calentado, llevar a ebullición durante 30 minutos, agitando ocasionalmente, filtrar y lavar con agua tibia hasta que esté libre de ácido, verificando con papel pH. Colocar el residuo filtrado en otro recipiente y añadir 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25% caliente, repitiendo los pasos anteriores. Una vez alcanzado el pH deseado, secar el residuo en una estufa a 105°C hasta obtener un peso constante. Pesar la muestra, transferirla a un crisol y calcinar en un horno a 550°C durante 3 horas. Enfriar en un desecador durante 15 minutos y pesar el residuo calcinado.(Bravo et al., 2013).

El cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 5

$$\text{Fibra cruda \%} = \frac{Mf - Mi}{PMi} \times 100$$

Donde:

Mf: Peso del residuo después de la calcinación

Mi: Peso del residuo antes de la calcinación

MPi: Peso de la muestra seca inicial

2.7.4.4 Metodología para determinar Grasa

La determinación del contenido de grasa se realizó utilizando el método 920.39 de la AOAC (Asociación de Colaboración Analítica Oficial). Para llevar a cabo este procedimiento, se pesó 5 g de la muestra. Si se detecta un alto nivel de humedad, se coloca la muestra en una estufa a 105 °C hasta que se logre un peso constante. Una vez seca, la muestra se trituro hasta obtener un polvo homogéneo, lo que facilitará la extracción de grasa. Se pesó nuevamente 5 g de esta muestra pulverizada y se transfiere a un crisol. Luego, se colocó el crisol en un extractor Soxhlet conectado a un matraz que contiene éter de petróleo como solvente. La extracción se inicia al calentar el solvente hasta que alcance su punto de ebullición; a medida que el solvente se evapora, comienza a condensarse y a gotear sobre la muestra, disolviendo completamente la grasa. Tras completar la extracción, se transfiere la mezcla de grasa y solvente a un crisol que ha sido pesado previamente. Este crisol con la grasa extraída se colocó de nuevo en la mufla a 105 °C para eliminar cualquier residuo. Después de enfriar el crisol en un desecador durante 15 minutos, se pesó nuevamente para determinar la cantidad de grasa obtenida. Por último, se calculó contenido total de grasa utilizando la ecuación correspondiente (Bravo et al., 2013).

Ecuación 6

$$\text{Contenido de grasa \%} = \frac{\text{peso de la grasa extraída (g)}}{\text{Peso de la muestra seca (g)}} \times 100$$

2.7.4.5 Metodología para determinar Cenizas

La determinación de cenizas se llevó a cabo utilizando el método gravimétrico AOAC 923.03. El proceso implicó calentar la muestra en una mufla hasta que se hayan quemado todos los materiales orgánicos, dejando únicamente los residuos minerales (Bravo et al., 2013).

A continuación, se describe el procedimiento:

Si la muestra a analizar presenta un exceso de humedad, debe secarse en una mufla a una temperatura de 105 °C durante 3 horas o hasta que alcance un peso constante. Se pesó 5 gramos de la muestra en un crisol que se tarado previamente y se colocó en la mufla. Se inicia la incineración a 550 °C y se mantuvo a esta temperatura hasta que toda la materia orgánica se haya quemado, dejando solo cenizas grises claras. Luego, se enfrió el crisol en un desecador durante 15 minutos y se pesó para confirmar que se ha eliminado toda la materia orgánica. Finalmente, se realizó el cálculo utilizando la fórmula correspondiente (Lasteros et al., 2019).

Ecuación 7

$$\text{Cenizas \%} = \frac{\text{pesos de las cenizas (g)}}{\text{peso inicial de la muestra (g)}} \times 100$$

2.7.4.6 Metodología para determinar Carbohidratos

La determinación de carbohidratos, es un método colorimétrico para detectar la presencia de carbohidratos en una muestra. Se pesó 1 gramos de muestra previamente pulverizada, disolverle en 10 ml de agua destilada, añadir de 2 a 3 gotas de reactivo α -naftol al 5 % a la solución de la muestra, se inclinó el tubo de ensayo a unos 45 grados y agregar 2ml de ácido sulfúrico concentrado que solo recorran la pared del tubo de ensayo para formar una capa debajo de la solución, se realizó con cuidado para evitar la mezcla rápida de las dos soluciones (Mollinedo & Benavides, 2014).

Para realizar los cálculos adecuados de los carbohidratos totales se detalla a continuación:

Ecuación 8

$$\begin{aligned} \text{Carbohidratos totales \%} \\ = 100 \% - (\text{agua}(\%) + \text{Proteína}(\%) + \text{grasa}(\%) + \text{fibra cruda}(\%) \\ + \text{cenizas}(\%) + \text{otros comp}(\%)) \end{aligned}$$

2.7.5 Optimización de la precocción

2.7.5.1 Metodología para determinar la solubilidad

El análisis de solubilidad de harinas se llevó a cabo para evaluar la capacidad de las proteínas y otros componentes solubles. Este procedimiento fue fundamental para comprender las características funcionales de la harina en diversas aplicaciones de la industria alimentaria. (Iglesias Chérrez & Pichucho Molina, 2021).

Para realizar la prueba de solubilidad se pesó 1 g de polvo (harina) y se colocó 100 ml de agua destilada, agitar manualmente hasta que el polvo y el agua destilada se solubilizan, transferir en tubos de centrifugación a 5260 rpm durante 5 minutos, se cogió una muestra de 25 ml del sobrenadante y se pasa a cajas petris previamente pesadas, finalmente se transfirió a una estufa a 105 °C durante 12 horas (Sangronis et al., 2004)

Ecuación 9

$$Solubilidad = \frac{(peso\ sólido\ x\ 2)}{peso\ de\ la\ muestra} \times 100$$

2.7.5.2 Metodología para determinar la proteína

Para realizar los análisis se tomó en cuenta el literal 9.4.1.2

2.7.6 Metodología utilizadas para caracterización bromatológica de la harina precocida (*chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia

2.7.6.1 Determinación de humedad

Para la determinación de humedad se tomó en cuenta el numeral 9.4.1.1

2.7.6.2 Determinación de proteína

Para realizar los análisis se tomó en cuenta el literal 9.4.1.2

2.7.6.3 Determinación fibra

Para determinar la fibra se tuvo como referencia el numeral 9.4.1.3

2.7.6.4 Determinación grasa

Para realizar los análisis de grasa se tomó en cuenta el literal 9.4.1.4

2.7.6.5 Determinación ceniza

Para el análisis de cenizas se tuvo como referencia el punto 9.4.1.5

2.7.6.6 Determinación de carbohidratos

Para realizar el análisis se tomó en cuenta el numeral 9.4.1.5

2.7.7 Caracterización de la harina precocida optimizada

2.7.7.1. Metodología para determinar higroscopicidad

Para la determinación de la higroscopicidad, se pesó 5 g de la muestra en polvo en una caja petri que había sido previamente pesada. Luego, se colocó en un desecador con una solución de cloruro de sodio que mantenía una humedad relativa del 80 %. Después de una semana, se retiraron las muestras del desecador y se volvieron a pesar con el propósito de poder aplicar la siguiente fórmula. (Iglesias Chérrez & Pichucho Molina, 2021)

Ecuación 10

$$\text{Higroscopicidad} = \frac{\text{peso final de la muestra} - \text{peso inicial de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100$$

2.7.7.2 Metodología para determinar humedad

La evaluación de la humedad en las harinas es crucial para asegurar la calidad, seguridad y conformidad con las normativas de los productos alimenticios elaborados con harina. Es fundamental que el contenido de humedad de las harinas se encuentre dentro del rango óptimo, que generalmente va de 10% a 14% (Bianco D et al., 2014).

Para llevar a cabo la metodología de humedad se puede observar en el punto 9.4.1.1

2.7.7.3 Metodología para determinar densidad aparente

Para realizar la prueba de densidad aparente se utilizó 20 g de polvo en una probeta de 25 ml, se midió el volumen del polvo para determinar la relación entre la masa y el volumen, empleando la ecuación correspondiente (Pérez Ramos et al., 2017).

Ecuación 11

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

Donde:

Da: densidad aparente.

m: masa de la muestra (g).

V: volumen de la muestra (mL).

2.7.7.4 Metodología para determinar densidad compactada

Para determinar la densidad compactada de la harina de quinoa precocida, se emplea un método diseñado para evaluar su comportamiento bajo condiciones específicas de compactación. Este método proporciona información importante sobre cómo la harina se comprime bajo presión, lo cual es crucial para analizar sus propiedades físicas y optimizar la formulación de productos en la industria alimentaria (Pérez Ramos et al., 2017).

Se pesó 20 g de polvo en una probeta graduada de 100 mL, esta es golpeada ligeramente en la mesa de trabajo 50 veces a una altura de 10 cm. Se calculó al dividir la masa del polvo entre el volumen final ocupado en la probeta finalmente calcular con la siguiente ecuación (Iglesias Chérrez & Pichucho Molina, 2021)

Ecuación 12

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

Donde:

Dc: densidad compactada.

m: masa de la muestra (g).

Vc: volumen de la muestra compactada (mL).

2.7.7.5 Metodología para determinar densidad bruta

Para realizar la prueba de densidad bruta se pesó 25 gramos de muestra pulverizada, la cual se colocó en una probeta de 100ml, colocándola en una superficie plana utilizando un embudo para que caiga la harina naturalmente una vez que se haya terminado de pasar por el embudo la harina se le igualo con una espátula para nivelar la superficie de la harina y así se retiró el exceso sin ser compactada finalmente se aplicó la siguiente ecuación (Vicuña del Río, 2013).

Ecuación 13

$$\text{Densidad Bruta} = \frac{\text{masa de la harina (g)}}{\text{volumen del recipiente (mL)}}$$

2.7.7.6 Metodología para determinar índice de Hausner

El índice de Hausner se calculó teniendo en cuenta el volumen aparente y el volumen comprimido del material. Este índice fue fundamental para evaluar las propiedades de flujo y compresibilidad de una muestra, ofreciendo un indicador clave para entender su comportamiento durante la producción y el almacenamiento. Un valor bajo en el índice de Hausner indicaba buenas propiedades de flujo y compresibilidad, aspectos cruciales para garantizar un proceso eficiente y la calidad óptima del producto final. (Iglesias Chérrez & Pichucho Molina, 2021).

Ecuación 14

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

Donde:

IH = Índice de hausner

Dc= Densidad compactada

Da= Densidad aparente

2.7.7.7 Metodología para determinar ángulo de reposo

Para determinar el ángulo de reposo de la harina de quinoa precocida, se pesó 500 gramos de muestra pulverizada, se utilizó una superficie plana y con un embudo a 25 cm de altura se dejó caer la harina naturalmente cuando finalizo el proceso se utilizó dos reglas para coger la medida exacta de la altura del cono terminado y una cinta métrica para determinar el diámetro del cono finalmente se aplica la siguiente ecuación para obtener los resultados (Villena Carrión, 2023).

Ecuación 15

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

Donde:

Θ : ángulo de reposo

tan-1: tangente

h: altura del cono

r: Radio de cono

2.7.8 Descripción del proceso de la elaboración de la harina precocida de quinoa

A continuación, se detalla los pasos a seguir para la elaboración de la harina precocida de quinoa.

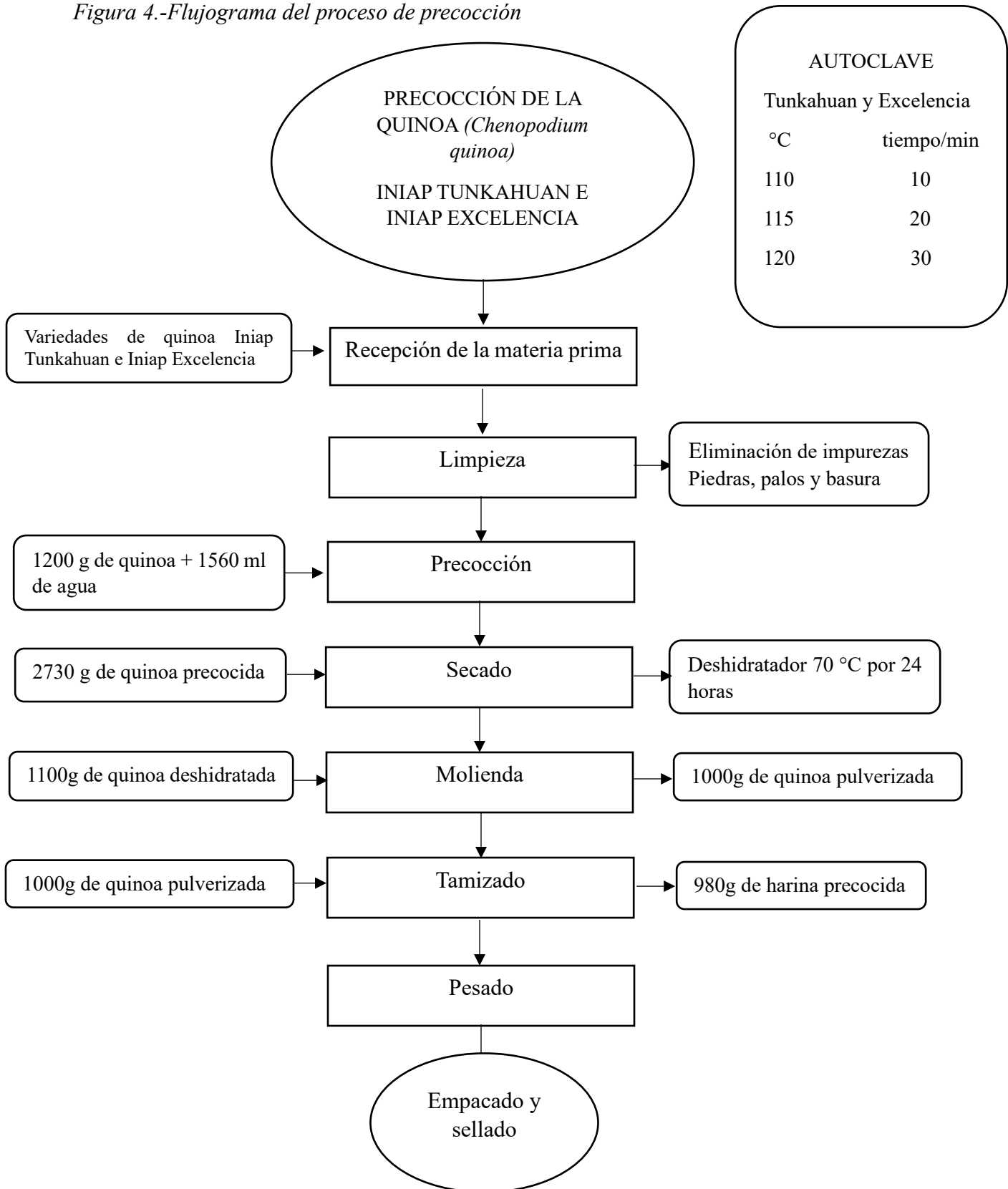
Se adquirieron las dos variedades de estudio (*chenopodium quinoa*) variedad INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia, en la Estación de Santa Catalina de Tambillo, se precedió a llevarlo al área de trabajo dentro de los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la facultad de CAREN. Se iniciaron los procedimientos al recibir la materia prima, poniendo atención a la calidad de los granos, asegurándonos de que no estuvieran curados y que fueran aptos para análisis y el consumo humano. Luego, se realizó una limpieza exhaustiva, que es fundamental para asegurar que las variedades estén libres de impurezas como palos y piedras antes de someterlas a una precocción. Se llevaron a cabo ensayos de precocción en la autoclave del laboratorio, se utilizó 1 kg de materia prima por 260 ml de agua destilada en un envase de vidrio resistente a altas temperaturas, al momento de añadir el agua en el envase con la muestra se agüita ligeramente hasta mezclar por completo y se tapa, los experimentos incluyeron diferentes temperaturas (110 °C, 115 °C y 120 °C) y tiempos de precocción (10, 20 y 30 minutos). Al finalizar la precocción, se retiraron las muestras y se colocaron en bandejas forradas con papel aluminio, que luego se pusieron en un deshidratador a 70 °C durante 24 horas. Al concluir esta etapa de secado, se pesaron nuevamente las muestras para evaluar la pérdida de peso durante el proceso de deshidratación.

A continuación, se realizó la etapa de pulverizado o molienda, en la que se tomó en cuenta el orden, la variedad, la temperatura y el tiempo de precocción, utilizando un molino eléctrico. Después, las harinas se tamizaron con un tamiz número 100 (150 micrones), para eliminar los grumos que no se pudieron pulverizar, y se volvió a pesar para verificar si había habido una disminución en la cantidad del producto. Finalmente, se realizó el envasado y sellado de las muestras en bolsas herméticas, clasificándolas por nombre de variedad, temperatura, tiempo, fecha de elaboración y los nombres de los autores responsables de la investigación (Cerón-Fernández et al., 2016).

2.7.8.1 Flujograma de la precocción de la quinoa

En la figura 4 se presenta el flujograma del proceso de precocción por autoclave de la quinoa.

Figura 4.-Flujograma del proceso de precocción



2.8 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS

2.8.1 Hipótesis nula

La temperatura y el tiempo de precocción no influye de manera significativa en la solubilidad de la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido.

2.8.2 Hipótesis alternativa

La temperatura y el tiempo de cocción si influye de manera significativa en la solubilidad de la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido.

2.9 Diseño Experimental

2.9.1 Descripción del diseño experimental

El análisis estadístico, experimental y de datos se llevó a cabo utilizando el software Design Expert (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE. UU.). En el desarrollo del diseño experimental, se aplicó un modelo de optimización numérica mediante un diseño de superficie de respuesta IV óptimo, con el objetivo de formular ecuaciones matemáticas que representen las tendencias observadas en las condiciones del proceso.

Se tomará en cuenta las condiciones de temperatura (X_{TP}) y tiempo (X_{PP}).

En la tabla 11 muestra los intervalos de estimación para los factores evaluados, son: temperatura (X_{TP}) y tiempo (X_{PP}), mientras que el rendimiento de solubilidad y proteína es la variable respuesta de las dos variedades de quinoa

Tabla 11.- Condiciones experimentales para el diseño de experimentos para la precocción de quinua variedad Tunkahuan y Excelencia.

Factor	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Temperatura	A	°C	Numérico	Discreta	110	120
Tiempo	B	min	Numérico	Discreta	10	30

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

2.9.2. Corrida experimental

En las siguientes tablas se muestra la combinación utilizada para el tratamiento correspondiente al diseño experimental de la precocción de quinoa de la variedad Tunkahuan y variedad Excelencia,

empleando el software Design Expert 8.0.6 y aplicando un diseño de superficie de respuesta IV óptimo. Se llevaron a cabo 16 experimentos con diversas variables, incluyendo temperaturas de 110 °C, 115 °C y 120 °C, así como tiempos de precocción de 10, 20 y 30 minutos, los cuales se detallan a continuación."

La Tabla 12 muestra las corridas experimentales generadas del diseño de superficie respuestas IV Óptimo, las cuales fueron utilizadas para la experimentación en el desarrollo de la investigación.

Tabla 12.- Corridas experimentales para la precocción de quinua variedad Tunkahuan.

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

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2014)

2.9.3 Cuadro de variables

En la tabla 13 representa la variable dependiente, la variable independiente, los indicadores y dimensiones para la obtención de una harina precocida de quinua variedad Tunkahuan y variedad Excelencia.

Tabla 13.- Cuadro de variables.

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores	UM
Obtención de la harina precocida de quinoa variedad (Tunkahuan y Excelencia)	Temperatura (°C)	Solubilidad	%
	Tiempo (min)	Proteína	%
		Análisis bromatológicos	%
		Densidad aparente	g/ml
		Densidad compactada	g/ml
		Índice de Hauser	%
	Higroscopia		
	Angulo de reposo		

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

2. 10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.10.1 Variedad Tunkahuan

2.10.1.1 Determinación de composición bromatológico de la semilla de quinoa (*chenopodium quinoa*) variedad INIAP Tunkahuan

La tabla 14 indica la composición nutricional de la semilla (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan

Tabla 14.- Composición química proximal de la quinoa (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan

Indicador	Media
Carbohidrato (% m/m)	59,70
Grasa (% m/m)	6,07
Proteína (% m/m)	15,84
Humedad (% m/m)	10,18
Ceniza (% m/m)	2,02
Fibra (% m/m)	6,19

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

En los análisis de humedad realizados a la variedad de quinoa Tunkahuan, se determinó un porcentaje del 10,18%. Al compararlo con la normativa ecuatoriana 1673:2023, que establece un

límite máximo de humedad de 13,5%, se concluye que el pseudocereal se encuentra dentro del rango permitido. Las investigaciones mencionadas por Pincay Bayas (2022) reportan un porcentaje de humedad de 57,08%. Las variaciones en los niveles de humedad entre los tratamientos se pueden atribuir a la capacidad de las partículas proteicas para retener agua. Además, se ha encontrado que los granos de quinoa poseen propiedades higroscópicas, lo que les permite absorber o liberar humedad en función de las condiciones ambientales (Pincay Bayas, 2022).

En cuanto al análisis de cenizas en la semilla de quinoa Tunkahuan, se obtuvo un resultado del 2,02%. Al compararlo con la normativa ecuatoriana 1673:2023, que establece un límite máximo de cenizas del 3,5% para este pseudocereal, se concluye que los valores obtenidos están dentro de lo permitido. Según Bonamino et al. (2009), la ceniza se refiere al residuo inorgánico que queda tras la incineración de la materia orgánica bajo condiciones específicas. Este contenido máximo de cenizas sugiere que la quinoa contiene una cantidad significativa de minerales esenciales, como calcio, magnesio, hierro y zinc, entre otros.

La variedad Tunkahuan de quinoa presenta un contenido proteico del 15,84%, que supera el mínimo del 10% requerido por la normativa ecuatoriana NTE INEN 1673:2023, indicando que cumple con los estándares establecidos. Mollisaca Mamani et al. (2021) reportan que el contenido de proteínas en la quinoa puede variar entre 13,81% y 21,9% dependiendo de la variedad. Gracias a su alto contenido de aminoácidos esenciales, la quinoa es el único alimento vegetal que proporciona todos los aminoácidos necesarios, convirtiéndola en una fuente nutritiva que satisface los estándares establecidos por la FAO.

El análisis del contenido de grasa en la variedad Tunkahuan mostró un porcentaje del 6,07%, cumpliendo con la normativa ecuatoriana 1673:2023, que establece un mínimo del 4%. Esto indica que el pseudocereal está dentro del rango aceptable. En promedio, los granos de quinoa tienen un contenido de grasa del 5,68%, mientras que estudios en la región andina han reportado variaciones entre 3,67% y 8,92%. Además, los granos de quinoa son una valiosa fuente de ácidos grasos omega, incluyendo ácido oleico (omega 9), ácido linoleico (omega 6) y ácido linolénico (omega 3), en proporciones que oscilan entre 21,1% y 26,04% (Larico Vera, 2014).

Aunque la quinoa contiene más grasa en comparación con otros cereales, esto no implica que sea un alimento rico en grasas de forma negativa; al contrario, se trata de grasas de alta calidad y poliinsaturadas, que son esenciales para el organismo, ya que este no puede producirlas por sí mismo (Cervilla et al., 2012).

Los análisis del contenido de fibra en la variedad Tunkahuan han determinado un porcentaje del 6,19%. Según la normativa ecuatoriana 1673:2023, el contenido mínimo de fibra para la quinoa debe ser del 3%, por lo que este pseudocereal cumple con dicho estándar. Es importante señalar que el contenido de fibra en la quinoa puede variar según su estado; por ejemplo, en estado crudo, el grano andino presenta un porcentaje de fibra de 14,74%, según un experimento realizado en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (Cervilla et al., 2012). La quinoa contiene fibra soluble e insoluble que favorece el tránsito intestinal y ayuda a prevenir el estreñimiento. Además, presenta un bajo índice glucémico, lo que la convierte en una opción ideal tanto para personas diabéticas como para aquellas que buscan perder peso. Asimismo, contiene flavonoides como quercetina y kaempferol, que son potentes antioxidantes capaces de combatir los radicales libres asociados con el cáncer. Estos compuestos también poseen propiedades antiinflamatorias, antialérgicas, antibióticas, antidiarreicas y antidepresivas. Además, su alto contenido de magnesio contribuye a reducir las migrañas al relajar las paredes de los vasos sanguíneos (Moposita et al., 2023).

Por último, los análisis del contenido de carbohidratos en la variedad Tunkahuan revelan un porcentaje del 59,70%. Según la normativa ecuatoriana 1673:2023, el contenido mínimo de carbohidratos totales debe ser del 65%, lo que indica que este pseudocereal no cumple con dicho estándar. Sin embargo, la quinoa es un alimento altamente energético, con un considerable contenido de carbohidratos que alcanza los 74 gramos por cada 100 gramos de peso seco. De esta cantidad, entre el 50% y el 60% se compone de almidón, que se forma aproximadamente por un 20% de amilosa y un 80% de amilopectina, resultando en un contenido total de carbohidratos del 64,20% (Campos-Rodríguez et al., 2022).

Varios estudios realizados por Argüello et al. (2013) han indicado que la atención a los carbohidratos ha cobrado una importancia creciente en el control glucémico, con el fin de reducir la morbilidad y mortalidad por complicaciones asociadas a la diabetes. Este aspecto ha cobrado mayor relevancia tras el Estudio Prospectivo de Diabetes del Reino Unido en personas con diabetes mellitus tipo 2. Según las recomendaciones y las intervenciones nutricionales más recientes de la Asociación Americana de la Diabetes, el control de la glucosa en sangre es un objetivo fundamental en el manejo de la diabetes. Las personas con diabetes presentan deficiencias en la acción de la insulina, en su secreción, o en ambos aspectos, lo que afecta la regulación de la glucosa posprandial al consumir carbohidratos. La cantidad y el tipo de carbohidratos que se ingieren son factores determinantes de los niveles de glucemia (Argüello et al., 2013).

2.10.1.2 Optimización de solubilidad y proteína de la harina precocida (*Chenopodium quinoa*) Iniap Tunkahuan

En la tabla 15 se presenta el modelo de superficie de respuesta para la optimización, considerando la solubilidad de la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido. Se realizaron un total de 16 corridas experimentos por variedad, evaluando dos factores distintos, que son los tiempos de 10, 20 y 30 minutos, y las temperaturas de 110 °C, 115 °C y 120 °C, que fueron fijadas para el proceso de precocción.

Tabla 15.- Matriz experimental y valores de solubilidad y proteína de la harina precocida (*Chenopodium quinoa*) Iniap Tunkahuan

<i>CORRIDAS</i>	<i>TEMPERATURA</i> (°C)	<i>TIEMPO (MIN)</i>	<i>SOLUBILIDAD</i> (%)	<i>PROTEÍNA (%)</i>
1	115	10	7.12	12.12
2	120	10	8.34	10.31
3	115	20	8.59	11.26
4	120	20	9.23	9.32
5	115	20	8.54	11.13
6	120	30	10.12	8.12
7	110	30	8.67	11.55
8	115	20	8.45	11.18
9	120	20	9.31	8.67
10	115	30	9.38	10
11	115	20	8.28	11.06
12	110	10	6.14	13.01
13	115	30	9.41	10.45
14	110	20	7.65	12.53
15	110	20	7.49	12.49
16	110	10	6.35	13.04

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

En la investigación se obtuvieron los resultados de solubilidad y proteína de acuerdo a las 16 corridas experimentales que se observa en la tabla 15 cada una con combinaciones específicas de los factores temperaturas y tiempos que a diferentes corridas experimentales afecta la solubilidad de la harina precocidad y la proteína del grano precocida. Se observa en la variedad Tunkahuan de la corrida 7 a 110 °C, por 10 minutos, con una solubilidad de 8,67 % y con un contenido proteico de 11,55 %, estos resultados subrayan la importancia de ajustar los factores de dichas corridas experimentales para optimizar las condiciones de codificación de solubilidad y proteína.

En las harinas precocidas de quinoa Tunkahuan, se encontró una solubilidad del 8,67 % en la corrida 7 a una temperatura de 110 °C durante 10 minutos. En el proceso de precocción, la harina se calienta con agua, lo que provoca la gelatinización del almidón y determina la capacidad de absorción de agua de los componentes del material. Esto facilita la determinación de las condiciones de procesamiento más óptimas para conseguir una hidratación y solubilización eficientes, así como el desarrollo de una textura viscoelástica, elementos esenciales en la producción de harinas precocidas. (Cerón-Fernández et al., 2016)

El porcentaje de proteína del grano precocido de la variedad Tunkahuan alcanzó un contenido proteico del 11,55%. El proceso de la precocción contribuye a la desnaturalización de las proteínas, lo que mejora su digestibilidad, ya que estas son muy sensibles al calor. Cuando se alcanzan temperaturas superiores a 60 °C, se producen cambios en la estructura nativa de la proteína, lo que permite diversas reacciones químicas tanto dentro de la molécula proteica, además de interactuar con los carbohidratos, especialmente con los azúcares.(Cerón Fernández et al., 2016)

2.10.1.3 Modelo codificado para la solubilidad Iniap Tunkahuan

La tabla 16 presenta los parámetros del modelo codificado de solubilidad de la harina precocida (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan

Tabla 16.- Parámetros del modelo codificado para la solubilidad

Indicador	Modelo codificado
Intercepto	8,37
X_{TP}	0,89*
X_{PP}	1,09*
R^2	0,9833
R^2 ajustado	0,9807
F modelo	382,93*
F falta de ajuste	2,73

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

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

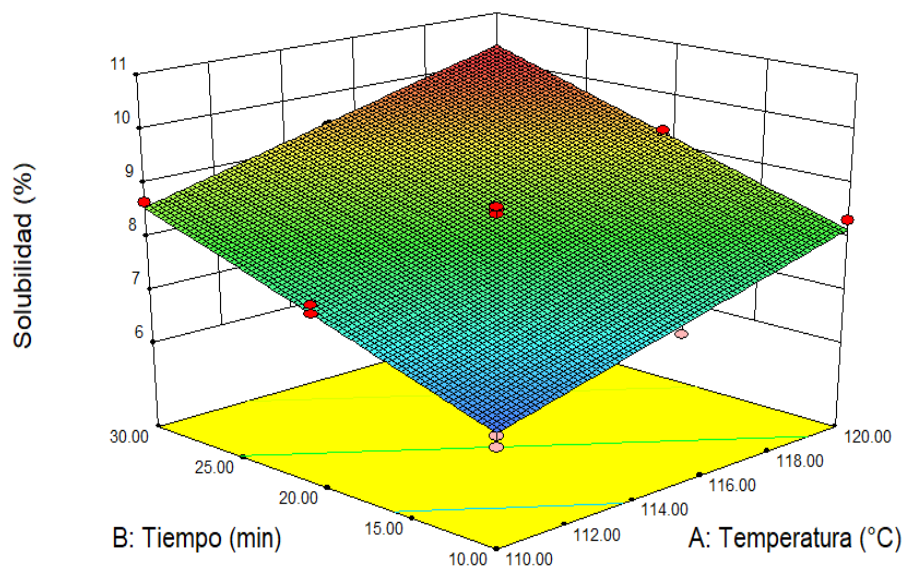
Se ajustó un modelo lineal que proporciona información clave sobre la solubilidad de la harina precocida en función de varios factores. El intercepto, establecido es de 8,37, representa la solubilidad esperada cuando todas las variables independientes son iguales a cero. A medida que aumentan las variables independientes, como la temperatura (X_{TP}), y el tiempo (X_{PP}), se incrementa la solubilidad de la harina precocida Tunkahuan. El valor F del modelo lineal, que es de 382,93, sugiere su significancia, mientras que la falta de ajuste de 2,73 también es relevante, lo que indica que se puede considerar significativo el modelo matemático aplicado en esta investigación.

Según Naranjo, (2017) se encontraron valores de solubilidad de 6,4% y 7,7% en muestras de harina de quinoa precocidas a 110°C y 120°C respectivamente de acuerdo con nuestros resultados la harina se encuentra dentro del rango. Dussán et al., (2019), menciona que la solubilidad está

directamente relacionada con la cantidad de sólidos que se disuelven en el agua, lo cual a su vez está vinculado con el nivel de secado de la harina. El tiempo de precocción es crucial, ya que un secado prolongado puede romper las cadenas de almidón, formando cadenas más cortas que retienen más agua, lo que disminuye la cohesión y la plasticidad de las mezclas. Aunque el secado a altas temperaturas es más eficiente, puede afectar negativamente la calidad del producto en términos de color, funcionalidad y rendimiento al momento de reconstituir la harina.

En la figura 5 muestra una representación de superficie respuesta del modelo codificado para la solubilidad de la harina precocida Tunkahuan, considerando las variables de temperatura (X_{TP}), tiempo (X_{PP}), coeficiencia de correlación del proceso (R^2), coeficiente de correlación ajustado (R^2), F modelo y F falta de ajuste. Este análisis visual ofrece una comprensión detallada de cómo estos parámetros clave influyen en la solubilidad de la harina. Al examinar la figura 5 se puede observar la dinámica de la solubilidad en el tratamiento más efectivo, revelando una tendencia donde a mayor temperatura y tiempo se obtiene mayor solubilidad. Esta información proporciona datos valiosos para la optimización del proceso de precocción de la harina

Figura 5.- Modelo codificado para la solubilidad harina precocida Tunkahuan.



Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

2.10.1.4 Modelo codificado para el contenido de proteína Iniap Tunkahuan

En la tabla 17 se puede observar los parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína en el grano precocido.

Tabla 17.- Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína del grano precocido.

Indicador	Modelo codificado
Intercepto	11,16
X_{TP}	-1,64*
X_{PP}	-0,92*
$X_{TP} X_{PP}$	-0,20
X_{TP}^2	-0,42
X_{PP}^2	0,0813
R^2	0,9865
R^2 ajustado	0,9797
F modelo	145,72*
F falta de ajuste	0,76

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

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

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

En cuanto al modelo cuadrático expuesto, el intercepto es 11,16 lo que indica el contenido de proteínas en el grano precocido de la quinoa variedad Tunkahuan cuando las variables temperatura (X_{TP}) y tiempo (X_{PP}) son igual a cero. Tanto la temperatura de precocción (X_{TP}) y tiempo de precocción (X_{PP}) resultan ser significativamente relevantes. la intercepción ente el tiempo y temperatura de precocción $X_{TP}X_{PP}$ sugiere que aumenta la temperatura (X_{TP}) y el tiempo (X_{PP}) de precocción, se produce una considerable de proteína del grano precocido, obteniendo una relación inversa con el contenido de proteína.

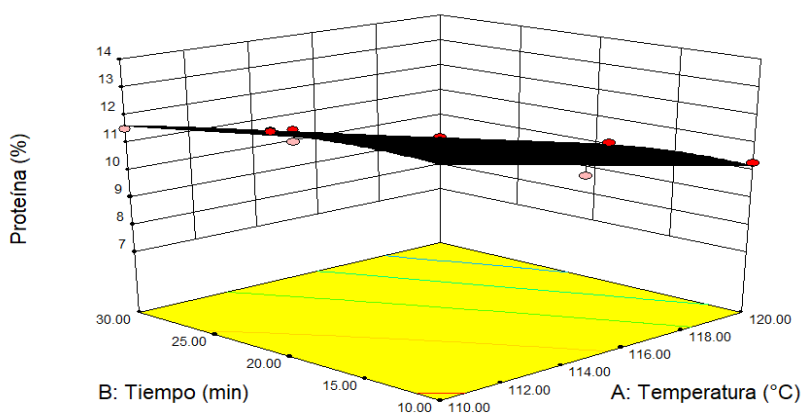
Los coeficientes negativos X_{TP} y X_{PP} , indican que existe una relación inversa entre la temperatura y el tiempo de precocción $X_{TP}X_{PP}$ y en el contenido de proteínas del grano precocido, además el coeficiente asociado con el tiempo de precocción muestra una mayor influencia en el modelo

matemático planteado. El modelo cuadrático exhibe un alto nivel explicativo, con una R^2 del 0,9865, sin embargo R^2 ajustado bajo sugiere que el modelo cuadrático no se adapta perfectamente a los datos observados.

El grano de quinoa precocido presentó un contenido proteico del 11,55%, un valor que, aunque ligeramente superior, se encuentra dentro del rango establecido por la norma INEN 3240, que estipula un mínimo del 10%. Sin embargo, es importante señalar que este resultado puede fluctuar según la duración del proceso de precocción. La disminución en el contenido de proteínas puede ser atribuida al proceso de precocción, ya que estos métodos de cocción impactan la biodisponibilidad de los nutrientes y pueden provocar su pérdida durante la preparación. Además, se señala que el contenido proteico puede variar entre 7,5 % y 22 %, destacando que, más allá de la cantidad, lo verdaderamente importante es la calidad de la proteína. (Quishpe 2019)

En figura 6, se puede observar el contenido de proteína del grano precocido de la quinoa Tunkahuan, donde expone la relación de el coeficiente X_{PP^2} y el coeficiente X_{TP^2} sobre el rendimiento de proteínas es que a mayor temperatura (X_{TP}) y a mayor tiempo (X_{PP}) de precocción del grano mayor será la pérdida de proteínas.

Figura 6.- Rendimiento del modelo codificado para el contenido de proteína en la harina precocida Tunkahuan.



Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

2.10.1.5 Optimización del rendimiento de solubilidad de la harina precocida y contenido proteico del grano precocido

En la tabla 18 y 19 se detalla la optimización y las condiciones experimentales del rendimiento de solubilidad de la harina precocida y contenido proteico del grano precocido Iniap Tunkahuan

Tabla 18.- Optimización del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido de la variedad Tunkahuan.

	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)	Deseabilidad
1	111	30	9	11	0.666

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

Tabla 19.- Optimización experimental del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido de la variedad Tunkahuan

	Optimizado	Experimental
Solubilidad	9%	8,85 % aprox.9%
Proteína	11 %	11,23 % aprox.11%
Deseabilidad	0,666	-

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

Las condiciones ideales para la optimización de la harina precocida de (*chenopodium quinoa*) Iniap Tunkahuan, las condiciones óptimas se presentan (X_{TP}) 111 °C y (X_{PP}) 30 minutos obteniendo así una solubilidad de 9% y un porcentaje de proteína del grano precocido del 11% con la deseabilidad global presenta un valor de 0,666, indica una cálida de optimización.

Las optimizaciones experimentales se realizaron por duplicado con el fin de determinar las condiciones óptimas. Se logró una solubilidad de la harina precocida del 9% y un contenido proteico del grano precocido del 11%. La deseabilidad total obtenida fue de 0,666.

La relación entre la temperatura y el tiempo de la harina preconocida afecta de manera positiva a la solubilidad, se puede entender a través de los cambios físico-químicos que se producen durante el tratamiento térmico. Uno de los factores que contribuyen a la mejora de la solubilidad es la desnaturalización de las proteínas, que ocurre a altas temperaturas. Este proceso expone más sitios hidrofílicos en las proteínas, facilitando su interacción con el agua y, por lo tanto, aumentando la

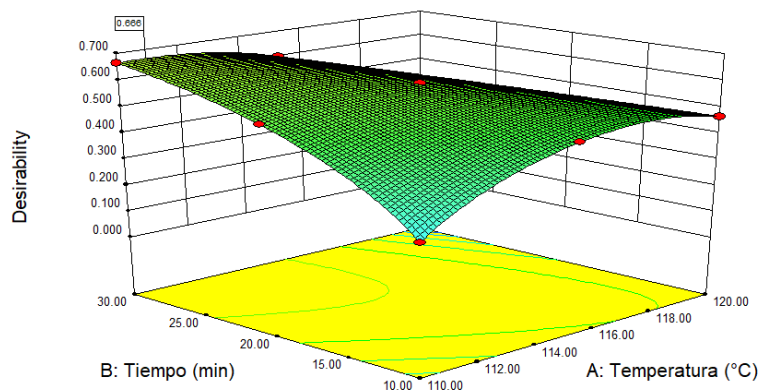
solubilidad. Además, compuestos solubles como azúcares y ciertos minerales también se disuelven más fácilmente, lo que incrementa la solubilidad global del producto. (Eliasson, 2010)

Por otro lado, a medida que aumentan la temperatura y el tiempo de cocción, se produce una mayor pérdida de proteínas. Sin embargo, a temperaturas elevadas, las proteínas tienden a desnaturalizarse sin necesariamente degradarse o perder su valor nutricional. De hecho, este proceso puede hacer que las proteínas sean más accesibles y más fáciles de digerir, lo que ayuda a preservar su contenido nutricional. Además, las altas temperaturas pueden inactivar las enzimas proteolíticas responsables de descomponer las proteínas, lo que reduce su susceptibilidad a la degradación durante el procesamiento. También es posible que se formen redes de proteínas desnaturalizadas que protejan a las proteínas de la pérdida durante este proceso. (Navarro-Perez et al., 2017)

En una escala de deseabilidad que va desde el 1, que representa la máxima aceptación, al 0, que indica la mínima, un puntaje de 0,666 sugiere que la harina precocida de quinoa tiene una aceptabilidad bastante alta. Esto indica que la calidad de la harina es bastante favorable en comparación con otros productos o criterios establecidos. Este valor de deseabilidad está vinculado a atributos sensoriales como el sabor, la textura y la apariencia; así que, un 0,666 puede señalar que la harina cumple adecuadamente con las expectativas y normas que se consideran deseables en una buena harina precocida de quinoa (Damodaran et al., 2007).

En la figura 7 presenta el diseño de superficie de respuesta para la optimización de la solubilidad y el contenido de proteínas en la harina precocida INIAP Tunkahuan, indicando una deseabilidad de 0,666. Se destaca que, dado que la deseabilidad se considera óptima hasta alcanzar un valor de 1, los productos finales obtenidos con esta puntuación son prácticamente perfectos. En cambio, si la deseabilidad desciende por debajo de 0,555, no sería posible lograr un producto de alta calidad.

Figura 7.- Diseño superficie respuesta de la optimización de la solubilidad de la harina precocida y proteína del grano precocido Tunkahuan



Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

2.10.1.6 Determinación nutricional de la harina precocida (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan

En la siguiente tabla se indica la composición bromatológica de las harinas precocidas (*Chenopodium quinoa*) Tunkahuan.

Tabla 20.- Composición química proximal de la variedad de la harina precocida de quinoa (*Chenopodium quinoa*) INIAP TUNKAHUAN

Indicador	Media
Carbohidrato (% m/m)	59,76
Grasa (% m/m)	6,71
Proteína (% m/m)	21,08
Humedad (% m/m)	3,28
Ceniza (% m/m)	2,84
Fibra (% m/m)	6,33

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

Los análisis nutricionales realizados en la harina precocida de quinoa (*Chenopodium quinoa*) son los siguientes:

Los análisis de la harina precocida de la variedad tunkahuan mostro que contiene una humedad de un 3,28%. El valor promedio establecido por la normativa ecuatoriana INEN 3240 es de 13,5 %, lo que nos indica que el porcentaje de humedad de dicha variedad está dentro del rango establecido. Quishpe, (2019) menciona, que el valor promedio debe ser de 7,29%, para las harinas precocidas.

El contenido de humedad es uno de los parámetros más relevantes en la regulación de la calidad de los granos y sus productos derivados, lo que resalta la importancia de su medición mediante métodos confiables. Este factor también afecta de manera crucial la conservación y la resistencia al deterioro. En la cadena productiva de la agroindustria, el monitoreo del contenido de humedad comienza con la cosecha y se extiende a través de las etapas de recepción, secado, almacenamiento, transporte, transformación, empaque y, finalmente, hasta la disposición del producto al consumidor (Bianco D et al., 2014).

Los resultados mostraron que la variedad tiene un 2,77% de cenizas. Según la normativa INEN 3240, el porcentaje de cenizas no debe superar el 3 %, lo que indica que la variedad de harina precocida cumple con lo establecido por la normativa ecuatoriana. El porcentaje de cenizas obtenido en el desarrollo de Pérez et al., (2013), fue de un 2,35 %, tomando en cuenta la Normativa INEN 3240 este valor va muy parejo a lo establecido.

La determinación del contenido de cenizas en las harinas precocidas es fundamental por varios motivos. En primer lugar, ayuda a asegurar la pureza de los diferentes ingredientes utilizados en la fabricación de alimentos agroindustriales. Además, el contenido de cenizas está relacionado con el tipo de molienda y el grado de refinamiento de los pseudocereales. Este análisis proporciona información valiosa sobre la calidad de la harina, así como sobre su composición mineral, lo que puede influir en su comportamiento durante el procesamiento y en las características del producto final (Enríquez & Ojeda Caiza, 2020).

La variedad Tunkahuan mostró un 6,71% de grasa. De acuerdo con la normativa INEN 3240, establece un porcentaje de grasa de un mínimo de 4% lo que indica que la variedad de harina cumple con los requisitos establecidos por la normativa ecuatoriana. Según Rondan, (2019), el porcentaje de grasa de harinas precocidas que se obtuvo en el experimento realizado fue de 8,13%,

cabe recalcar que contienen grasas saludables, destacando que la grasa presente en la quinoa incluye omega-3 y omega-6, las cuales son beneficiosas para la salud.

El análisis de la harina precocida de la variedad Tunkahuan mostró un contenido de proteína del 21,08%. De acuerdo con la norma INEN 3240, el porcentaje mínimo requerido de proteína para este tipo de harina es del 10%, lo que indica que la harina no solo cumple, sino que supera este umbral establecido, manteniéndose así dentro del rango permitido según la normativa. Según los análisis bromatológicos realizados por la autora Quishpe, (2019), se encontró que la harina precocida de quinoa contiene un 15.02% de proteína, lo cual supera ligeramente el valor esperado de acuerdo la normativa ecuatoriana

De acuerdo con Paredes (2023), las proteínas, al ser expuestas a tratamientos térmicos o químicos, pueden liberar péptidos con actividad biológica que ayudan en la prevención de enfermedades degenerativas. Estos péptidos antioxidantes se originan durante la digestión de proteínas, tanto de origen vegetal como animal, y son eficaces en la inhibición del daño oxidativo. Actúan como antioxidantes naturales en los alimentos o previenen la oxidación celular tras su ingesta.

Los análisis de carbohidratos revelan un contenido del 59,76%, la normativa INEN 3240, menciona que el porcentaje mínimo de carbohidratos requerido es del 65%, lo que indica que esta harina no cumple con los estándares establecidos por la normativa ecuatoriana. Los análisis bromatológicos realizados por Urbina et al., (2023), determino que la harina precocida de quinoa contiene un 67,21% , superando ligeramente los valores establecidos, Un contenido reducido de carbohidratos en las harinas puede ofrecer varios beneficios para la salud, incluyendo un mejor control del peso y una reducción del riesgo de enfermedades crónicas. En general, las harinas con menor cantidad de carbohidratos son consideradas una opción más saludable.

2.10.1.7 Caracterización de las pruebas físicas para el rendimiento de la harina precocida de (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan óptima

En la tabla 21, se muestran las características de la harina óptima, la cual se obtuvo mediante un tratamiento a una temperatura de 110 °C durante un tiempo de 30 minutos, condiciones que facilitaron un mayor rendimiento y eficacia en el proceso.

Tabla 21.- Caracterización de las harinas precocidas optimas

PARÁMETRO	UM	INIAP TUNKAHUAN
Densidad bruta	(g/mL)	0,56
Densidad Compactada	(g/mL)	0,83
Índice de Hausner	%	1,57
Hidroscopia	%	0,13
Angulo de reposo		16,32

Fuente (Amanta & Chicaiza, 2024)

La densidad bruta de la harina analizada alcanzó un valor de 0,56 g/ml, lo cual es considerablemente inferior al 0,641 g/ml reportado por Malik et al. (2021) para la misma harina. Esta discrepancia de aproximadamente 0,12 g/ml indica que la harina presenta una densidad aparente significativamente mayor que la harina precocida de quinoa. Comprender este aspecto de la densidad es crucial, ya que permite calcular costos y evaluar el rendimiento del producto.

Los valores registrados para la densidad compactada de la harina precocida oscilaron en torno a 0,83 g/ml. Estos resultados son comparables y ligeramente superiores a los reportados por Zavala Rodríguez (2019), quien documentó una densidad compactada de 0,66 g/ml. A pesar de que la diferencia es mínima, sugiere que la densidad compactada de la harina precocida se encuentra en un rango levemente superior en comparación con la harina mencionada.

Se determinó que la densidad bruta obtenida en la harina de quinoa variedad tunkahuan es baja con un 0,56 g/ml y la densidad compactada es de 0,83 g/ml.

Una alta densidad bruta generalmente sugiere que la harina presenta una mayor compactación de sus partículas, esto puede dar lugar a una textura más densa y menos aireada en productos finales como panes y pasteles. Esta característica puede ser deseable para lograr una textura más firme o compacta en ciertos productos, aunque también puede limitar la capacidad de absorción de líquidos de igual manera mezclas tienden a ser más estables durante el almacenamiento y manejo, lo que facilita su transporte y conservación. Por último, la densidad elevada puede afectar el rendimiento de la harina en la elaboración de productos por el contenido bajo de volumen (Aderinola, 2016)

Las harinas con baja densidad bruta y compactada tienden a generar productos más ligeros y aireados, lo cual es especialmente deseable en ciertos tipos de repostería Bourne, (2002) manifiesta que estas harinas tienen una mayor capacidad de absorción de líquidos, lo que puede ser ventajoso en productos que requieren retener más humedad. Sin embargo, también pueden ser más volátiles y propensas a dispersarse, lo que podría dificultar su manejo. Por otro lado, estas características pueden resultar en mezclas que producen un mayor volumen, lo cual es beneficioso para aquellos productos que necesitan expandirse durante la cocción (Aderinola, 2016).

El análisis del índice de Hausner arrojó un resultado de 1,57%. Este valor sugiere que los polvos analizados presentan una mejor fluidez y una menor tendencia a la aglomeración en comparación con los polvos estudiados por Santhalakshmy (2015), que reportó valores del índice de Hausner entre 1,49% y 1,74%. Estos últimos reflejan una compresibilidad de los polvos que varía de moderada a alta, lo que indica una mayor propensión a la aglomeración y una fluidez reducida.

El porcentaje mínimo del índice de hausner es de 10 % y como máximo de 50%, un alto índice de hausner indica que la harina posee una mayor capacidad para absorber agua. Esta característica resulta ventajosa en productos que requieren una hidratación significativa, como panes y masas que necesitan conservar más humedad para lograr una textura adecuada y una estructura óptima Bourne, (2002) menciona que las harinas suelen dar como resultado productos finales más suaves y esponjosos gracias a su habilidad para retener agua. Esto es particularmente deseable en productos como panes blandos, pasteles y galletas, que demandan una textura ligera y aireada. Además, esta capacidad de retención puede mejorar la manejabilidad de las mezclas y masas, facilitando su procesamiento y generando una mayor uniformidad en el resultado final. Por último, la mejor retención de humedad puede contribuir a prolongar la vida útil del producto, ayudando a evitar el secado prematuro (Delcour et al., 2010).

Un índice bajo indica una capacidad reducida de absorción de agua, lo que puede resultar en productos más secos o con menor retención de humedad, la característica puede ser beneficiosa en productos que demandan una textura más firme o un menor grado de hidratación, llevando a un acabado más denso y menos esponjoso, lo cual es adecuado para ciertos tipos de elaboraciones, como galletas crujientes o panes compactos. Sin embargo, esto puede requerir ajustes en la

formulación para compensar la falta de hidratación, lo que puede complicar el proceso de producción. Además, los productos elaborados con harinas de bajo índice de haunsser pueden tener una vida útil más corta al ser más propensos a perder humedad rápidamente (Bourne, 2002).

La higroscopia determinada para la harina precocida fue del 0,13%. Estos resultados se compararon con el estudio de Caparino (2012), que analizó diversas harinas de cereales precocidos y encontró un rango de higroscopicidad entre 0,10 y 0,60. Los valores obtenidos en este estudio son significativamente más bajos por los reportados, aunque se encuentran dentro de un rango similar. Los productos con baja higroscopía son menos propensos a absorber humedad del aire, lo que ayuda a mantener su frescura y a prevenir problemas como la formación de grumos o alteraciones en la textura.

La higroscopia como mínimo 6- 8 % y como máximo 12- 15 % (Delcour et al., 2010), en la higroscopia se obtuvo un valor de 0,13 % siendo un mínimo.

Las harinas con baja capacidad higroscópica tienden a absorber menos humedad, lo que puede ser útil para productos que no deben retener mucha humedad, como galletas crujientes o productos secos que deben tener una vida útil prolongada por lo contrario puede reducir su vida útil y afectar negativamente la calidad del producto fina (Cornejo et al., 2018).

Una elevada capacidad higroscópica indica que la harina tiene la habilidad de absorber y retener una mayor cantidad de humedad. Este atributo resulta ventajoso para conservar la frescura y la textura deseada en productos horneados y otros alimentos. Por ejemplo, en elaboraciones como panes y pasteles, una harina con alta capacidad de retención de humedad contribuye a mantener una textura suave y a prevenir el secado prematuro. Esto puede extender la vida útil de los productos al asegurar una adecuada humedad interna y disminuir la propensión al secado, lo cual es esencial para garantizar que mantengan su calidad durante periodos prolongados de almacenamiento (Sultani, 1993).

Por otro lado, Haug & Lantzsche (1983) menciona que las harinas con baja capacidad higroscópica tienden a absorber menos humedad, lo que puede ser favorable en productos que no requieren retener mucha humedad, destinados a una larga vida útil. Sin embargo, esta característica puede

llevar a que dichos productos pierdan humedad más rápidamente, lo que podría reducir su duración en buen estado y perjudicar la calidad del producto final.

El ángulo de reposo determinado para la harina precocida Tunkahuan fue de $16,32^\circ$. En la investigación de Swarbrick J. (1997), se hallaron ángulos de reposo en harinas que oscilan entre 30 y 50 grados, lo que indica una buena cohesión y estabilidad en las partículas de harina. Este rango sugiere que las harinas analizadas presentan una cohesión inferior. La discrepancia entre los valores reportados por Swarbrick y los obtenidos en este estudio podría señalar diferencias significativas en la cohesión y estabilidad de las partículas de harina.

En las harinas precocidas como un mínimo de 25° a 30° y como máximo desde 40° hasta 45° , Estos valores pueden variar dependiendo de factores como el tipo específico de harina, el grado de molienda y el contenido de humedad. El ángulo de reposo de la harina precocida tunkahuan es de $16,32^\circ$ determinándole como mínimo.

Un alto ángulo de reposo indica que la harina tiende a formar montículos más empinados y es menos fluida. Esta característica puede dificultar su manejo y transporte, ya que la harina no fluye con facilidad desde los contenedores ni durante las etapas de procesamiento. Además, las harinas con un ángulo de reposo elevado pueden presentar dificultades durante la mezcla, porque son más propensas a formar grumos o bloques. Esto puede comprometer la uniformidad de las mezclas y la calidad del producto final. Aunque un ángulo de reposo alto puede resultar en una acumulación más estable en silos y contenedores, también puede ocasionar problemas de flujo en sistemas de almacenamiento que dependen de la facilidad de movimiento del material (Alvarado et al., 2014).

Un bajo ángulo de reposo sugiere que la harina fluye con mayor facilidad y forma montículos menos pronunciados. Esta propiedad facilita su manejo y transporte, lo que a su vez puede mejorar la eficiencia en el proceso de producción, especialmente en operaciones que requieren un suministro constante y uniforme de harina. Además, estas harinas tienden a integrarse mejor con otros ingredientes, lo que contribuye a una mayor consistencia y homogeneidad en las mezclas y masas, simplificando el procesamiento y favoreciendo la calidad del producto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, aunque son más propensas a fluir libremente, pueden ser susceptibles a la segregación si no se manejan adecuadamente (Carramiñana Esteban et al., 2011).

2.10.1.8 Propiedades funcionales de la harina precocida de (*Chenopodium quinoa*) INIAP Tunkahuan

Los análisis funcionales llevados a cabo en la quinoa de la variedad Tunkahuan no arrojaron resultados satisfactorios, lo que ha conducido a la exploración de enfoques alternativos para lograr los objetivos de la investigación. La recolección de datos adicionales o la revisión de estudios anteriores podrían proporcionar información complementaria que ayude a corregir las carencias generadas por la falta de resultados analíticos. Según un informe del laboratorio GRANOTEC, los ensayos efectuados en el Mixolab II con muestras de harina de quinoa de esta variedad no mostraron resultados positivos. Esta situación puede atribuirse a las características reológicas específicas de la harina, así como a la calidad y cantidad de gluten presentes, que impactan directamente su comportamiento durante los procesos de mezclado y calentamiento. Las harinas que contienen gluten de baja calidad pueden no desarrollar la estructura deseada, lo que puede dar lugar a resultados adversos (Magro Porras, 2015).

El Mixolab II es un equipo empleado para evaluar las propiedades reológicas de la masa, incluyendo elementos como su desarrollo, estabilidad, retracción y las características de gelificación de las proteínas y el almidón Eliasson, (2010). Durante la etapa de precocción, las interacciones entre proteínas y almidón son fundamentales para el adecuado desarrollo de la estructura de la masa, las interacciones desfavorables en este experimento pueden resultar en efectos no deseados. Además, la temperatura de precocción tiene un impacto significativo en la gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas; si esta temperatura no se ajusta correctamente, la harina puede no manifestar las propiedades reológicas esperadas (Eliasson, 2010).

La quinoa presenta una composición diferente en comparación con el trigo, que es el estándar en muchos análisis. La harina de quinoa contiene menos gluten y tiene diferentes tipos de almidón y proteínas, lo cual impacta su comportamiento reológico. A diferencia del trigo, la harina de quinoa no contiene gluten, un componente clave para formar una red proteica que otorga elasticidad y estructura a la masa. Debido a la ausencia de gluten, la harina de quinoa no puede desarrollar una masa cohesiva y elástica, lo cual es crucial para los análisis realizados con instrumentos como el Mixolab.

El proceso de precocción controlada de la quinoa, realizado mediante autoclave, es efectivo para reducir los niveles de anti nutrientes como saponinas, taninos y fitatos, que pueden obstaculizar la absorción de minerales esenciales. Además, es importante destacar que la precocción, seguida de un adecuado secado, disminuye la humedad de la harina, lo que no solo minimiza el riesgo de desarrollo de moho, sino que también extiende la vida útil del producto. Pismag et al., (2024). A pesar del tratamiento térmico, la quinoa precocida retiene gran parte de su valor nutricional, incluidas sus proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Este método de precocción controlada también provoca una desnaturalización parcial de las proteínas de la quinoa, incrementando su solubilidad. Las proteínas desnaturalizadas tienen más sitios expuestos que permiten su interacción con el agua, lo que potencia aún más su solubilidad. Importante mencionar es que, pese al tratamiento térmico, la quinoa conserva su perfil completo de aminoácidos esenciales, lo que la convierte en una fuente de proteínas de alta calidad.

Los resultados de la precocción controlada en la autoclave revelaron una solubilidad del 8,25% y un contenido proteico del 21,08%. En contraste, Naranjo (2017) informó que, utilizando un proceso de precocción a 110 °C durante 10 minutos, logró una solubilidad del 6,4% y un contenido proteico del 16,9%. Esto sugiere que nuestro enfoque fue más controlado y eficiente, resultando en un rendimiento notablemente superior.

El empleo de harinas con altas solubilidades en la industria agroalimentaria presenta diversas ventajas específicas, dependiendo del producto final y del método de producción. Estas harinas, al mezclarse con líquidos, generan soluciones más uniformes y homogéneas, lo cual resulta particularmente beneficioso en la elaboración de salsas, sopas y bebidas. Una mayor solubilidad contribuye a lograr una textura más suave y placentera en productos finales como galletas y pasteles (A. García et al., 2012).

Adicionalmente, las harinas solubles se dispersan y se hidratan con mayor facilidad, lo que simplifica las etapas de mezcla y amasado. Esto puede acortar los tiempos de procesamiento y potenciar la eficiencia en la producción de productos horneados y otros alimentos procesados. A. García et al. (2012) destacan que estas harinas son ideales para productos instantáneos, como sopas y bebidas en polvo, ya que se disuelven rápidamente en agua caliente o fría. Esto mejora la

estabilidad de ciertos productos al evitar la separación de fases y mantener una consistencia uniforme a lo largo del tiempo, lo que puede prolongar la vida útil y asegurar la calidad del producto durante su almacenamiento y distribución.

Además, el uso de harinas con alta solubilidad facilita la creación de nuevos productos alimenticios con texturas y consistencias innovadoras, permitiendo la incorporación de ingredientes funcionales, como fibras solubles y proteínas hidrolizadas, en diversas formulaciones alimentarias (Cusanguá Arévalo, 2019).

El uso de harinas precocidas con un alto contenido proteico en la industria agroalimentaria presenta múltiples ventajas que pueden elevar tanto la calidad de los productos como la eficiencia en los procesos de producción.

Estas harinas, especialmente aquellas ricas en proteínas del gluten, como la gliadina y la glutenina, son fundamentales para formar una estructura fuerte y elástica en productos horneados, como el pan, esto favorece la retención de gases durante la fermentación, resultando en un mayor volumen y una mejor textura en productos como pasteles, galletas y bollos. El incremento en el contenido proteico puede contribuir a una miga más deseable y firme. Pérez, (2020) menciona que las harinas con alto contenido proteico pueden enriquecer el valor nutricional de los alimentos, lo cual es especialmente relevante para aquellos consumidores que buscan aumentar su ingesta de proteínas, como por ejemplo barras de proteínas, productos deportivos y alimentos funcionales.

Estas harinas precocidas también son clave en la producción de sustitutos de carne y en opciones vegetarianas o veganas, como hamburguesas, vegetales y salchichas, aportando valor nutricional sin comprometer el sabor ni la textura de los productos. Asimismo, pueden ser incorporadas en la fortificación de pastas, panes y cereales, añadiendo nutrientes sin afectar significativamente las características organolépticas (Pérez Ramos et al., 2017).

Las proteínas presentes en estas harinas precocidas desempeñan un papel crucial como agentes emulsificantes y estabilizantes en productos como salsas, aderezos y derivados lácteos. Su inclusión mejora la viscosidad y la textura, ofreciendo una sensación en la boca más rica y cremosa. Finalmente, las proteínas pueden contribuir a prolongar la vida útil de ciertos productos al actuar

como agentes de retención de agua, evitando así la descomposición de la textura y manteniendo la calidad del alimento durante más tiempo (Mollisaca Mamani et al., 2021).

Los tiempos reducidos de preparación y procesamiento pueden conducir a menores costos operativos y un uso más eficiente de los recursos, las harinas precocidas suele tener una vida útil más larga que la harina cruda, lo que facilita el almacenamiento y la logística (Lasteros et al., 2019).

2.10.2 Determinación de composición bromatológico de la semilla de quinoa (*chenopodium quinoa*) INIAP Excelencia

En la tabla 22 la composición nutricional de la semilla (*Chenopodium quinoa*) INIAP Excelencia

Tabla 22.- Composición química proximal de la quinoa (*Chenopodium quinoa*) INIAP Excelencia.

Indicador	Media
Carbohidrato (% m/m)	56,27
Grasa (% m/m)	6,11
Proteína (% m/m)	17,83
Humedad (% m/m)	10,98
Ceniza (% m/m)	2,34
Fibra (% m/m)	6,47

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

En los análisis de humedad realizados, la variedad Excelencia de quinoa mostró un contenido de 10,98%, un valor que se encuentra por debajo del límite máximo de 13,5% estipulado por la normativa ecuatoriana 1673:2023. Esto indica que la harina cumple con los estándares establecidos. Sin embargo, investigaciones de Pincay Bayas (2022) revelan que el porcentaje de humedad en la quinoa puede llegar hasta un 68,09%. Las variaciones en los niveles de humedad entre diferentes tratamientos pueden ser atribuidas a la capacidad de retención de agua de las proteínas presentes en las partículas.

En cuanto al análisis de cenizas, la variedad Excelencia presentó un resultado del 2,34%, lo que también está por debajo del límite máximo de 3,5% establecido por la norma ecuatoriana 1673:2023. Bonamino et al. (2009) destacan que las cenizas son el residuo inorgánico producido

por la incineración de materia orgánica. La quinoa de la variedad Excelencia, con un contenido de cenizas que se adhiere a este límite, revela que contiene una cantidad significativa de minerales esenciales como calcio, magnesio, hierro y zinc.

Respecto al contenido proteico, la quinoa Excelencia presenta un 17,83%, ligeramente por encima del mínimo de 10% estipulado por la normativa ecuatoriana NTE INEN 1673:2023. Según Mollisaca Mamani et al. (2021), el contenido proteico de la quinoa puede variar entre 17,31% y 25,80%, dependiendo de la variedad. Este alimento es notable por su alta proporción de aminoácidos esenciales, lo que lo convierte en un recurso único que satisface todas las necesidades proteicas humanas según los estándares de la FAO.

En relación al contenido graso, la variedad Excelencia presenta un 6,11%, lo que la posiciona por encima del mínimo de 4% establecido por la normativa. Los granos de quinoa, en promedio, poseen un contenido de grasa del 7,79%, y en estudios realizados en la región andina, este porcentaje varía entre 5,65% y 10,43%. Además, la quinoa es rica en ácidos grasos omega-3, entre otros, que son esenciales para el organismo ya que no pueden ser sintetizados por sí mismo (Cervilla et al., 2012).

Aunque el contenido de grasa de la quinoa es superior al de otros cereales, esto no implica que sea un alimento excesivamente graso; por el contrario, contiene grasas saludables y poliinsaturadas. Además, el análisis de fibra en la variedad Excelencia muestra un 6,47%, superando el mínimo de 3% requerido por la normativa ecuatoriana. La cantidad de fibra en la quinoa puede variar, y estudios en la Estación Experimental Santa Catalina del Iniap reportan un contenido de fibra cruda del 15,94% (Cervilla et al., 2012).

La quinoa aporta tanto fibra soluble como insoluble, favoreciendo la salud digestiva y ayudando a prevenir el estreñimiento. Su bajo índice glucémico la hace adecuada para personas diabéticas y para quienes buscan bajar de peso. Además, contiene flavonoides como la quercetina, que actúan como potentes antioxidantes.

En cuanto al contenido de carbohidratos, la variedad Excelencia mostró un 56,27%, lo que no cumple con el mínimo del 65% establecido por la normativa ecuatoriana. Aunque la quinoa es un alimento calóricamente denso debido a su alto contenido de carbohidratos, de los cuales entre el

50% y el 60% corresponde a almidón, su composición puede incluir un 20% de amilosa y un 80% de amilopectina (Campos-Rodriguez et al., 2022).

La gestión de carbohidratos se ha vuelto crucial para el control glucémico y la reducción de complicaciones asociadas a la diabetes, como lo indica el estudio prospectivo de diabetes del Reino Unido. De acuerdo con las recomendaciones más recientes de la Asociación Americana de la Diabetes, el manejo de los niveles de glucosa en sangre es fundamental para quienes presentan deficiencias en la acción y secreción de insulina, lo que afecta la regulación de glucosa tras las comidas (Argüello et al., 2013).

2.10.2.1 Optimización de solubilidad y proteína de la harina precocida (*Chenopodium quinoa*) Iniap Excelencia

En la tabla 23 se muestra el modelo de superficie de respuesta utilizado para la optimización, teniendo en cuenta la solubilidad y el contenido proteico en la harina precocida de quinoa Tunkahuan. Se llevaron a cabo 16 experimentos en total por cada variedad, evaluando dos factores diferentes: los tiempos de 10, 20 y 30 minutos, y las temperaturas de 110 °C, 115 °C y 120 °C, establecidas para el proceso de precocción.

*Tabla 23.- Matriz experimental y valores de solubilidad de la harina precocida y proteína del grano precocido (*Chenopodium quinoa*) Iniap Excelencia.*

<i>Corridas</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Solubilidad (%)</i>	<i>Proteína (%)</i>
1	115	10	6.32	14.01
2	120	10	7.45	12.25
3	115	20	7.49	13.36
4	120	20	8.54	11.17
5	115	20	7.32	13.36
6	120	30	9.01	10.41
7	110	30	9.49	14.01
8	115	20	7.46	13.35
9	120	20	8.56	10.56
10	115	30	8.43	12.01
11	115	20	7.39	13.13
12	110	10	5.38	15.35
13	115	30	8.54	12.36
14	110	20	6.43	14.67
15	110	20	6.34	14.67
16	110	10	5.67	15.26

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

En la investigación se obtuvo los resultados de solubilidad y contenido proteico en base a las 16 corridas experimentales, las cuales se detallan en la tabla 23. Cada corrida presenta combinaciones específicas de los factores de temperatura y tiempo, mostrando cómo estas condiciones afectan la solubilidad de la harina precocida y la proteína del grano. En la variedad Excelencia, se observó en la corrida 7, a 110 °C durante 10 minutos, una solubilidad del 9,49 % y un contenido proteico del 14,01 %. Estos resultados destacan la importancia de ajustar los factores en las corridas experimentales para optimizar las condiciones que afectan la solubilidad y el contenido proteínico.

En las harinas precocidas de quinoa de la variedad Excelencia, se registró una solubilidad del 9,48 % en la corrida 7 a una temperatura de 110 °C durante 10 minutos. La solubilidad de esta harina, perteneciente a un pseudocereal mejorado, puede verse afectada por diversos factores, como su composición química, las condiciones de procesamiento, el método de siembra y la estructura del grano. Estos elementos podrían haber influido en la solubilidad de la harina de la variedad Tunkahuan, independientemente de las condiciones de temperatura y tiempo de precocción utilizadas en la otra variedad.

Durante el proceso de precocción, la harina se calienta con agua, lo que ocasiona la gelatinización del almidón y determina la capacidad de absorción de agua de los componentes del material. Esto ayuda a identificar las condiciones de procesamiento más adecuadas para lograr una hidratación y solubilización eficaces, así como el desarrollo de una textura viscoelástica, aspectos fundamentales en la producción de harinas precocidas (Cerón-Fernández et al. 2016).

El contenido de proteína del grano precocido de la variedad Excelencia fue del 14,01 %. El proceso de extrusión favorece la desnaturalización de las proteínas, lo que a su vez mejora su digestibilidad, dado que estas son particularmente sensibles al calor. Al alcanzar temperaturas superiores a 60 °C, se producen modificaciones en la estructura nativa de las proteínas, permitiendo así diversas reacciones químicas tanto dentro de la molécula proteica como interacciones con los carbohidratos, especialmente con los azúcares (Cerón Fernández et al. 2016).

2.10.2.2 Modelo codificado para la solubilidad Iniap Excelencia

La tabla 24 presenta los parámetros del modelo codificado de solubilidad de la harina precocida (*Chenopodium quinoa*)

Tabla 24.-Parámetros del modelo codificado para la solubilidad

Indicador	Modelo codificado
Intercepto	7,56
X_{TP}	0,68*
X_{PP}	1,18*
R^2	0,9069
R^2 ajustado	0,8836
F modelo	38,94*
F falta de ajuste	40,10

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

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

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

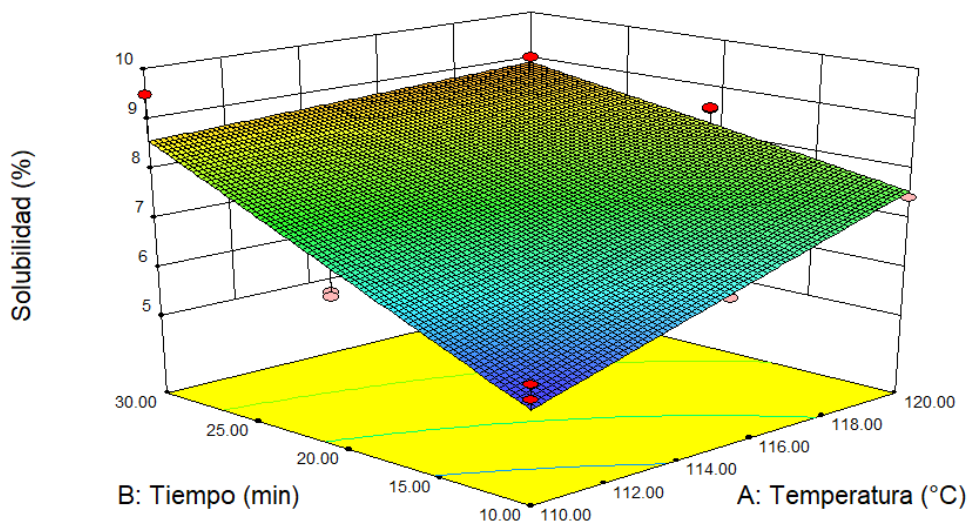
El modelo lineal matemático presenta un intercepto de 7,56, que representa la solubilidad esperada cuando todos los factores son cero. El modelo de intersección refleja la solubilidad esperada cuando la temperatura y el tiempo de cocción iniciales son cero. Un coeficiente X_{TP} de 1,18 indica que cada unidad de tiempo adicional aumenta la solubilidad esperada en el X_{PP} de 1,18 unidades, manteniendo la temperatura constante. El modelo de coeficiente R^2 resultó 0,9096 de la variabilidad en la solubilidad de la harina de quinoa precocida, indicando así que el modelo fue muy efectivo para predecir la solubilidad en base las variables analizadas. Además, el coeficiente de correlación ajustado (cercano a R^2) confirma que el modelo sigue siendo relevante y se ajusta suficientemente a los datos, incluso considerando el número de variables incluidas. El valor alto de F indica que el modelo es significativo en general y que las variables de temperatura y tiempo de precocción son importantes para explicar la variabilidad de la solubilidad. El modelado preciso ayuda a mantener una calidad constante de la harina precocida, asegurando que cada lote tenga propiedades similares, lo cual es fundamental para la aceptación del producto en el mercado.

Se reportaron valores de solubilidad de 6,4% y 7,7% en muestras de harina de quinoa precocidas a 110°C y 120°C, respectivamente. Estos valores se comparan con Dussán et al. (2019) indican que la solubilidad está directamente relacionada con la cantidad de sólidos que se disuelven en agua, lo cual también depende del nivel de secado de la harina. El tiempo de precocción es fundamental, ya que un secado prolongado puede romper las cadenas de almidón, generando

cadena más cortas que retienen más agua, lo que reduce la cohesión y la plasticidad de las mezclas. Aunque el secado a altas temperaturas es más eficiente, puede tener un impacto negativo en la calidad del producto en cuanto a color, funcionalidad y rendimiento al momento de reconstituir la harina (Naranjo, 2017).

En la figura 9 se muestra de forma gráfica la superficie de respuesta del modelo codificado para la solubilidad en la harina precocida Excelencia, en función de la temperatura (X_{TP}) y tiempo (X_{PP}). Este análisis visual proporciona una comprensión profunda de cómo estos parámetros fundamentales afectan la solubilidad de la harina. Al observar la figura 5, se puede apreciar la dinámica de la solubilidad en el tratamiento más eficaz, mostrando una tendencia en la que un aumento en la temperatura de precocción (X_{TP}) y el tiempo de precocción (X_{PP}) resulta en una mayor solubilidad.

Figura 8.-Modelo codificado para la solubilidad harina precocida Excelencia



Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

2.10.2.3 Modelo codificado para el contenido de proteína

En la tabla 25 se puede observar parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína del grano precocido de la variedad Iniap Excelencia

Tabla 25.- Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína del grano precocido.

Indicador	Modelo codificado
Intercepto	13,20
X_{TP}	-1,78*
X_{PP}	-0,85*
$X_{TP} X_{PP}$	-0,15
X_{TP}^2	-0,33
X_{PP}^2	0,012
R^2	0,9829
R^2 ajustado	0,9743
F modelo	114,83*
F falta de ajuste	2,65

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

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

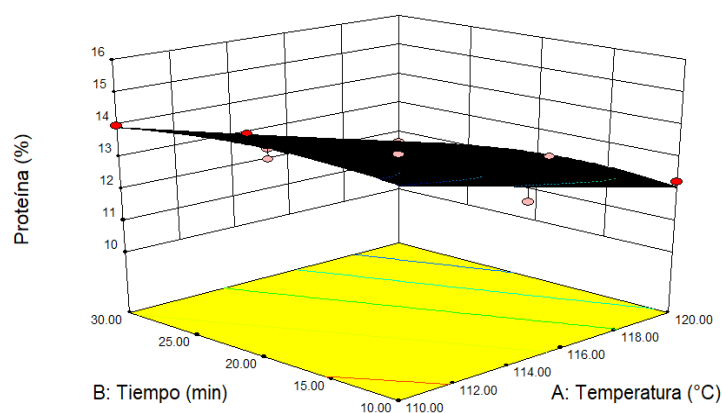
Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

En cuanto al modelo cuadrático expuesto, el intercepto es 13,20 de proteínas en el grano precocido de la quinoa variedad Excelencia cuando las variables temperatura (X_{TP}) y tiempo (X_{PP}) son igual a cero. Los factores temperatura de precocción (X_{TP}) y tiempo de precocción (X_{PP}) llegan a ser significativas. El tiempo y temperatura de precocción $X_{TP}X_{PP}$ nos indica que, a mayor temperatura (X_{TP}) y mayor tiempo (X_{PP}) de precocción, pierde gran parte de proteína del grano, obteniendo una relación inversa con el contenido de proteína. El signo negativo en los coeficientes X_{TP} , X_{PP} , indican que existe una relación inversa con el tiempo y temperatura de precocción $X_{TP}X_{PP}$ y en el contenido de proteínas del grano precocido, el coeficiente del tiempo de precocción tiene mayor influencia en el modelo matemático planteado. El modelo cuadrático exhibe un alto nivel explicativo, con una R^2 del 0,9829, sin embargo R^2 ajustado bajo sugiere que el modelo cuadrático no se adapta perfectamente a los datos observados

Según la figura que ilustra el contenido de proteínas en la harina precocida de quinoa de la variedad Excelencia. Esta gráfica destaca la relación entre el coeficiente y el rendimiento de proteínas, señalando que, con el aumento de la temperatura y el tiempo de cocción del grano, se observa una mayor pérdida de proteínas. Se concluye que la temperatura óptima para preservar el contenido proteico es de 110 °C, en un intervalo de 13.5 a 14 minutos.

Según Quishpe, (2019), el porcentaje de proteína detectado en la harina precocida de quinua fue de 15,02%, un valor que supera ligeramente el mínimo establecido por la norma INEN 3240, que es del 10%. Sin embargo, este resultado puede variar dependiendo del tiempo de precocción. La reducción en el contenido proteico puede atribuirse al proceso de precocción, ya que estos métodos de cocción afectan la biodisponibilidad de los nutrientes y su posible pérdida durante la preparación. Además, se menciona que el contenido proteico puede oscilar entre 7,5% y 22%, subrayando que, más allá de la cantidad, lo realmente relevante es la calidad de la proteína.

Figura 9.-Rendimiento del modelo codificado para el contenido de proteína en la harina precocida Excelencia.



Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024).

2.10.2.4 Optimización del rendimiento de solubilidad de la harina precocida y contenido proteico del grano precocido Iniap Excelencia

En la tabla 26 se detalla la Optimización del rendimiento de solubilidad harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido Excelencia

Tabla 26.- Optimización del rendimiento de solubilidad harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido Excelencia.

	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)	Deseabilidad
1	110	30	9	14	0.748

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

Tabla 27.- Optimización y condiciones experimental de solubilidad de la harina precocida y contenido de proteínas del grano precocido Excelencia.

	Optimizado	Experimental
Solubilidad	9%	9,85 % aprox.10%
Proteína	14 %	13,23 % aprox.13%
Deseabilidad	0,748	-

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

Las condiciones ideales para la optimización de la harina precocida de (*chenopodium quinoa*) Iniap Excelencia, las condiciones óptimas se presentan (X_{TP}) 110 °C y (X_{PP}) 30 minutos logrando obtener una solubilidad de 9 % y un contenido proteico de 14 %, la deseabilidad global alcanza un valor de 0,748, lo que sugiere una buena calidad de optimización.

Las optimizaciones experimentales se llevaron a cabo en duplicado para establecer las condiciones óptimas. Se alcanzó una solubilidad de la harina precocida del 10 % y un contenido proteico del grano precocido del 13%. La deseabilidad total alcanzada fue de 0,748.

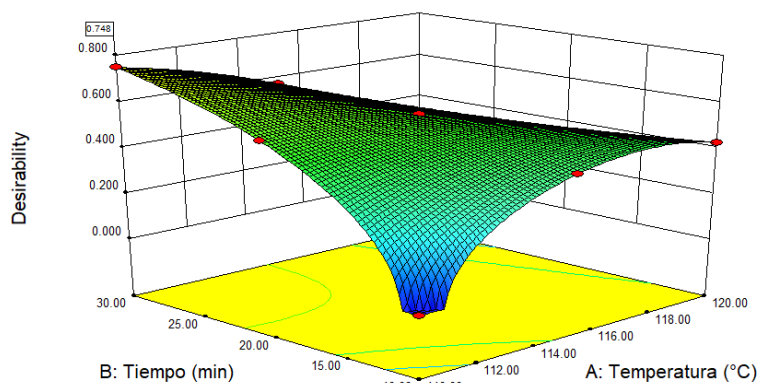
La influencia de la temperatura y el tiempo de cocción en la harina preconocida se traduce en una mejora significativa de la solubilidad, lo cual se puede explicar a través de los cambios fisico-químicos que ocurren durante el tratamiento térmico. Un factor clave que favorece esta solubilidad es la desnaturalización de las proteínas a altas temperaturas, que expone más sitios hidrofílicos en su estructura. Esto facilita la interacción con el agua y, por ende, incrementa la solubilidad. Además, otros compuestos solubles, como azúcares y ciertos minerales, tienden a disolverse más fácilmente, lo que también contribuye a aumentar la solubilidad total del producto (Eliasson, 2010).

Sin embargo, con el aumento de la temperatura y el tiempo de cocción, se observa una mayor pérdida de proteínas. A pesar de esto, las altas temperaturas provocan la desnaturalización de las proteínas sin que necesariamente se degrade su valor nutricional. Esta desnaturalización puede hacer que las proteínas sean más accesibles y más fáciles de digerir, ayudando a preservar sus beneficios nutricionales. Además, el calor puede inactivar las enzimas proteolíticas que descomponen las proteínas, reduciendo así la degradación enzimática durante el procesamiento.

También es posible que se formen redes de proteínas desnaturalizadas que protejan a las proteínas, evitando su pérdida durante este proceso (Navarro-Perez et al. 2017).

En la figura 11 se pueden apreciar las condiciones óptimas que más favorecen la corrida experimental de la variedad Excelencia, a una temperatura de 110 °C durante 10 minutos, lo que resulta en una deseabilidad de 0,748. Esto indica que las harinas con alto contenido de solubilidad y proteínas pueden mejorar la calidad nutricional y funcional de una amplia variedad de productos alimenticios, brindando beneficios industriales, con la ayuda de elaboración de nuevos productos innovadores uno de ellos son los batidos proteicos de las harinas precocidas con un alto contenido de proteínas y una alta solubilidad en la harina precocida son ideales para bebidas y batidos, ya que se disuelven de manera sencilla y brindan una fuente de proteínas y una alta disolución en los líquidos (Cordovilla, 2011).

Figura 10.- Diseño superficie respuesta de la optimización de la solubilidad y proteína de la harina precocida Excelencia.



Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

2.10.2.5 Determinación nutricional de la harina precocida (chenopodium quinoa) INIAP Excelencia

En la siguiente tabla se indica la composición bromatológica de las harinas precocidas (*Chenopodium quinoa*) INIAP Excelencia.

Tabla 28.- Composición química proximal de la variedad de la harina precocida de quinoa (Chenopodium quinoa) INIAP Excelencia

Indicador	Media
Carbohidrato (% m/m)	56,33
Grasa (% m/m)	7,04
Proteína (% m/m)	21,59
Humedad (% m/m)	5,12
Ceniza (% m/m)	2,77
Fibra (% m/m)	7,15

Fuente:(Amanta & Chicaiza, 2024)

Los análisis realizados para determinar la humedad de la harina precocida indicaron que esta contiene un 5,12%. Este valor se encuentra por debajo del límite máximo de 13,5% establecido por la normativa INEN 3240, lo que concluye que la harina cumple con los estándares requeridos. Según Quishpe (2019), el contenido de humedad de la harina precocida debería tener un promedio de 9,29%.

Este aspecto también tiene un impacto significativo en la conservación y la durabilidad de los productos, así como en su uso como referencia para el análisis bromatológico y en las transacciones comerciales. En la cadena de producción agroindustrial, el seguimiento del contenido de humedad inicia en el momento de la cosecha y se prolonga a lo largo de las fases de recepción, secado, almacenamiento, transporte, transformación, empaque y, por último, en la entrega del producto al consumidor (Bianco D et al., 2014).

Los resultados revelaron que la variedad presenta un contenido de cenizas del 2,77 %. De acuerdo con la normativa INEN 3240, se establece que el porcentaje de cenizas no debe exceder el 3 %, lo que sugiere que esta variedad de harina precocida cumple con los requisitos establecidos por la normativa ecuatoriana. Asimismo, el estudio realizado por Pérez et al. (2013) reportó un porcentaje de cenizas del 2,85 %, que está muy cerca de los límites estipulados por la misma norma.

La importancia de la determinación de cenizas en las harinas precocidas tiene algunos fines como el de conseguir la pureza de distintos ingredientes que se utilizan en la fabricación de los alimentos agroindustriales, el contenido de cenizas también se debe el tipo de molienda y el refinamiento de los pseudocereales(Enríquez & Ojeda Caiza, 2020)

La variedad Excelencia presentó un porcentaje de grasa del 7,04 %. Conforme a la normativa INEN 3240, que establece un mínimo del 4 % de grasa, se puede concluir que esta variedad de harina cumple adecuadamente con los requisitos estipulados por la normativa ecuatoriana. Por otro lado, según Rondan (2019), el experimento arrojó un porcentaje de grasa del 9,73 %, destacando que estas grasas son saludables.

El análisis de la variedad Excelencia reveló un contenido de proteína del 21,59%. Según la norma INEN 3240, el valor mínimo requerido de proteína para este tipo de harina es del 10%, lo que indica que supera ligeramente el umbral establecido y se encuentra dentro del rango permitido. Además, los estudios bromatológicos realizados por Quishpe (2019) indican que la harina precocida de quinoa presenta un contenido proteico del 18,22%, también superando ligeramente el valor estipulado por la normativa ecuatoriana.

Según Paredes, (2023), las proteínas, al ser sometidas a procesos térmicos o químicos, tienen la capacidad de liberar péptidos con actividad biológica, los cuales pueden contribuir a la reducción de enfermedades degenerativas. Los péptidos antioxidantes se generan a partir del proceso digestivo de proteínas, ya sean vegetales o animales, y son efectivos para inhibir el daño oxidativo, ya sea actuando como antioxidantes naturales en los alimentos o previniendo la oxidación de las células tras su consumo.

Las variedades analizadas presentan un contenido de carbohidratos del 56,33%. De acuerdo con la norma 3240, el porcentaje mínimo de carbohidratos requerido en los pseudocereales es del 65%, lo que permite concluir que la harina precocida no cumple con la normativa establecida. Por otro lado, los análisis bromatológicos realizados por Urbina et al. (2023) revelaron que la harina precocida de quinoa tiene un contenido de carbohidratos del 73,41%, superando ligeramente los valores estipulados. Un bajo contenido de carbohidratos en las harinas puede ofrecer múltiples beneficios para la salud.

2.10.2.6 Caracterización de las pruebas físicas para el rendimiento de la harina precocida de (*Chenopodium quinoa*) INIAP Excelencia.

En la tabla 29, se muestran las características de la harina óptima, la cual se obtuvo mediante un tratamiento a una temperatura de 110 °C durante un tiempo de 30 minutos, condiciones que facilitaron un mayor rendimiento y eficacia en el proceso.

Tabla 29.- Caracterización de las harinas precocidas optimas

PARÁMETRO	UM	INIAP EXCELENCIA
Densidad bruta	(g/mL)	0,59
Densidad Compactada	(g/mL)	0,71
Índice de Hausner	%	1,39
Hidroscopia	%	0,11
Angulo de reposo		13,79

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

La densidad bruta de la harina analizada alcanzó un valor de 0,59 g/ml, lo cual es considerablemente inferior al 0,654 g/ml reportado por Malik et al. (2021) para la misma harina. Este aspecto de la densidad es crucial, ya que permite calcular costos y evaluar el rendimiento del producto.

Los valores registrados para la densidad compactada de la harina precocida oscilaron en torno a 0,71 g/ml. Estos resultados son comparables y ligeramente superiores a los reportados por Zavala Rodríguez (2019), quien documentó una densidad compactada de 0,76 g/ml. A pesar de que la diferencia es mínima, sugiere que la densidad compactada de la harina precocida se encuentra en un rango levemente superior en comparación con la harina común.

La densidad compactada y la densidad bruta son características cruciales que afectan diversos aspectos de los productos alimenticios. En este caso, la densidad bruta obtenida fue de 0,59 g/ml y la densidad compactada de 0,71 g/ml, ambos valores considerados bajos.

Una alta densidad bruta y densidad compactada indica una mayor compactación de las partículas en la harina, lo que puede resultar en productos finales con una textura más densa y menos aireada, como panes y pasteles. Esta característica puede ser deseada para lograr una textura firme, pero

también puede limitar la capacidad de absorción de líquidos, afectando la formulación y consistencia de la mezcla. Sin embargo, la mezcla con alta densidad bruta suele ser más estable durante el almacenamiento y manejo, facilitando su transporte y conservación. Sin embargo, también pueden ofrecer un menor rendimiento del producto terminado, (Bourne, 2002).

Por otro lado, las harinas con baja densidad bruta y densidad compactada tienden a generar productos más ligeros y aireados, lo cual es ideal para ciertos tipos de repostería, menciona que las harinas tienen una mayor capacidad de absorción de líquidos, lo que es ventajoso para productos que necesitan retener humedad. Sin embargo, también pueden ser más volátiles y tener dificultades en su manejo debido a su tendencia a dispersarse, informa que las características pueden contribuir a obtener mezclas que producen un mayor volumen, beneficiando a aquellos productos que requieren expansión durante la cocción (Aderinola, 2016).

El análisis del índice de Hausner arrojó un resultado de 1,39%. Este valor sugiere que los polvos analizados presentan una mejor fluidez y una menor tendencia a la aglomeración en comparación con los polvos estudiados por Santhalakshmy (2015), que reportó valores del índice de Hausner entre 1,78% y 1,98%. Estos últimos reflejan una compresibilidad de los polvos que varía de moderada a alta, lo que indica una mayor propensión a la aglomeración y una fluidez reducida.

El índice de Hausner puede variar entre un mínimo de 10% y un máximo de 50%. En el caso de la harina precocida de excelencia, el índice de hausner se sitúa en 1,39% lo que indica un valor bajo. Este índice es una medida clave para evaluar la capacidad de absorción de agua de las harinas, lo que resulta esencial para comprender su comportamiento en la formulación de productos alimenticios. Un alto índice de hausner sugiere que la harina tiene una mayor capacidad de absorber agua. Esta propiedad es ventajosa para productos que requieren una hidratación significativa, como el pan y las masas que necesitan mantener humedad para lograr una textura adecuada y una estructura óptima (Bourne, 2002).

Las harinas precocidas con alto índice de hausner tienen como resultado más suaves y esponjosos gracias a su habilidad para retener el agua, lo cual es especialmente deseable en productos como panes blandos, pasteles y galletas que requieren una textura ligera y aireada. Además, esta capacidad de retención de agua puede mejorar la manejabilidad de las masas, facilitando su

procesamiento y asegurando una mayor uniformidad en el producto final. Un mejor control de la humedad también puede contribuir a prolongar la vida útil del producto, al prevenir el secado prematuro (Delcour et al. 2010).

Un índice bajo de Hausner indica una capacidad reducida para absorber agua, lo que puede dar lugar a productos más secos o con menor retención de humedad. Esta característica puede resultar beneficiosa para productos que requieren una textura más firme o un grado de hidratación inferior, lo que genera un acabado más denso y menos esponjoso, adecuado para ciertos tipos de elaboraciones como galletas crujientes o panes compactos. Sin embargo, esto puede requerir adaptaciones en la formulación para compensar la falta de hidratación, lo que podría complicar el proceso de producción. Además, los productos elaborados con harinas de bajo índice de hausner tienden a tener una vida útil más corta debido a su mayor propensión a perder humedad rápidamente (Bourne, 2002).

La higroscopia determinada para la harina precocida fue del 0,11%. Estos resultados se compararon con el estudio de Caparino (2012), que al analizar diversas harinas de cereales precocidos encontró un rango de higroscopicidad entre 0,25% y 0,74%. Los valores obtenidos en este estudio son significativamente más bajos que los reportados. Los productos con baja higroscopía son menos propensos a absorber humedad del aire, lo que ayuda a mantener su frescura y a prevenir problemas como la formación de grumos o alteraciones en la textura.

Menciona Delcour et al. (2010). El porcentaje de higroscopia puede variar entre un mínimo de 6-8% y un máximo de 12-15%. En este contexto, la higroscopia de la harina analizada resultó en un 0,11% lo que se considera un valor bajo. Las harinas con baja capacidad higroscópica absorben menos humedad, lo que es beneficioso para la elaboración de productos que no deben retener humedad, como galletas crujientes y otros alimentos secos que requieren una vida útil prolongada. Sin embargo, esta característica también puede hacer que estos productos pierdan humedad más rápidamente, lo que podría reducir su vida útil y afectar negativamente la calidad del producto final (Cornejo et al. 2018).

Por otro lado, una elevada capacidad higroscópica indica que la harina puede absorber y retener una mayor cantidad de humedad del ambiente. Esta propiedad es ventajosa para conservar la

frescura y la textura deseada en productos horneados y otros alimentos; por ejemplo, en la elaboración de panes y pasteles, una harina con alta capacidad de retención de humedad contribuye a mantener una textura suave y previene el secado prematuro. Esto puede extender la duración de los productos al asegurar un nivel adecuado de humedad interna y reducir la tendencia al secado, lo cual es fundamental para preservar la calidad durante períodos prolongados de almacenamiento (Sultani, 1993).

Según Haug & Lantzsch (1983) las harinas con baja capacidad higroscópica pueden ser beneficiosas para la producción de alimentos que no requieren retener mucha humedad, como las galletas crujientes o productos secos destinados a tener una larga vida útil. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta cualidad puede propiciar la pérdida de humedad más rápida en estos productos, lo cual podría acortar su duración y perjudicar la calidad del producto final.

El ángulo de reposo determinado para la harina precocida excelencia fue de $13,79^\circ$. En la investigación de Swarbrick J. (1997), se hallaron ángulos de reposo en harinas que oscilan entre 20° y 85° , lo que indica una buena cohesión y estabilidad en las partículas de harina. Este rango sugiere que las harinas analizadas presentan una cohesión inferior. La discrepancia entre los valores reportados y los obtenidos en este estudio podría señalar diferencias significativas en la cohesión y estabilidad de las partículas de harina.

Las harinas precocidas presentan un ángulo de reposo óptimo que oscila entre 25° y 30° como mínimo, y de 40° a 45° como máximo. Estos rangos pueden variar según el tipo específico de harina, el grado de molienda y el contenido de humedad. En el caso de la harina precocida de excelencia, su ángulo de reposo es de $13,79^\circ$ considerándose un rango mínimo. Un ángulo de reposo elevado indica que la harina tiene una tendencia a formar montículos más inclinados por ello es menos fluida, lo que puede dificultar su manejo y transporte. Además, estas harinas pueden presentar complicaciones en el momento de la mezcla, por lo que tienden a formar grumos o bloques, lo que puede afectar la homogeneidad de las mezclas y la calidad del producto final, generando dificultades en la integración con otros ingredientes. Aunque un ángulo de reposo elevado puede permitir una acumulación más estable en silos y contenedores, también puede crear

problemas de flujo en sistemas de almacenamiento que dependen de la movilidad del material (Alvarado et al. 2014).

Por otro lado, un ángulo de reposo bajo indica que la harina fluye más fácilmente y forma montículos menos severos. Esta característica hace que su manejo y transporte sean más sencillos, lo que puede mejorar la eficiencia del proceso de producción, especialmente en situaciones que requieren un suministro continuo y uniforme de harina. Además, estas harinas tienden a mezclarse mejor con otros ingredientes, lo que favorece una mayor consistencia y homogeneidad en las masas, facilitando el procesamiento y mejorando la calidad del producto. Sin embargo, es crucial considerar que, a pesar de su mayor fluidez, pueden ser más propensas a la segregación si no se manejan correctamente (Carramiñana Esteban et al. 2011).

2.10.2.7 Propiedades funcionales de la harina precocida de (*Chenopodium quinoa*) INIAP Excelencia

Los análisis funcionales realizados a la quinoa de la variedad Excelencia no mostraron resultados positivos, lo que ha llevado a considerar enfoques alternativos para alcanzar los objetivos de la investigación. La recopilación de datos adicionales o la revisión de estudios previos podrían ofrecer información complementaria que ayude a abordar las deficiencias dejadas por la falta de resultados analíticos. En una comunicación del laboratorio GRANOTEC se menciona que los ensayos realizados en el Mixolab II con muestras de harina de quinoa de la variedad Excelencia no produjeron resultados favorables. Esta situación puede atribuirse a las particularidades reológicas de esta harina, así como a la calidad y cantidad de gluten presente, que influyen de manera directa en su comportamiento durante los procesos de mezclado y calentamiento. Las harinas con gluten de baja calidad pueden no desarrollar la estructura adecuada, lo que resulta en respuestas negativas. (Magro Porras, 2015)

El Mixolab II es un equipo empleado para evaluar las propiedades reológicas de la masa, incluyendo elementos como su desarrollo, estabilidad, retracción y las características de gelificación de las proteínas y el almidón. Durante la etapa de precocción, las interacciones entre proteínas y almidón son fundamentales para el adecuado desarrollo de la estructura de la masa, las interacciones desfavorables en este experimento pueden resultar en efectos no deseados. Además, la temperatura de precocción tiene un impacto significativo en la gelatinización del almidón y la

desnaturalización de las proteínas; si esta temperatura no se ajusta correctamente, la harina puede no manifestar las propiedades reológicas esperadas (Eliasson, 2010).

La quinoa presenta una composición diferente en comparación con el trigo, que es el estándar en muchos análisis y en la elaboración de muchos productos. La harina de quinoa contiene menos gluten y tiene diferentes tipos de almidón y proteínas, lo cual impacta su comportamiento reológico. A diferencia del trigo, la harina de quinoa no contiene gluten, un componente clave para formar una red proteica que otorga elasticidad y estructura a la masa. Debido a la ausencia de gluten, la harina de quinoa no puede desarrollar una masa cohesiva y elástica, lo cual es crucial para los análisis realizados con instrumentos como el Mixolab.

El proceso de precocción controlada de la quinoa, realizado mediante autoclave, es efectivo para reducir los niveles de anti nutrientes como saponinas, taninos y fitatos, que pueden obstaculizar la absorción de minerales esenciales. Además, es importante destacar que la precocción y un secado adecuado disminuye la humedad de la harina, lo que minimiza el riesgo de moho, sino que también extiende la vida útil del producto. Este método de precocción controlada también provoca una desnaturalización parcial de las proteínas de la quinoa, incrementando su solubilidad. Las proteínas desnaturalizadas tienen más sitios expuestos que permiten su interacción con el agua, lo que potencia aún más su solubilidad. Importante mencionar es que, pese al tratamiento térmico, la quinoa conserva su perfil completo de aminoácidos esenciales, lo que la convierte en una fuente de proteínas de alta calidad, Pismag et al., (2024).

Los resultados obtenidos a partir de la precocción controlada en la autoclave mostraron una solubilidad del 9,81% y un contenido proteico del 21,54%. En comparación, el Naranjo, (2017) reportó que, mediante un proceso de precocción a 110 °C durante 10 minutos, alcanzó una solubilidad del 6,4% y un contenido proteico del 16,9%. Esto permite concluir que nuestro método fue más controlado y eficiente, logrando un rendimiento significativamente superior.

El uso de harinas con alta solubilidad en la industria agroalimentaria ofrece diversas ventajas específicas, que varían según el producto final y el método de producción. Estas harinas, al mezclarse con líquidos, crean soluciones más homogéneas y uniformes, lo que resulta especialmente beneficioso en la preparación de salsas, sopas y bebidas. Una mayor solubilidad

ayuda a lograr una textura más suave y agradable en productos finales como galletas y pasteles (A. García et al. 2012).

Además, las harinas solubles se dispersan e hidratan con mayor facilidad, lo que simplifica las etapas de mezcla y amasado, acortando así los tiempos de procesamiento y aumentando la eficiencia en la producción de alimentos horneados y otros productos procesados. Según A. García et al. (2012) estas harinas son ideales para elaborar productos instantáneos, como sopas y bebidas en polvo, ya que se disuelven rápidamente en agua caliente o fría. Esta rápida disolución mejora la estabilidad de ciertos productos al evitar la separación de fases y mantener una consistencia uniforme, lo que puede prolongar la vida útil y asegurar la calidad durante el almacenamiento y distribución.

El uso de harinas con alta solubilidad también facilita la creación de nuevos productos alimenticios con texturas y consistencias innovadoras, permitiendo la incorporación de ingredientes funcionales, como fibras solubles y proteínas hidrolizadas, en diversas formulaciones alimentarias (Cusanguá Arévalo, 2019).

Por otro lado, las harinas precocidas con un alto contenido proteico ofrecen numerosas ventajas que pueden mejorar tanto la calidad de los productos como la eficiencia en los procesos de producción. Estas harinas, especialmente las que son ricas en proteínas del gluten, como la gliadina y la glutenina, son vitales para formar una estructura fuerte y elástica en productos horneados, como el pan. Esto favorece la retención de gases durante la fermentación, lo que se traduce en un mayor volumen y una mejor textura en productos como pasteles, galletas y bollos. Un mayor contenido proteico puede contribuir a una miga más deseable y firme. Según Pérez (2020) estas harinas pueden enriquecer el valor nutricional de los alimentos, lo que resulta especialmente relevante para los consumidores que buscan aumentar su ingesta proteica, como es el caso de barras de proteínas, productos deportivos y alimentos funcionales.

Asimismo, las harinas precocidas son esenciales en la producción de sustitutos de carne y opciones vegetarianas o veganas, como hamburguesas vegetales y salchichas, aportando valor nutricional sin sacrificar el sabor ni la textura de los productos. También pueden ser incorporadas en la

fortificación de pastas, panes y cereales, añadiendo nutrientes sin modificar significativamente sus características organolépticas (Pérez Ramos et al. 2017).

Las proteínas presentes en estas harinas precocidas actúan como agentes emulsificantes y estabilizantes en productos como salsas, aderezos y derivados lácteos. Su inclusión mejora la viscosidad y la textura, ofreciendo una experiencia más rica y cremosa en boca. Finalmente, estas proteínas pueden contribuir a extender la vida útil de ciertos productos al actuar como agentes de retención de agua, previniendo así la degradación de la textura y manteniendo la calidad del alimento durante más tiempo (Mollisaca Mamani et al. 2021).

La reducción en los tiempos de preparación y procesamiento puede resultar en menores costos operativos y un uso más eficiente de los recursos. Además, las harinas precocidas suelen tener una vida útil más prolongada en comparación con la harina cruda, lo que facilita su almacenamiento y logística (Lasteros et al. 2019).

3. IMPACTOS TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL O ECONOMICOS

3.1 Impacto técnico

El impacto técnico ha sido favorable, ya que posibilita la consolidación de tecnologías en los procesos agroindustriales. Esto brinda nuevas oportunidades para la elaboración e innovación de nuevos productos, aprovechando todas las características nutricionales de las harinas precocidas de quinoa. Asimismo, brinda nuevas oportunidades para desarrollar tecnologías que complementen las tradicionales, incrementando el uso del grano andino (*Chenopodium quinoa*).

3.2 Impacto Social

Esta investigación contribuirá a la sociedad al impulsar nuevas formas de industrialización de las harinas precocidas de quinoa, debido a su contenido proteico y solubilidad. Dentro del uso previsto para la harina de quinoa, se podrán elaborar productos agroindustriales que tendrán una gran aceptación en el mercado, tanto a nivel local como internacional.

3.3 Impacto económico

Una vez finalizado el proyecto de investigación, se generará un impacto positivo, beneficiando tanto a la Universidad Técnica de Cotopaxi como a las comunidades dedicadas al cultivo y cosecha de las variedades de quinoa Tunkahuan y Excelencia. Esto permitirá maximizar el

aprovechamiento del pseudocereal, creando nuevas fuentes de ingresos y aumentando los beneficios económicos.

4. RECURSOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En la tabla 30 se presentan el presupuesto de la materia prima Iniap tunkahuan e Iniap excelencia.

Tabla 30.- Presupuesto de la materia prima a ser estudiada.

Recursos	Cantidad	Unidades	V. Unitario	V.Total	
MATERIA PRIMA					
<i>Quinoa Tunkahuan</i>	<i>Variedad</i>	60	Kg	60	180
<i>Quinoa Excelencia</i>	<i>Variedad</i>	60	kg	60	180
SUBTOTAL					360

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

La tabla 31 nos muestra los presupuestos de los materiales y suministros utilizados en la investigación.

Tabla 31.- Presupuesto de materiales y suministros

MATERIALES Y SUMINISTROS	Cantidad	Unidad	V. unitario	V. Total
Tamiz #100	1	U	9,75	9,75
Bandejas de papel aluminio	2	U	1,25	2,50
Plástico transparente	1	U	1,30	1,30
Papel aluminio	5	U	1,80	9
Adhesivos	2	U	0,35	0,70
Papel filtro	1	U	1,50	1,50

Fundas Ziploc	35	U	0,080	2,80
Botella plástica	1	U	0,20	0,40
Vasos desechables	1	U	0,50	0,50
Tarinas de plástico	4	U	0,25	1
Fundas plásticas	2	U	0,15	0,30
Varilla de agitación	1	U	2,50	2,5
Matraz Erlenmeyer 100ml	2	U	4,50	9
Tubos para muestras	4	U	0,40	1,60
Pipeta	1	U	16,75	16,75
Caja Petri	6	U	4	24
Probetas 100 ml	2	U	8	16
SUBTOTAL				99,60

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

La tabla 32 nos detalla los presupuestos de los equipos utilizados en la investigación.

Tabla 32.- Presupuestos de equipos

EQUIPOS	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Autoclave	3	U	4,120	12,360
Deshidratador	2	U	740	1480
Balanza analítica 220 0,001 sensor magnético 4 decimales	2	U	980	1,960
Balanza analítica de precisión de 3200 G desde 0,01g	1	U	350	350
Desecador de vidrio con tapa	2	U	135	170,00

Estufa (Memmert Universal 30)	1	U	6500	6500
Mufla	1	U	1000	1000
SUBTOTAL				9514,32

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024)

La Tabla 33 muestra los presupuestos de los reactivos y soluciones utilizados en los análisis nutricionales, bromatológicos, físicos.

Tabla 33.- Presupuesto de reactivos

REACTIVOS /SOLUCIONES	Cantidad	Unidad	V. Tola
Agua destilada	2	g	5,00
Cloruro de sodio	2	L	2,70
Agua purificada	10	L	4,00
Ácido sulfúrico	1	L	2,50
Hidróxido de sodio	1	L	3,50
Ácido clorhídrico	1	L	3,50
Hexano o éter etílico	1	L	3,50
Termoestable α -amilasa	1	L	3,50
Proteasa	1	L	5,00
Amiloglucosidasa	1	L	5,50
Etanol (95%)	1	L	5,50
Buffer acetato de sodio (pH 4.5)	1	L	4,00
Sulfato de sodio anhidro	1	L	6,70
Acetato de sodio y ácido acético	1	L	4,90
SUBTOTAL			59,30

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024).

La Tabla 34 presenta los costos de los materiales bibliográficos.

Tabla 34.- Presupuestos de materiales bibliográficos

Materiales bibliográficos y fotocopias	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Tola
Esferos	3	U	0,40	1,20
Libretas	2	U	1	2
Regla	2	U	0,45	0,90
Marcadores	1	U	0,9'	0,90
Impresiones	450	\$	0.3	13.50
Anillados	4	\$	1,50	6
CD	1	\$	3	3
GASTOS VARIOS				
Internet	-	h	0.10	
Pasajes	4	días	0,60	2,40
Alimentación	4	días	1,50	6
SUBTOTAL				35,90

Fuente: (Amanta & Chicaiza, 2024).

5. CONCLUSIONES

- Los análisis bromatológicos realizados en las semillas de quinoa de las variedades INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia evidencian diferencias notables en su composición nutricional. En particular, se determinó que la variedad Tunkahuan presenta un contenido de humedad del 10.18% cenizas del 2.02% proteínas del 15.84% grasas del 6.07% fibra del 6.19% y carbohidratos del 59.70% a diferencia de la variedad excelencia donde se obtuvo humedad de 10,98%, cenizas de 2,34%, grasa de 6,11%, fibra de 6,47%, proteína de 17,83% y carbohidratos de 56,27%. Estos resultados son consistentes con las normativas ecuatoriana y estudios anteriores, lo que indica que ambas variedades poseen un alto valor nutricional y son aptas para la producción de harina precocida."
- La precocción de las harinas de quinoa INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia afectó sus propiedades nutricionales de manera significativa. Los análisis mostraron que la precocción mejora la solubilidad de la harina precocida y afecta significativamente el contenido proteico del grano precocido, lo cual es beneficioso para su uso en diversas

aplicaciones alimentarias. Además, se observó que la temperatura y el tiempo de precocción son factores cruciales para mantener las propiedades nutricionales del grano durante el proceso de precocción

- Se logró una optimización que permitió determinar las mejores condiciones para la precocción de la quinoa y la elaboración de harina precocida. Este proceso se realizó a una temperatura de 110 °C durante 10 minutos, lo que resultó en un rendimiento del 81,66% y un producto final con una alta solubilidad en la harina precocida. Esta mejora en las condiciones de precocción contribuye significativamente a obtener una harina de mayor calidad y funcionalidad.
- Los análisis reológicos realizados con el Mixolab han mostrado resultados negativos en la harina de quinoa el cual presenta un comportamiento distinto al de la harina de trigo debido a la ausencia de gluten. Esto se traduce en una masa menos cohesiva y elástica, lo que impacta significativamente en muchos procesos de panificación y otros productos alimenticios. Además, las diferencias en el almidón de quinoa influyen en parámetros críticos como la gelatinización y la retrogradación, que son evaluados por el Mixolab, limitando su funcionalidad en comparación con la harina de trigo.

6. RECOMENDACIONES

- La harina precocida de quinoa puede mantener su frescura durante un período prolongado si se almacena adecuadamente. Se recomienda conservarla en un lugar fresco y seco, además de utilizar envases herméticos que la protejan de la humedad y la luz, esto asegura que se preserven sus características y calidad durante más tiempo.
- Es esencial explorar nuevos métodos de precocción, ya que estos pueden tener un impacto significativo en la calidad y la vida útil de la harina. Entre las técnicas más innovadoras se incluyen la cocción al vapor y la extrusión. Estas metodologías no solo pueden mejorar la textura y la digestibilidad de la harina, sino que también contribuyen a prolongar su vida útil. La implementación de estos procesos avanzados puede resultar en productos finales más saludables y con mejores características organolépticas.

- Se recomienda ajustar cuidadosamente la temperatura y el tiempo de precocción para maximizar la solubilidad de la harina sin comprometer significativamente el contenido de proteínas. Realizar experimentos adicionales para encontrar el punto óptimo que balancee estos dos factores.
- Implementar un control de calidad riguroso para asegurar que el contenido de proteína y otros nutrientes esenciales cumplan consistentemente con las normas establecidas, como la norma INEN 3240.
- Explorar y desarrollar nuevas técnicas de precocción que puedan minimizar la pérdida de nutrientes mientras se mantiene o mejora la solubilidad y digestibilidad de la harina

7. BIBLIOGRAFÍAS

- Aderinola, T. (2016). Effects of processing techniques on the functional properties of wheatbreadfruit composite flour. *23*, 2759-2762.
- Alanoca, C., & Machaca, E. (2018). Caracterización agromorfológica de 10 accesiones y variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones del Valle Alto de Cochabamba. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*, 21.
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), Article 3. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Alvarado, J., Camacho Casas, M. A., Chávez Vallalba, G., López, P., Castillas, E., & Camarillo, M. (2014). Bacali F2011, variedad de trigo harinero-panadero para su cultivo en el DDR 014, Río Colorado. *Revista mexicana de ciencias agropecuarias*.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-

09342014001100006

Antezana Calderón, R. (2017). Rendimiento de siete cultivares de quinua grano blanco (*Chenopodium quinoa* Willd.). EEA Canaán—INIA, 2735 msnm. Ayacucho. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2664>

Bianco D, H. W., Capote L, T., & Garmendia G, C. (2014). Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 45(2), 50-63.

Borja Garcia, M. B., & Cortez Lema, A. G. (2021). Caracterización agronómica y morfológica de nueve accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* w.), en las localidades de Lagucoto III y Jatunpamba en el cantón Guaranda provincia Bolívar [bachelorThesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agronómica]. <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3895>

Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Elsevier.

Bravo, M., R, J. R., Sánchez, I G., & H, M. H. (2013). estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*chenopodium quinoa*) y kiwicha (*amarantus caudatus*). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(1), Article 1.

Carramiñana Esteban, J. J., Resano Ezcaray, M. H., Lambán Castillo, M. P., & Maza Rubio, M. T. (2011). *Gestión integral de la calidad en la industria alimentaria*. Universidad de Zaragoza.

- Centy Rodríguez, M. N. (2022). Tesis para optar el Grado Académico de Maestra en Sistemas de Gestión de la Calidad e Inocuidad de la Industria Alimentaria Saponina en la calidad nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de quinuas (*Chenopodium quinoa*). <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5266>
- Cerón Fernandez, C. L., Guerra Morcillo, L. V., Legarda Quintero, J. A., Enríquez Collazos, M. G., & Pismag Portilla, Y. (2016). efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 92. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(134\)92-99](https://doi.org/10.18684/BSAA(134)92-99)
- Cerón-Fernandez, C. L., Guerra-Morcillo, L. V., Legarda-Quintero, J. A., Enríquez-Collazos, M. G., & Pismag-Portilla, Y. (2016). efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 92-99. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)92-99](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)92-99)
- Cervilla, N. S., Mufari, J. R., Calandri, E. L., & Guzman, C. A. (2012). Determinación del contenido de aminoácidos en harina de quinua de origen argentino. Evaluación de su calidad proteica. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/198379>
- Collado, C. F., & Lucio, P. B. (1997). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- Cordovilla, C. (2011). Estudio de la concentración de mezclas de harina de maíz (*Zea mays* L.) y panela en la compota de calabaza (*Cucurbita ficifolia* Bouché) [bachelorThesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/5432>
- Cornejo, Y., Martínez-Cruz, O., Toro-Sánchez, C., Wong Corral, F., Borboa-Flores, J., & Cinco-Moroyoqui, F. (2018). The structural characteristics of starches and their functional

- properties. *CyTA - Journal of Food*, 16, 1003-1017.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Crosa. (2014). Elaboración de pan multigrano con harinas precocidas por extrusión. INNOTECH, 9. <https://doi.org/10.26461/09.08>
- Cusanguá Arévalo, K. L. (2019). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum*) por harina precocida de Oca (*Oxalis tuberosa*) para la elaboración de pan blanco [Thesis, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. <http://181.198.77.137:8080/jspui/handle/123456789/871>
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2007). *Fennema's Food Chemistry*. CRC Press.
- Delcour, J., Bruneel, C., Derde, L., Gomand, S., Pareyt, B., Putseys, J., Wilderjans, E., & Lamberts, L. (2010). Fate of Starch in Food Processing: From Raw Materials to Final Food Products. *Annual review of food science and technology*, 1, 87-111.
<https://doi.org/10.1146/annurev.food.102308.124211>
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L., & Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *Información tecnológica*, 30(5), 3-10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Eliasson, A.-C. (2010). Gelatinization and retrogradation of starch in foods and its implications for food quality. En *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages* (pp. 296-323). <https://doi.org/10.1533/9781845699260.2.296>
- Enríquez, M., & Ojeda Caiza, G. L. (2020). Evaluación bromatológica de dietas alimenticias, con la inclusión de harina de plátano de rechazo. *Revista ESPAMCIENCIA*, 11(1), 12-18.
- Espinoza Magdalena. (2022). ingeniera agrícola mención agroindustrial. 75.

- Espitia-Pérez, P. J., Pardo-Plaza, Y. J., & Montalvo-Puente, A. P. (2013). Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátanos variedades Papocho y Pelipita (Musa ABB Simmonds). *Acta Agronómica*, 62(3), 189-195.
- Estelo, G. G. S. (1995). ingeniera en industrias alimentarias.
- fuentes, m. g. (2020). evaluación del estado de madurez, temperatura de almacenamiento y tipo de envase sobre las propiedades funcionales de berro *Nasturtium officinale*. 122.
- García, G. (2024, marzo 20). La importancia de la harina en la industria de alimentos. THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas. <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/la-importancia-de-la-harina-en-la-industria-de-alimentos/>
- González, Z. F., Font, A. J. Q., Ochoa, M. Y. M., Rodríguez, E. C., & Estrada, A. M. B. (2020). La malnutrición; problema de salud pública de escala mundial. *MULTIMED*, 24(1), Article 1. <https://revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/1629>
- Gutiérrez, D. (2012, agosto 5). Quinoa Ecuador: Historia de la Quinoa. Quinoa Ecuador. https://quinuaecuador.blogspot.com/2012/08/historia-de-la-quinua_5.html
- Haug, W., & Lantzsch, H.-J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(12), 1423-1426. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740341217>
- Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Muñoz, D., Mestanza, C., Ochoa, J., Castillo, C., Murillo, A., Villacrés, E., Monar, C., Pichazaca, N., & Murphy, K. (2021). Quinoa in Ecuador: Recent Advances under Global Expansion. *Plants*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/plants10020298>

- Iglesias Chérrez, D. L., & Pichucho Molina, P. E. (2021). Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (*Aloysia Citrodora*), mediante secado por aspersión [bachelorThesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://localhost/handle/27000/8176>
- Jilapa Humpiri, R. W. (2019). Agroindustria de la quinua a partir de las variedades Salcedo INIA, rosada de Taraco y Cancolla en la mancomunidad municipal Qhapaq Qolla, Puno, 2016. *Ingeniería Industrial*, 037, 155-177. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2019.n037.4547>
- Ku Soria, P. (2017). PERÚ COMO PRIMER EXPORTADOR DE QUINUA A NIVEL MUNDIAL. *Quipukamayoc*, 25(47), 75. <https://doi.org/10.15381/quipu.v25i47.13805>
- Lasteros, C., Angelica, R., Zare, D. N., & Paulino, V. (2019). Optimización en la elaboración de galletas utilizando harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*).
- León Huamán, P. D. (2020). Caracterización morfológica y componentes de rendimiento de cien accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*) procedentes de cuatro regiones del país. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6428>
- Liu, K. (2012). *Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization*. Springer.
- Magro Porras, M. A. (2015). Caracterización fisicoquímica, químico proximal y sensorial de harina pre-cocida a partir de semilla germinada de Linaza (*Linum usitatissimum*) mediante autoclavado y tostado. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1296>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación (1.^a ed.). Instituto

Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.

<https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>

Mera Vizcaíno, L. P., & Toapanta Vargas, F. J. (2016). Elaboración de una bebida fortificada a partir de la variedad de amaranto INIAP alegría (*Amaranthus caudatus* L.) y la variedad de quinua INIAP tunkahuan (*Chenopodium quinoa* Willd.) con tres concentraciones y tres tipos de endulzantes (estevia, panela y miel de abeja) para garantizar la seguridad alimentaria en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Eloy Alfaro, sector Salache, laboratorios académicos de la carrera de ingeniería agroindustrial, en el periodo 2014-2015 [bachelorThesis, LATACUNGA / UTC / 2016].
<http://localhost/handle/27000/2632>

Mollinedo Patzi, M. A., & Benavides Calderón, G. L. (2014). Carbohidratos. Revista de Actualización Clínica Investiga, 2133.

Mollisaca Mamani, P. E., Bonifacio Flores, A., Mollisaca Mamani, P. E., & Bonifacio Flores, A. (2021). Rendimiento y análisis bromatológico de subproductos de trilla de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Kiphakiphani, La Paz—Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 8(3), 59-65.
<https://doi.org/10.53287/vjfz8823in19b>

Moncayo, M. F. C., Padilla, C. A. P., Argilagos, M. R., & Caicedo, R. G. (2021). La desnutrición infantil en Ecuador. Una revisión de literatura. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 61(4), Article 4.

- Morales Pérez, P., & Velasco Recking, E. (Asesor). (2019). Analisis de elementos metalicos para la denominación de origen de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia. [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/18124>
- Mora-Rochin, S., Gutiérrez-Uribe, J. A., Serna-Saldivar, S. O., Sánchez-Peña, P., Reyes-Moreno, C., & Milán-Carrillo, J. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 502-508. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.08.010>
- Murillo I, A., Rodríguez Ortega, D. G., Vega Jiménez, L. E., Yumisaca Jiménez, S. F., Mazón, N., & Peralta I., E. (2023). INIAP- EXCELENCIA Variedad Mejorada de Quinoa Precoz. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6047>
- Naranjo, D. B. (2017). Evaluación tecnológica de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad piartal como espesante alimentario obtenida bajo diferentes condiciones de proceso. 62.
- Navarro-Perez, D., Radcliffe, J., Tierney, A., & Jois, M. (2017). Quinoa Seed Lowers Serum Triglycerides in Overweight and Obese Subjects: A Dose-Response Randomized Controlled Clinical Trial. *Current Developments in Nutrition*, 1(9), e001321. <https://doi.org/10.3945/cdn.117.001321>
- Norma Inen | PDF | Cereales | Quinoa. (2013). <https://es.scribd.com/document/433191150/norma-inen>
- Núñez Villacís, G. E. (2021). Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos de alta digestibilidad proteica [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad

- de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos].
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/32122>
- Orgaz García, G. (2020, octubre). Adaptación de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) a las condiciones agroecológicas de la zona centro peninsular (east=-2.6405659; north=41.0680324; name=Sigüenza, Guadalajara Castilla-La Mancha, España) [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM). <https://oa.upm.es/65953/>
- Otero-Ortega, A. (2018). ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN.
- Paitán, H. Ñ., Mejía, E. M., Ramírez, E. N., & Paucar, A. V. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa—Cualitativa y redacción de la tesis. Ediciones de la U.
- Paredes Pérez, A. M. (2023). Digestibilidad gastrointestinal in vitro y actividad antioxidante de la proteína aislada de una mezcla de harinas precocidas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y amaranto (*Amaranthus caudatus*) [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Alimentos]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/39308>
- Peralta I., E. (2009). La quinua en Ecuador. «Estado del arte».
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/805>
- Peralta I., E. (2010). INIAP Tunkahuan: Variedad mejorada de quinua.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2639>
- Pérez Córdova, A. R. (2007). El desconocimiento del valor nutritivo de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y la incidencia en el consumo en niños de edad escolar de la

- parroquia El Rosario del cantón Pelileo [bachelorThesis].
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/3388>
- Pérez, R. (2020). La Industria Harinera en el Ecuador y el posible uso de la harina a base del bagazo de cerveza como producto sustituto. *CONNECTIVIDAD*, 1(2), Article 2.
<https://doi.org/10.37431/conectividad.v2i1.15>
- Pérez Ramos, K., Elías Peñafiel, C., & Delgado Soriano, V. (2017). Bocado con alto contenido proteico: Un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 377-388.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>
- Pismag, R. Y., Rivera, J. D., Hoyos, J. L., Bravo, J. E., & Roa, D. F. (2024). Effect of extrusion cooking on physical and thermal properties of instant flours: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1398908>
- Quishpe Quishpe, S. I. (2019a). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo, por harinas precocidas de quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*) en la calidad sensorial de la pasta [Thesis, Universidad Politécnica Estatal del Carchi].
<http://181.198.77.137:8080/jspui/handle/123456789/874>
- Quishpe Quishpe, S. I. (2019b). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo, por harinas precocidas de quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*) en la calidad sensorial de la pasta [Thesis, Universidad Politécnica Estatal del Carchi].
<http://181.198.77.137:8080/jspui/handle/123456789/874>
- Quispe Rondan, K. (2019). Estimación de la incertidumbre en la determinación de humedad, ceniza, grasa y proteína en mezcla de harinas (alimento de reconstitución instantánea).

- Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4571>
- Real, S., Páez, M. C., Solano, L., & Fajardo, Z. (2002). Consumo de harina de maíz precocida y su aporte de hierro y vitamina a en preescolares de bajos recursos económicos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(3), 274-281.
- Rubén, D., & Pereyra. (2015). Quinoa, regalo ancestral: Historia, contexto, tecnología, políticas. 68.
- Sánchez, H. D., González, R. J., Osella, C. A., Torres, R. L., & de la Torre, M. A. G. (2008). Elaboración De Pan Sin Gluten Con Harinas De Arroz Extrudidas Elaboration of Bread Without Gluten from Extruded Rice Flours. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, 6(2), 109-116. <https://doi.org/10.1080/11358120809487635>
- Sangronis, E., Machado, C., & Cava, R. (2004). Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* Y *Cajan cajan*) germinadas. *Interciencia*, 29(2), 80-85.
- Sultani, Z. I. M. (1993). *Advances in Baking Technology*. Kamel, Basil S. & Clyde E. Stauffer (Eds.). 1993. *Advances in Baking Technology*. Glasgow: Springer-Science+Business Media, B.V.
https://www.academia.edu/44370630/Advances_in_Baking_Technology
- Toapanta, C. (2011). Enriquecimiento de la harina de trigo duro a base de dos tipos de hortalizas acelga (*beta vulgaris* var *cicla*); y espinaca (*spinacia oleracea*) a diferentes concentraciones y dos tipos de secado (deshidratación y secado natural). <http://localhost/handle/27000/911>
- Torres, A., & Guerra, M. (2003). Sustitución parcial de harina de maíz precocida con harina de quinchocho (*Cajanus cajan*) para la elaboración de arepas. *Interciencia*, 28(11), 660-664.

- Torres Alberca, M. R. (2015). Elaboración y Evaluación Nutricional de un Cupcake a base de harina de Achira (*Canna_ edulis*) fortificado con harina de Garbanzo (*Cicer arietinum* l) y Papaya (*Carica papaya*) [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4024>
- Urbina Dicao, K. S., Santacruz Terán, S. G., Guapi Álava, G. M., Revilla Escobar, K. Y., & Aldas Morejon, J. P. (2023). Caracterización fisicoquímica de los cereales y funcionalidad de las harinas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 33-41.
- Vaca Cayo, G. L. (2024). Elaboración de galletas a base de la harina de Cebada (*Hordeum Vulgare*) con la sustitución parcial de productos residuales de la extracción de aceite de nuez (*Juglans Regia* l.), utilizando dos tipos de leudantes (levadura y royal) [bachelorThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://localhost/handle/27000/11764>
- Varriano-Marston, E., & DeFrancisco, A. (1984). Ultrastructure of Quinoa Fruit (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Structure*, 3(2). <https://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructure/vol3/iss2/9>
- Vicuña del Río, M. (2013). Las formas de la densidad residencial: El caso del Gran Santiago, Chile. 991-1009. <https://doi.org/10.5821/siiu.5910>
- Villena Carrión, J. (2023). Perfil nutricional de la vaina del haba (vicia faba) y propiedades tecnofuncionales de su harina. <https://riunet.upv.es/handle/10251/197563>
- Xi, Y., Fan, X., Zhao, H., Li, X., Cao, J., & Jiang, W. (2017). Postharvest fruit quality and antioxidants of nectarine fruit as influenced by chlorogenic acid. *LWT*, 75, 537-544. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.004>

Zamudio Ayala, D. (2018). Relación de la morfología de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3446>

8. ANEXOS

Anexo 1.- Datos informativos del docente tutor

DATOS PERSONALES

CÉDULA DE CIUDADANÍA	0502645435
FECHA DE NACIMIENTO	15/10/1984
ESTADO CIVIL	Casado
CIUDAD	Latacunga
DOMICILIO	La Merced, Quijano y Ordoñez y Juan Abel Echeverría 7-60
TELÉFONO	(03)2802455 / 0999084592
LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL	DOCENTE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
TELÉFONO	0322253162
CORREO ELECTRÓNICO	rojas_orlando1984@hotmail.com



Anexo 2.-Datos informativos del postulante Joselyn Amanta

Datos personales

Apellidos y nombres: Joselyn Julissa Amanta Milan

Cédula de ciudadanía: 1755534789

Fecha de nacimiento: 08 de julio del 2000

Estado civil: Soltera

Ciudad: Cayambe

Domicilio: Barrio la Merced de Ascázubi

Teléfono: 0968375821

Correo electrónico:

joselyn.amanta4789@gmail.com



Formación académica

Estudios primarios: Escuela “Benigno Malo”

Dirección: San Vicente de Guayllabamba

Estudios secundarios: Unidad Educativa “Cardenal de la Torre”

Dirección: Quito- El Quinche

Estudios universitarios: Universidad Técnica de Cotopaxi (octavo ciclo)

Idiomas: Suficiencia en ingles B1

Cursos realizados

- Cuarta jornada de Investigación Agroindustrial.
- Semana de la difusión del Centro de Emprendimiento UTC.
- Seminario Nacional de Innovación y Emprendimiento en Tiempos de Pandemia y Postpandemia “Emprender con Éxito”.
- II Congreso Internacional De Vinculación con la Sociedad, Impactos y Aprendizaje En El Contexto COVID.
- Seminario Internacional de Intercambio Científico.

Experiencia Laboral

- Heladería Omega/ Salache Promejoras
- Empresa “Salazar Gómez / Quito- Pifo

Anexo 3.-Datos informativos del postulante Kleber Chicaiza

Datos personales

Apellidos y nombres: Kleber Adrian Chicaiza Tipanluiza

Cédula de ciudadanía: 1752632354

Fecha de nacimiento: 05 de mayo del 2000

Estado civil: Soltero

Ciudad: Quito- El Quinche

Domicilio: San José del Quinche

Teléfono: 0968552604

Correo electrónico: kleber.chicaiza2354@gmail.com



Formación académica

Estudios primarios: Escuela Franciscana Cristo Rey

Dirección: Quito- El Quinche

Estudios secundarios: Colegio Técnico Agropecuario “Eduardo Salazar Gómez”

Dirección: Quito- Pifo

Estudios universitarios: Universidad Técnica de Cotopaxi (octavo ciclo)

Idiomas: Suficiencia en inglés B1

Cursos realizados

- Bachillerato Técnico en producción láctea
- Cuarta jornada de Investigación Agroindustrial.
- Semana de la difusión del Centro de Emprendimiento UTC.
- Seminario Nacional de Innovación y Emprendimiento en Tiempos de Pandemia y Postpandemia “Emprender con Éxito”.
- Seminario Internacional de Intercambio Científico.

Experiencia Laboral

- Empresa “San Luiz”
- Heladería Omega/ Salache Promejoras
- Empresa “Salazar Gómez / Quito- Pifo

AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO

Yo Guanin Taipe José Francisco, con cédula de identidad número: 1804031274, Magister en Ciencias de la Educación Especialidad Inglés con número de registro de la SENESCYT No. 1010-2024-2873443; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“Evaluación de las propiedades funcionales y nutricionales de harinas precocidas de dos variedades de quinoa (*chenopodium quinoa*) iniap tunkahuan e iniap excelencia”** de: **Amanta Milan Joselyn Julissa y Chicaiza Tipanluiza Kleber Adrian** de la carrera de **Agroindustria**, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

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

Latacunga, 16 de agosto del 2024.



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

Anexo 5.-Precocción de las variedades de quinoa INIAP Tunkahuan e INIAP Excelencia

<i>PRE COCCIÓN EN AUTOCLAVE</i>		
 <p><i>pesado de las muestras</i> 200 g y 100 g</p>	 <p><i>Añadir agua</i></p>	 <p><i>Envases a prueba de presión con muestras más agua</i></p>
 <p><i>Autoclave a diferentes temperaturas y tiempos</i></p>	 <p><i>Precocción terminada</i></p>	 <p><i>Secado 70 °C por 24 horas</i></p>
 <p></p>	 <p></p>	 <p><i>Molienda de la quinoa Iniap</i></p>

Anexo 6.-Análisis bromatológicos de la semilla de quinoa variedad Tunkahuan

SETLAB

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

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

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10061

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Srta: Joselyn Amanta

Domicilio / Address

Teléfonos / Telephones

Latacunga

0968375821

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

Quinoa/INIAP Tunkahuan

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

RESULTADOS BROMATOLOGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	10.18	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	89.82	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	15.84	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	6.19	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	6.07	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	2.02	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 923.03
MATERIA ORGANICA, (%)	97.98	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 923.03
CARBOHIDRATOS, (%)	59.70	Cálculo

Emitido en: Riobamba, el 5 junio de 2024

Dr. William Viñan A.
RESPONSABLE TECNICO

SETLAB

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

Anexo 7.-Análisis bromatológicos de la semilla de quinoa variedad Excelencia

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: lucasl@setlab.com
Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10060

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant	
Srta: Joselyn Amanta	
Domicilio / Address	
Latacunga	Teléfonos / Telephones
	0968375821
Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested	
Quinoa/INIAP Excelencia	
Marca comercial / Trade Mark	
No tiene	
Características del producto / Ratings of the product	
Color, Olor y sabor característico	

RESULTADOS BROMATOLOGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	10.98	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	89.02	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	17.83	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	6.47	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	6.11	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	2.34	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 923.03
MATERIA ORGANICA, (%)	97.66	AOAC/Gravimétrica/ AOAC 923.03
CARBOHIDRATOS, (%)	56.27	Cálculo

Emitido en: Riobamba, el 5 junio de 2024

Dr. William Viñan A.
RESPONSABLE TECNICO

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

Anexo 8.-Análisis físicos de la harina precocida variedad Tunkahuan y Excelencia

Análisis físicos de las harinas precocidas de quinoa.



Prueba de solubilidad



Prueba de higroscopia



Prueba de densidad compactada



Prueba de densidad aparente



Prueba de ángulo de reposo



Prueba de humedad

Anexo 9.-Análisis bromatológicos de la harina precocida de quinoa variedad Tunkahuan

SETLAB

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

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

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10082

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Srta: Joselyn Amanta

Domicilio / Address

Latacunga

Teléfonos / Telephones

0968375821

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

Quinoa/INIAP Tunkahuan/Corrida 3 Tc3 120° 10 min

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

RESULTADOS BROMATOLOGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	3.28	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	96.72	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	21.08	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	6.33	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	6.71	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	2.84	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
MATERIA ORGANICA, (%)	97.16	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
CARBOHIDRATOS, (%)	59.76	Cálculo

Emitido en: Riobamba, el 23 julio de 2024

Dr. William Viñan A.
RESPONSABLE TECNICO

SETLAB

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

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

Anexo 10.- Análisis bromatológicos de la harina precocida de quinoa variedad Excelencia

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: luciasilyax@yahoo.com
"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10081

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant	
Srta: Joselyn Amanta	
Dirección / Address	
Latacunga	
Teléfonos / Telephones	
0968375821	
Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested	
Quinoa/INIAP Excelencia/Corrida 4 Ex.C4120° 30 min	
Marca comercial / Trade Mark	
No tiene	
Características del producto / Ratings of the product	
Color, Olor y sabor característico	

RESULTADOS BROMATOLOGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	5.12	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	94.88	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	21.59	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	7.15	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	7.04	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	2.77	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
MATERIA ORGANICA, (%)	97.23	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
CARBOHIDRATOS, (%)	56.33	Cálculo

Emitido en: Riobamba, el 23 julio de 2024

Dr. William Viñan A.
RESPONSABLE TECNICO

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

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

Anexo II.-Carta emitida de los análisis funcionales de las variedades de quinoa



Guayaquil, 29 de Julio del 2024

Señores UTC.

Estimado Ingeniero Orlando Rojas, por medio de la presente le comunicamos, que luego de realizar los ensayos en el equipo Mixolab II con las muestras harina de quinua y harina de cebada, el equipo (Mixolab II) no da resultados de los análisis, esto se debe a las características propias reológicas de estas harinas, por lo que no podemos realizar los análisis de las muestras mencionadas.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Christian Moreira", written over a light blue horizontal line.

Christian Moreira.
Analista de Calidad y Desarrollo
Granotec Ecuador S.A.