



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN  
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

---

Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos de alta digestibilidad proteica.

---

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

**Autora:** Gabriela Elizabeth Núñez Villacis

**Tutora:** Mayra Liliana Paredes Escobar. PhD

Ambato-Ecuador

Febrero 2021

## APROBACIÓN DE LA TUTORA

**PhD. Mayra Liliana Paredes Escobar**

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 28 de enero del 2021



PhD. Mayra Liliana Paredes Escobar

CI: 0501873954

**TUTORA**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Gabriela Elizabeth Núñez Villacis, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y seguros; a excepción de las citas bibliográficas.

Handwritten signature in blue ink that reads "Gabriela Núñez".

.....

Gabriela Elizabeth Núñez Villacis

C.I. 1804386918

**AUTORA**

## APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Docentes Calificadores, aprueban el presente trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Ing. Liliana Patricia Acurio Arcos, MSc.

Presidente de Tribunal



JILCACUNDO CH  
3.

Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro, PhD.

C.I.: 180273810-2



Ing. Dayana Cristina Morales Acosta, PhD.

C.I.: 180413557-0

Ambato, 28 de enero del 2021

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública; además, apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.



.....

Gabriela Elizabeth Núñez Villacis

CI. 180438691-8

**AUTORA**

## DEDICATORIA

*A mis padres Marcos e Hilda*

*Por nunca dejarme caer, por estar pendientes de mí, por su apoyo en todo momento, nunca se los podré pagar, porque todo el sacrificio fue aprovechado de la mejor manera, esto es fruto de infinidad de situaciones que hemos logrado superar juntos, su cariño y comprensión siempre.*

*A mi hermana Michelle*

*Por estar alentándome y aprendiendo juntas durante todo el tiempo académico transcurrido.*

*A todos quienes hicieron posible este logro con sus buenos consejos, apoyo, estoy eternamente agradecida.*

## AGRADECIMIENTO

*Primero a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para lograr alcanzar esta meta.*

*A mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi época universitaria.*

*A mi hermana por su apoyo en todo momento tanto en la parte académica como en la vida diaria.*

*A Mayra Paredes, PhD, por su paciencia, su guía, sus consejos, la confianza brindada hacia mi persona y por todo su apoyo.*

*Al Ingeniero Crhistian Carrillo por confiar en mi persona y abrirme las puertas en su empresa durante todo el desarrollo del proyecto.*

*A Elena Villacrés, PhD, por brindarme la apertura a INIAP, al igual por su confianza brindada.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TUTORA.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO .....	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. Tema .....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos .....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes investigativos.....	4
2.2. Hipótesis .....	31
2.2.1. Hipótesis nula .....	31
2.2.2. Hipótesis alternativa.....	31
2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis.....	31
CAPÍTULO III .....	32
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Materiales.....	32
3.2. Métodos.....	33
3.3. Diseño experimental .....	39
3.4. Análisis de resultados .....	47
CAPÍTULO IV .....	48
RESULTADOS .....	48



4.1. Análisis y discusión de resultados .....	48
CAPÍTULO V .....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	62
5.1. Conclusiones .....	62
5.2. Recomendaciones .....	63
Referencias Bibliográficas .....	64
Anexos .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos físicos .....	11
Tabla 2. Requisitos físicos y químicos de la harina de quinua.....	11
Tabla 3. Requisitos microbiológicos de la harina de quinua.....	12
Tabla 4. Componentes nutricionales de la quinua (100g).....	13
Tabla 5. Aminoácidos de la quinua 100g.....	13
Tabla 6. Exportaciones de quinua en el Ecuador en Toneladas Métricas (TM)....	15
Tabla 7. Requisitos físicos de los tres grados de calidad del amaranto .....	21
Tabla 8. Requerimientos específicos del grano de amaranto .....	21
Tabla 9. Valor nutritivo de los granos del amaranto.....	23
Tabla 10. Producción del Amaranto en el Ecuador .....	25
Tabla 11. Tratamientos .....	40
Tabla 12. Humedad de la harina precocida de quinua por el método en plancha .	48
Tabla 13. Humedad de la harina precocida de quinua por el método en marmita	48
Tabla 14. Humedad de la harina precocida de amaranto por el método en secado de plancha.....	49
Tabla 15. Humedad de la harina precocida de amaranto por el método en marmita .....	49
Tabla 16. Poder de hinchamiento de la harina precocida de quinua por el método de secado en plancha.....	50
Tabla 17. Poder de hinchamiento de la harina precocida de quinua en marmita ..	50
Tabla 18. Poder de hinchamiento de la harina precocida de amaranto por el método de secado en plancha .....	51
Tabla 19. Poder de hinchamiento de la harina precocida de amaranto en marmita .....	51
Tabla 20. Pruebas Mixolab.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Quinua .....	5
Figura 2. Quinua blanca .....	6
Figura 3. Quinua roja .....	7
Figura 4. Quinua negra.....	8
Figura 5. INIAP Tunkahuan.....	8
Figura 6. Amaranto .....	16
Figura 7. Amaranto pseudocereal.....	17
Figura 8. Precocción Marmita .....	27
Figura 9. Secado por rodillos .....	27
Figura 10. Proceso de extrusión .....	28
Figura 11. Generador de vapor.....	30
Figura 12. Obtención de la harina de quinua.....	33
Figura 13. Proceso de obtención de la harina precocida de amaranto .....	35
Figura 14. Precocción de quinua en plancha .....	37
Figura 15. Precocción de amaranto en plancha .....	37
Figura 16. Proceso de pre cocción de la quinua en marmita.....	38
Figura 17. Proceso de pre cocción del amaranto por marmita .....	39
Figura 18. Indicadores generales del estado del Mixolab .....	44
Figura 19. Manipulaciones previas al análisis.....	44
Figura 20. Manipulación de la vasija .....	45
Figura 21. Configuración de Mixolab Chopin .....	46
Figura 22. Absorción de agua.....	53
Figura 23. Prueba farinógrafo- Absorción del agua .....	54
Figura 24. Tiempo de desarrollo.....	54
Figura 25. Estabilidad de la quinua y amaranto por los dos métodos .....	55
Figura 26. Debilitamiento de la harina precocida de quinua y amaranto .....	56
Figura 27. C1: Desarrollo de la masa.....	58
Figura 28. C2: Debilitamiento de las proteínas basado en el trabajo mecánico y la temperatura. ....	59
Figura 29. C3-Gelatinización del almidón .....	60
Figura 30. C5: Retrogradación del almidón .....	61

## RESUMEN

Las harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos presentan gran importancia por su alta digestibilidad proteica. El presente trabajo de investigación desarrolló harinas precocidas de alta digestibilidad proteica, utilizando la quinua y el amaranto. Se realizó una caracterización comercial de estos pseudocereales a través de una minuciosa revisión bibliográfica. Se sometió a la quinua y amaranto a una operación de gelatinización, utilizando los métodos de precocción: en plancha y cocción en marmita, posteriormente se disminuyó el contenido de humedad mediante un secado en un horno con aire forzado en contra corriente. Los resultados, en cuanto al poder de hinchamiento de las harinas precocidas mostraron una completa gelatinización y una alta capacidad de absorción de agua. La capacidad de absorción de agua para las harinas precocidas mostró valores de 119,1 y 127,2% para harina precocida de quinua por el método en marmita y en plancha respectivamente. Los resultados reológicos obtenidos mostraron un comportamiento farinográfico típico de harinas precocidas, pues el tiempo de desarrollo más bajo fue de 0,9 min para el método de precocción en plancha de quinua y amaranto, mientras que el más alto fue de 1,9 min correspondiente a la quinua por el método de precocción en marmita, además las pruebas realizadas en el Mixolab confirmaron que la gelatinización obtenida fue del 100% en todos los tratamientos. La muestra de harina precocida de quinua por el método en plancha obtuvo un índice de retrogradación del almidón de 0,24 Nm, siendo el mayor valor respecto al resto de muestras.

**Palabras claves:** Harinas precocidas, pseudocereales, calidad alimentaria, digestibilidad proteica, quinua, amaranto.

## ABSTRACT

Precooked flours from pseudocereals and yinos are of great importance due to their high protein digestibility. The present research work developed precooked flours with high protein digestibility, using quinoa and amaranth. A commercial characterization of these pseudo-cereals was carried out through a thorough bibliographic review. The quinoa and amaranth were subjected to a gelatinization operation, using the precooking methods: on a griddle and cooking in a kettle, subsequently the moisture content was decreased by drying in an oven with forced air against the current. The results, regarding the swelling power of the precooked flours, a complete gelatinization and a high water absorption capacity appeared. The water absorption capacity for the precooked flours showed values of 119.1 and 127.2% for precooked quinoa flour by the pot and griddle method respectively. The rheological results obtained a typical farinographic behavior of precooked flours, since the lowest development time was 0.9 min for the precooking method in quinoa and amaranth plate, while the highest was 1.9 min at the quinoa by the method of precooking in a pot, in addition to the tests carried out in the Mixolab confirmed that the gelatinization obtained was 100% in all treatments. The sample of precooked quinoa flour by the plate method obtained a starch retrogradation index of 0.24 Nm, being the highest value with respect to the rest of the samples.

**Keywords:** Precooked flours, pseudo-cereals, food quality, protein digestibility, quinoa, amaranth.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Tema

Desarrollo de harinas precocidas a partir de Pseudocereales Andinos de alta digestibilidad proteica.

### 1.2. Justificación

La importancia de las harinas precocidas a partir de los pseudocereales andinos se da por la alta digestibilidad proteica, pues al venir de semillas de flores a diferencia de los cereales de frutos de espigas gramíneas, su uso culinario como harina o grano tiene propiedades nutricionales similares a los de los cereales. Según el estudio de Chaparro et al., (2010); quienes desarrollaron el tema: “Efectos de la germinación sobre: El contenido y Digestibilidad de proteínas en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul”, reportan que la calidad de proteína realmente asimilable (proteína digestible), se encuentra entre el 70% y 90% de lo ofrecido por las semillas en sus diferentes estados de germinación”.

Basado en lo anterior, se justifica la alta digestibilidad proteica de los pseudocereales andinos a estudiar; por lo que, el desarrollo de harinas precocidas sería un valioso aporte a la comunidad, como producto alimenticio saludable. De la misma manera y en concordancia con lo anterior; los autores Dyner et al., (2016); después de estudiar el contenido de calcio, fibra dietaria y fitatos en diversas harinas de cereales, pseudocereales y otros, mencionan que la importancia de los pseudocereales es debida a la superior calidad proteica comparada con el trigo, por su alto contenido en lisina. Además de ello se le atribuyen importantes propiedades antioxidantes debido al elevado contenido de rutina, por lo cual se lo considera un alimento funcional.

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

formulación de diversos productos listos para el consumo, como coladas, bebidas, suplementos, pastas, entre otros.

Además, una de las ventajas que los productos provenientes de los pseudocereales como las harinas precocidas, es que estos productos no contienen o están libres de gluten, por lo que puede ser aprovechado en personas que tienen problemas de salud gastrointestinales.

Los pseudocereales que se plantea estudiar son la quinua y el amaranto, cada uno de estos tienen propiedades nutricionales únicas y además su utilización promueve un aporte a la soberanía alimentaria; así lo destacan los autores Carrillo, Vilcacundo y Carpio (2015), quienes mencionan diferentes actividades biológicas de los componentes aislados de amaranto y quinua como actividad antibacteriana, antitumoral, antioxidante, antiinflamatoria y antihipertensiva, demostrando que tanto el amaranto como la quinua pueden ser una buena fuente de compuestos bioactivos (Carrillo, Vilcacundo, & Carpio, 2015)

Lo anterior también se enmarca en lo que postula el “Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021 Toda una Vida de Ecuador” en el objetivo 6, el cual menciona: “Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural” (SENPLADES, 2017). Todo lo descrito anteriormente, debería ser considerado como prioridad dentro de la toma de decisiones de producción y nutrición en todos los niveles y estratos sociales, pues con estos y más productos de similares características, se aporta al cumplimiento de algunas metas dentro de este objetivo 6, como el que menciona “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible” (SENPLADES, 2017).

En relación a lo expuesto, la presente investigación permitirá un avance en la elaboración de harinas pre-cocidas de pseudocereales, mediante la estandarización de la materia prima, del proceso y del producto terminado.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Desarrollar harinas precocidas a partir de Pseudocereales Andinos de alta digestibilidad proteica.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar comercialmente la materia prima.
- Establecer la metodología para la obtención de harinas precocidas.
- Evaluar la funcionalidad de las harinas precocidas.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes investigativos

##### 2.2.1. Pseudocereales

Según el prefijo “pseudo”, que significa “falso”, generalmente confunde su significado denotando que son los alimentos más pequeños que se consume y se encuentra en la segunda categoría de los cereales de toda la vida. Los pseudocereales son una alternativa muy efectiva y buena ya que sustituyen a los cereales verdaderos. Generalmente los pseudocereales provienen de semillas de flores, y este es el motivo de la diferenciación de los cereales que son frutos de espigas de gramíneas. Su nombre nace de su aspecto y uso culinario ya sea a su vez harina o grano y propiedades nutricionales son similares a los de los cereales. Es decir, los pseudocereales son en realidad semillas de flores con propiedades similares a los cereales naturales (ILSI Nor-Andino, 2018).

Por otra parte, los pseudocereales han estado subexplotados hace ya unos años siendo la quinua una de las semillas más usadas, así se ha mencionado recientemente en el Año Internacional de la Quinua donde se ha especificado la importancia y utilidad de este tipo de cultivos. A través de su mensaje "El futuro hace miles de años", es evidente que se puede promover el papel de los alimentos ancestrales en la seguridad alimentaria. El principal objetivo del Año Internacional de la Quinua es llamar la atención mundial sobre este cultivo olvidado y su papel como aliado clave en la seguridad alimentaria. Muchos países participaron de esta celebración, y hoy se puede considerar que la quinua no solo existe en los Andes, sino que también existe en todos los continentes de la tierra, sufriendo adaptación en su territorio como organización no gubernamental (Bojanic, 2011).

Para Dyner, Ferreyra y Apro (2016) menciona las siguientes características:

- Mayor valor nutricional que los cereales
- Destacan por su riqueza en aminoácidos
- Son mucho más fáciles de digerir

- Los pseudocereales no contienen gluten

### 2.2.2. Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

La quinua es una planta del género *Chenopodium*, pero debido a la forma de grano que posee y composición química se sabe que la quinua es un pseudocereal. Es un grano altamente nutritivo, identificado como un cultivo agrícola importante para mejorar la seguridad alimentaria mundo, además puede usarse para promover su mejora genética (García et al., 2018).



**Figura 1. Quinua**  
Fuente: (García et al., 2018)

La quinua revolucionó el mercado mundial en referencia a la industria alimentaria. En las últimas décadas, las propiedades de la quinua han sido valoradas por expertos, los mismos que acuerdan que la quinua es uno de los mejores alimentos en el mundo, lo que le permite reevaluar la persistencia de países desarrollados quienes persiguen un nivel de estilo de vida mucho más saludable.

#### **Morfología de la quinua**

La quinua es una planta hermafrodita porque aparecen dos tipos de flores en la misma planta: hermafroditas y pistiladas. La quinua puede alcanzar alturas de entre 0,7 y 3 metros, según la variedad y condiciones ambientales. Además, tiene un vástago cilíndrico, que se vuelve anguloso debido a las hojas y las ramas. Las hojas poseen pecíolos y láminas. Las flores son claramente diferenciadas y la panícula emerge de la parte superior (Figura 1), son incompletas y no tienen

pétalos. El fruto de la quinua está cubierto por un perigonio fácilmente removible por fricción cuando está seco. El pericarpio es la capa externa donde se ubica la mayor cantidad de saponinas, que le dan el sabor amargo a la quinua sin ningún tratamiento postcosecha, característico de algunas variedades (Doyle et al., 2015).

### **2.2.2.1. Variedad de Quinua**

Según Mujica y Jacobsen (2016) se presentan 3 variedades de quinua a continuación:

#### **Quinua blanca**

La quinua blanca es nutritiva porque contiene proteínas, fibra, fósforo, hierro, potasio y zinc, además de vitaminas B, E y ácidos y omega 3; la quinua es un grano sin gluten, por lo que puede ser un alimento perfecto para los celíacos. Además, la quinua blanca también contiene dos potentes sustancias biológicamente activas, la queratina y el kaempfer, dos tipos de flavonoides que tienen efectos antiinflamatorios, antivirales, anticancerígenos y antidepresivos. Agregar quinua a la dieta puede aumentar significativamente la ingesta total de estos y otros nutrientes.



**Figura 2. Quinua blanca**  
Fuente: (Mujica & Jacobsen, 2016)

#### **Quinua roja**

Se puede decir que los granos de la quinua roja son algo diferentes, no solo por su color, sino también porque tiene características distintas a la quinua blanca. Aunque los dos granos son muy similares y tienen muchas similitudes en la

composición, la quinua roja proporciona más de proteína y tiene un contenido de riboflavina mucho más alto.

La quinua roja, cocinada, tiene un color marrón y un sabor mucho más intenso que su hermana la blanca. Además, la cáscara es mucho más dura debido al alto contenido de fibra que contiene el grano. Esto hace que la quinua roja tarde mucho más en cocer, como unos 5 minutos más.



**Figura 3. Quinua roja**

Fuente: (Mujica & Jacobsen, 2016)

### **Quinua negra**

En comparación con la quinua blanca, la quinua negra, excepto por el color oscuro, tiene una textura crujiente y un sabor fuerte. La quinua negra tiene un sabor inigualable, pero no es fácil de encontrar. Muchos chefs consideran que esta es una experiencia culinaria única. La quinua negra tiene un contenido de fibra ligeramente más alto, pero se cocina rápidamente. El color negro único se atribuye a la presencia de antocianinas, que previene el daño de los rayos UV y la oxidación de las plantas. También se dice que las antocianinas protegen al cuerpo humano de los radicales libres, enfermedades crónicas, enfermedades cardíacas, cáncer, diabetes, etc.



**Figura 4. Quinua negra**

Fuente: (Mujica & Jacobsen, 2016)

### **INIAP Tunkahuan**

Según Peralta (2010) la variedad de quinua INIAP Tunkahuan nace de una población de germoplasma recolectada principalmente en la provincia del Carchi en Ecuador, por su alto contenido de proteínas, Cenizas, grasa, fibra bruta, carbohidratos, saponina, calcio, fosforo, magnesio y entre muchos más nutrientes es considerada una variedad muy apetecida y solidificante en el mercado al que pertenece. Su época de siembra se caracteriza principalmente entre los meses de noviembre a febrero con una cantidad por semilla aproximadamente de entre 12 a 16 kg donde la distancia de los surcos es de 60 a 80cm.



**Figura 5. INIAP Tunkahuan**

Fuente: (Peralta , 2010)

Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (2018) se presentan las siguientes variedades de quinua:

- **INIA 431 Altiplano**

El grano de quinua "INIA 431-Altiplano" tiene bajo contenido en saponinas (0.03%), sabor dulce, alto contenido proteico (16.19%) y muy buenas propiedades de procesamiento en la harina. Además, su contenido de saponina es dulce junto con su color característico de la capa del fruto que es crema y la episperma de la capa de la semilla es de color blanco, su tamaño es grande.

- **INIA 420 Negra Collana**

Es una amplia variedad, la INIA 420-NEGRA COLLANA por su base genética es un compuesto formado por 13 Germoplasma generalmente de 12 regiones conocidas como "quytujiwras"; comercialmente donde se le ha asignado el nombre INIA 420-NEGRA COLLANA y se reconoce, adapta y se desarrolla eficientemente de manera participativa con productores de las siguientes comunidades campesinas: Collana, Collpa, Cieneguilla, Vizcachani, Ilave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno.

- **INIA 415 Pasankalla**

INIA 415-Pasankalla se originó a partir de unirse Pasankalla, que lleva el nombre de la zona "Kcoitu pasakalla", Aku Jura, Pasakalla, Kaniva Quinua y Caniva Jura, recolectada en 1978. En la región de Caritamaya (Acora, Puno). El proceso de selección de variedades comienza con de 2000 a 2005, en Estación Experimental Agrícola Irpa-Puno. Su mejor desarrollo se logró en la Zona Agrícola Ecológica de la prefectura de Suni en la meseta a una altitud de 3815 a 3900 metros. Clima seco y seco con 400 a 550 mm, temperatura de 4 ° C a 15 ° C.

- **Salcedo INIA**

Se obtuvo la quinua Salcedo INIA por selección surco-panoja por la introducción de material genético del cruce de las variedades "Real Boliviana" x "Sajama", efectuada en Patacamaya. Inicialmente se seleccionó plantas idóneas para las condiciones agroecológicas de las áreas que se dedican al cultivo de quinua en el departamento de Puno.

- **INIA 427 Amarilla Sacaca**

Nace en la región Cusco, en el año 2011, su adaptación es óptima en los suelos interandinos de las regiones Cusco y Apurímac que se encuentran entre los 2750 y 3650 msnm. Su consumo tradicional varía entre sopas, ensaladas y bebidas, finalmente dentro de la agroindustria es expandida, pelada, laminada y molienda.

- **Ilpa INIA**

Zona agroecológica circular cumbre y del altiplano que se encuentran entre los 3800 a 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 450 a 600 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. El crecimiento es herbáceo junto con el hábito de crecimiento es simple, su ciclo vegetativo dura un total de 145 días y su altura oscila entre 1,50 a 1,80 y el rendimiento del grano es de 3,00.

- **Quillahuaman INIA**

Este tipo de variedad posee un crecimiento herbáceo, junto con un hábito de crecimiento ramificado hasta el tercio inferior de entre ciclo vegetativo de 180 a 200 días donde la altura de la planta es de 1,50 a 1,70 m, con un rendimiento del promedio de grano de 3,50. Posee un contenido de humedad, proteínas, fibra, cenizas, grasas y entre más saponina.

#### **2.2.2.2. Requisitos de calidad INEN de la Quinua**

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3042 (2015) se menciona los siguientes requisitos:

##### **Requisitos generales**

- La quinua procesada utilizada para la elaboración de harina debe estar sana, limpia y debe cumplir con los requisitos de la norma NTE INEN 1673.
- La harina de quinua podrá contener los aditivos alimentarios autorizados en la NTE INENCODEX 192.

## Requisitos específicos

**Aspecto:** exenta de toda sustancia o cuerpo extraño a su naturaleza.

**Color:** blanco, blanco cremoso, blanco amarillento de acuerdo con la variedad de quinua utilizada.

**Olor y sabor:** la harina de quinua debe estar exenta de olores y sabores extraños.

**Consistencia:** la harina de quinua debe ser un polvo homogéneo sin aglomeraciones o grumos, considerando la compactación natural del envasado.

## Requisitos físicos

**Tabla 1. Requisitos físicos**

Requisitos	Valores		
	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Piedrecillas en 100g de muestra	0	Ausencia	NTE INEN 1671
Insectos (enteros, partes)	0	Ausencia	NTE INEN 1671

Fuente: ( Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2015)

## Requisitos químicos

**Tabla 2. Requisitos físicos y químicos de la harina de quinua**

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Humedad	%	-	13,5	NTE INEN-ISO 712
Proteína	%	10	-	NTE INEN-ISO 20483
Fibra cruda	%	1,70	-	NTE INEN- ISO 522
Cenizas Totales	%	-	3,0	NTE INEN-ISO 2171
Grasa	%	4,0	-	NTE INEN-ISO 11085
Acidez	%	-	0,17	NTE INEN-ISO 7305
Tamaño de partícula pasa por un tamiz de 212µm	%		95	NTE INEN 517

Fuente: ( Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2015)



## Requisitos microbiológicos

**Tabla 3. Requisitos microbiológicos de la harina de quinua**

Requisitos	Unidad	Caso	N	c	m	M	Método de ensayo
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	5	5	2	1x10	1x10	NTE INEN 1529-10

Fuente: ( Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2015)

En donde:

UFC = unidades formadoras de colonias

n= número de unidades

m= nivel de aceptación

M = nivel de rechazo

c= número de unidades permitidas entre m y M

### Inspección

La toma de muestras se debe hacer de acuerdo con la NTE INEN ISO 24333

### Muestreo

El muestreo de aceptación se debe hacer de acuerdo con la NTE INEN ISO 2859-1 para lotes continuos y, para lotes aislados de acuerdo con la NTE INEN ISO 2859-2.

### Envasado y Rotulado

#### Envasado

El material de envase debe ser resistente a la acción del producto y no alterar las características de este. La harina de quinua se debe envasar en recipientes que aseguren su integridad e higiene durante el almacenamiento, transporte y expendio.

#### Rotulado

El rotulado del producto contemplado en esta norma debe cumplir con lo especificado en las NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3.

### 2.2.2.3. Composición nutricional de la Quinua

Una característica esencial de la quinua es que el grano es fuente de proteínas de muy buena calidad, siendo rico en aminoácidos y por su contenido de carbohidratos, lo que produce bajos índices de glicemia y en general una mejor calidad nutricional en relación a otros granos de cereales. En este sentido, la viabilidad de usar la quinua como complemento o reemplazo completo de los granos ordinarios como el arroz, maíz y trigo, con excelente valor nutricional ha despertado el interés de varios investigadores, los mismos que se mencionan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Componentes nutricionales de la quinua (100g)**

Componentes	Dini y col 1992	Koziol,1992	De Bruin, 1963	Wright y col. 2002	Media
<b>Proteínas</b>	12,5	16,5	15,6	16,7	15,33
<b>Grasas</b>	8,5	6,3	7,4	5,5	6,93
<b>Cenizas</b>	3,7	3,8	3,0	3,2	3,42
<b>Carbohidratos</b>	60,0	69,0	69,7	74,7	68,35
<b>Fibra</b>	1,92	3,8	2,9	10,5	4,78

Fuente: (Vargas, Arteaga, & Cruz, 2019)

Aunque las variaciones son lógicas pues diferentes fuentes son las estudiadas, resulta conclusivo que este aspecto nutricional resalta a la quinua como un alimento del alto valor nutricional. Respecto a la calidad nutricional de las proteínas, esta se encuentra asociada a las proporciones de aminoácidos esenciales que contenga. Lo que fundamenta las investigaciones al respecto es la imposibilidad de los organismos de sintetizar todos los aminoácidos y la única forma de acceder a ellos es la dieta.

**Tabla 5. Aminoácidos de la quinua 100g**

Aminoácidos	Dini y col 1992	Koziol,1992	De Bruin 1963	Wright y col. 2002	Media
<b>Histidina</b>	2	3,2	2,7	3,1	2,75
<b>Isoleucina</b>	7,4	4,4	3,4	3,3	4,63
<b>Leucina</b>	7,5	6,6	6,1	5,8	6,5

<b>Metionina + Cistina</b>	4,5	4,8	4,8	2	4,7
<b>Fenilalanina + Tirosina</b>	7,5	6,2	6,2	6,2	6,8
<b>Treonina</b>	3,5	3,4	3,4	2,5	3,3
<b>Valina</b>	6	4,2	4,2	4	4,68
<b>Lisina</b>	4,6	5,6	5,6	6	5,60
<b>Triptófano</b>	ND	1,1	1,1	ND	1,15

Fuente: (Vargas, Arteaga, & Cruz, 2019)

Los valores de aminoácidos que el cuerpo humano requiere hacen apreciar que con consumo de quinua se puede abastecer hasta un 180 % de Histidina, 274 % de Isoleucina, 338 % de Lisina, 212 % de Metionina con Cistina, el 320 % de Fenilalanina con Tirosina, el 331 % de Treonina, el 228 % de Triptófano y el 323 % de la Valina, siendo el conjunto recomendado para una proteína de calidad.

#### **2.2.2.4. Degradación del almidón en la cocción de la quinua**

El almidón es el principal componente nutritivo de muchos sustratos alimentarios y juega un papel fundamental en las propiedades funcionales y nutricionales de los alimentos que han sido procesados. En cuanto a la los granos de quinua, el almidón representa el 58%-64% de su contenido, por lo cual el contenido de amilosa en los granos varía del 4% al 25%. Los gránulos de almidón de la quinua tienen la forma de polígonos irregulares cuyo diámetro varía de 1µm a 3 µm, siendo más pequeños que los granos comunes, son parcialmente cristalinos e insolubles en el agua a temperatura ambiente (Arzapalo, Huamán, Quispe, & Espinoza, 2015).

Los cereales al ser sometidos al proceso de cocción por cualquier método generan cambios que se manifiestan a través del grado de gelatinización del almidón y a nivel de los enlaces moleculares de amilosa, dicho nivel de cambios puede cuantificarse por medio del índice de absorción de agua (WAI), como con el índice de solubilidad del almidón de agua (WSI). Altos valores de WAI, bajo WSI indica un elevado grado de gelificación de almidón, la gelatinización se podría ver afectada por otros componentes del contenido de un cereal como el contenido de

aceite y agua. Además, el mayor grado de gelatinización del almidón se logra con el valor máximo de WAI, mientras que el mayor valor de WSI ocasiona la degradación tanto del almidón como de los demás componentes (Huamani, Ponce, Málaga, & Jorge, 2020).

### 2.2.2.5 Producción de la Quinua en el Ecuador

En el Ecuador la producción de quinua se ve limitada de muchas formas principalmente por los altos costos que representa la maquinaria especializada que se usa para el procesamiento de la quinua, junto con los precios de materiales, insumos agrícolas y mano de obra que han sido afectados principalmente y a su vez negativamente con la dolarización. Estos factores son negativos para la producción de este producto ya que provoca que la quinua ecuatoriana no sea competitiva en referencia a los costos, por otra parte, la calidad de esta le ha permitido obtener una ventaja comparativa frente a la competencia lo que recae en la obtención de mejores precios que los percibidos la producción de quinua en otros países (Blanco, Albarado, Muñoz, & Muños, 2018).

La mayor producción de quinua en el Ecuador pertenece a la variedad INIAP – Tunkahuan que se caracteriza por el sabor dulce debido a su bajo contenido de saponina. Otra variedad que le sigue es la INIAP- Chimborazo que debido a su alto contenido de saponina genera un sabor más amargo.

**Tabla 6. Exportaciones de quinua en el Ecuador en Toneladas Métricas (TM)**

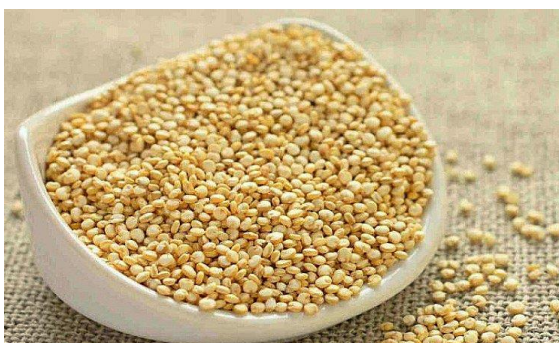
Países	Años				
	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Ecuador</b>	574	2,717	1,084	1,337	1,019
<b>Bolivia</b>	53,057	30,178	24,425	23,214	22,926
<b>Perú</b>	46,556	44,178	43,660	43,336	42,926

Fuente: (Blanco, Albarado, Muñoz, & Muños, 2018)

### 2.2.3. Amaranto (*Amaranthus caudatus*)

*Amaranthus cruentus* L., una especie utilizada en la producción de alimentos, nativa de América Central, probablemente Guatemala y el sureste de México, donde es ampliamente cultivado. Otra variedad de producción del grano es el

lagarto (*A. caudatus*), que tiene una vida corta en comparación con otras especies y es más adecuado para las bajas temperaturas. Se originó en los Andes y se extendió desde allí a Otras regiones templadas y subtropicales. De manera similar, *Chondrococcus suis* todavía se cultiva desde la época de los aztecas y se distribuye ampliamente en México. También se cultiva en el Himalaya de Nepal, En el sur de la India, se forma un subcentro diversificado. (Mapes, 2015)



**Figura 6. Amaranto**  
Fuente: (Mapes, 2015)

#### **2.2.3.1. Variedad de Amaranto**

Al ser el amaranto una planta dicotiledónea no gramínea que produce semillas tipo granos se le ha denominado pseudocereal. Por el tipo de usos que tiene, el amaranto se clasifica también en amaranto de grano y foliáceo, aunque también se usa con fines ornamentales. Los amarantos de grano se reconocen como originarios de América y comprenden tres especies: *A. cruentus*, *A. hypochondriacus* y *A. caudatus*, mientras que entre los amarantos productores de hoja (foliáceos), se encuentran *A. cruentus*, *A. dubius*, *A. hybridus* y *A. tricolor*, todos ellos cultivados principalmente en Asia y África (5,11). Otras especies son malezas agresivas que afectan muchas zonas de producción agrícola en el mundo (Gabriel et al., 2018).



**Figura 7. Amarantho pseudocereal**

Fuente: (Gabriel et al., 2018)

El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y en la ornamentación. Para la alimentación humana se usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea tostada, reventada o hervida, las hojas tiernas en reemplazo de las hortalizas de hoja, con los granos enteros o molidos se puede preparar desayunos, sopas, postres, papillas, tortas, budines, bebidas refrescantes y otros.

Según el MAGAP (2018) se presentan las siguientes variedades de Amarantho:

- **Amaranthus caudatus**

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

- **Amaranthus cruentus**

es originario de Centroamérica y es otro de los tres cereales principales del amaranto. Las hojas se pueden cocer al vapor y comer como espinacas. De igual forma inician Brotando o germinando de sus semillas, se considera muy bueno en los remedios naturales. Las semillas se pueden cocinar, reventar como un canguro o moler hasta convertirlas en harina: en Guatemala, las tortillas se hacen con esta harina. Recientemente, se han desarrollado alternativas al almidón de maíz a partir de estas semillas. En Centroamérica, las flores se utilizan en celebraciones.

- **Amaranthus Rubius**

Planta semi silvestre de trópico caliente, nativa de Asia o de África. Sus hojas se consideran un excelente sustituto de la espinaca, a la que según algunos autores supera en sabor. Se consumen en sopas en la India, Indonesia, África Occidental y el Caribe. Las semillas son también comestibles, sin embargo, la planta no las produce en abundancia, siendo apreciada más bien por sus hojas.

- **Amaranthus hypochondriacus**

Originario de México. También se la conoce como Alegría en el país y Ramdana y Rajgira en India. Sus semillas se comen, hornean, se convierten en tortillas mexicanas o panqueques (pan plano) de la India, se enrollan en bolitas para cocinar o se fríen, o se hacen polvo y se disuelven en agua para formar los ancestros de los mexicanos. Los cereales pueden romperse y comerse como bocadillos, después de reventar se pueden remojar en leche dulce como cereales o mezclarlos con miel para hacer bizcochos, se les llama alegrías en México y lados en India. Las hojas tiernas se pueden comer como las espinacas. Las semillas también se pueden germinar y consumir en ensaladas.

- **Amaranthus lividus**

Posiblemente nativo del Mediterráneo o del Cercano Oriente. Conocido también como amaranto purpura, fue cultivado por los antiguos griegos y romanos como planta ornamental y de consumo. Sus hojas se comen en sopa, con sus semillas molidas se fabrican pasteles y coladas.

- **Amaranthus paniculatus**

También conocido como Reuzen y como Marsa. Las semillas son ricas en almidón y se muelen para ser usadas en pastelería. Las hojas se consumen como espinaca. Una variedad importante, la Oeschberg, fue desarrollada por el Colegio Horticultural Oeschberg de Suiza, con interesantes niveles de producción.

- **Amaranthus quitensis**

Esta variedad es nativa del Ecuador, también conocido como Ataco o Sangorache. Cabezas florales de un color vino intenso, que se usan principalmente en infusión

o decocción, como parte de bebidas como la chicha y la horchata. Antiguamente fue apreciado como tinte para tejidos. Las hojas tiernas se consumen en sopas. Las semillas, de un negro brillante, son demasiado duras para ser digeridas, pero pueden molerse y consumirse en coladas, sopas, y otros preparados con harina. O pueden reventarse como canguil y consumirse como las del *hypochondriacus*. Es una planta muy resistente a varios climas de los andes tropicales, muy fácil de criar. Es un efectivo diurético, siendo su importancia medicinal la principal razón por la que se mantuvo su cultivo.

- **Amaranthus retroflexus**

Nativo de Norteamérica, donde se lo conoce también como amaranto de raíz roja, remolacha silvestre o maleza de cerdo. Las hojas y tallos tiernos se consumen cocinados. Las semillas se tuestan y luego se muelen para hacer pinoles, coladas y pastelería. Las semillas se pueden consumir germinadas.

### **2.2.3.2. Requisitos de calidad INEN del Amaranto**

Según la Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria (2012) los requisitos son presentados a continuación:

#### **Objeto**

Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el grano de amaranto para su comercialización y los métodos de ensayo para la evaluación y verificación de estos requisitos.

#### **Alcance**

Esta norma se aplica al grano de variedades y ecotipos de amaranto de origen orgánico, agroecológico y convencional, de producción nacional e importado, destinado a la alimentación humana.

No se aplica al grano de amaranto destinado a la reproducción o siembra.

#### **Definiciones**

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:



- **Amaranto.** Conjunto de granos pertenecientes a los “granos andinos”, de la especie *Amaranthus caudatus L.* y otras especies de color blanco, crema, rosado o anaranjado.
- **Amaranto orgánico.** Es el grano de amaranto obtenido por un sistema de producción agrícola que tienen un nivel bajo de residuos de plaguicidas, no influye negativamente en el medio ambiente, tiene un uso restringido de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y no provienen de organismos genéticamente modificados.
- **Amaranto agroecológico.** El grano de amaranto producido por un sistema amigable con el ambiente, centrado no solo en la producción sino en la sostenibilidad ecológica de los sistemas de producción. El proceso completo está regido por normas nacionales, respaldado por un organismo nacional legalmente acreditado.
- **Amaranto convencional.** El grano de amaranto que no cumple con los requisitos establecidos en las definiciones de grano orgánico o agroecológico.
- **Amaranto infestado.** Grano invadido por insectos dañinos o que presenten residuos de infestación tales como: filamentos, huevos o larvas.
- **Amaranto infectado.** Grano con presencia parcial o total de microorganismos vivos como hongos, virus y bacterias.
- **Amaranto limpio.** Aquel que contiene hasta el 5 % de impurezas.
- **Amaranto seco.** Aquel cuyo contenido de humedad no sea mayor al 12%.
- **Aflatoxinas.** Es el grupo de metabolitos tóxicos producidos por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* y otros hongos, en granos y alimentos mal almacenados. Pueden ser carcinogénicas en animales e inclusive en el ser humano.
- **Grado muestra.** Grano de amaranto que no cumple con cualquiera de los grados de calidad establecidos y que se puede comercializar por acuerdo entre las partes.
- **Grano entero.** Grano de amaranto cuya parte constitutiva está completa.

## Requerimientos específicos

Los requisitos físicos de los tres grados de calidad del amaranto son los que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 7. Requisitos físicos de los tres grados de calidad del amaranto**

Requisito físico	Unidad	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Masa hectolétrica	kg/hl	$\geq 80$	$\leq 78$	$\leq 72$
Tamaño del grano	Mm	$\geq 1,14$	0,87 a 1,13	$< 0,87$
Masa de 1000 granos		$\geq 1,43$	$\geq 0,94$	$\geq 0,55$
Granos rojos/ rosados	%	0,5-2	2,1-9	$\geq 9,1$
Granos negros	%	0-4	4,1-9	$\geq 9,1$
Color predominante del grano		Blanco/ crema	Blanco/crema	Mixtura
Forma del grano		Ovoidea	Ovoidea	Ovoidea

**Fuente:** ( Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

Además, el grano de amaranto para la comercialización debe cumplir con requisitos con base en producto seco y limpio.

**Tabla 8. Requerimientos específicos del grano de amaranto**

Requisito	Unidad	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Método de ensayo
<b>Granos inmaduros</b>	%	2	5	$> 5$	NUMERAL 8
<b>Materias extrañas</b>	%	0,5	2,5	$> 2,5$	NUMERAL 8
<b>Granos dañados</b> por calor	%	2,5	3,5	$> 3,5$	NUMERAL 8
por hongos	%	-	0,5	$> 0,5$	NUMERAL 8
<b>en masa</b> TOTAL	%	2,5	4,0	$> 4,0$	NUMERAL 8

**Fuente:** ( Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

- El olor debe ser característico del grano de amaranto y no se aceptarán granos que contengan cualquier olor extraño
- El grano de amaranto debe presentar un color natural y uniforme, característico de la variedad.
- La pureza varietal para el grado 1 debe ser como mínimo 1%.

## **Muestreo**

El muestreo se efectuará de acuerdo con la NTE INEN 1233.

## **Aceptación y rechazo**

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se rechaza el lote.

Por discrepancia se vuelven a efectuar los ensayos con muestra testigo.

Si no cumple se rechaza el lote.

Si el incumplimiento no afecta la salud y la vida de las personas o animales, podría considerarse como Grado Muestra.

En caso de mezclas entre variedades pertinentes a diferentes grados, el grano de amaranto se considera no clasificado y será considerado como Grado Muestra.

Si la muestra ensayada se encuentra en nivel de infestada, se rechaza el lote.

## **Envasado.**

El grano de amaranto podrá ser comercializado a granel o envasado en sacos limpios de material apropiado y que permita su muestreo e inspección sin que la perforación ocasione pérdidas del producto.

## **Rotulado.**

Los envases y las guías de despacho al granel deben llevar rótulos con caracteres legibles e indelebles, redactados en español o en otro idioma, si las necesidades de comercialización así lo dispusieran, en tal forma que no desaparezcan bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, con la información siguiente:

- a) Nombre de la especie y la variedad;
- b) Designación;
- c) Procedencia;
- d) Masa neta en kilogramos;
- e) Indicaciones sobre tratamiento contra plagas efectuadas en el grano;

f) Nro. de lote.

### 2.2.3.3. Composición nutricional del Amaranto

El valor nutritivo de los granos del amaranto implica que además de su contenido proteico, el espectro de aminoácidos y los niveles de vitaminas y minerales son excelentes.

**Tabla 9. Valor nutritivo de los granos del amaranto**  
**Amaranto 100g**

Carbohidratos	65,3 g
Fibra	6,7 g
Proteína	13,56 g
Sodio	4 mg
Agua	11,29 g
Calorías	371 Kcal
Colesterol	0 mg
Grasa	7,02 g
vitaminaB9	82mg
vitamina C	4,2mg
Vitamina A	2mg

Fuente: (Algara, Gallegos, & Reyes , 2016)

Por su rica nutrición el amaranto es una verdura que es considerada como un alimento ideal para deportistas y personas que realizan ejercicios físicos de alta intensidad. Además, contiene proteínas de alto valor, que pueden promover el desarrollo y la recuperación muscular. Aunque tiene un alto valor nutricional, no es un producto pesado, al contrario, tiene una alta digestibilidad. Al mismo tiempo, es rico en fibra, necesaria para solucionar el problema del estreñimiento y regular el tránsito intestinal. Por otro lado, contiene un alto contenido en hierro, fundamental para prevenir la anemia, además, una verdura ayuda a regular la circulación sanguínea y a combatir el colesterol. Otra característica es que las semillas son ricas en potasio, lo que puede hacer que el sistema nervioso funcione normalmente (Algara, Gallegos, & Reyes , 2016).

#### **2.2.3.4. Degradación del almidón en la cocción del amaranto**

Debido al contenido relativamente alto de almidón del amaranto, el tamaño pequeño de los gránulos de almidón (1 a 3  $\mu\text{m}$ ) y la baja concentración de amilosa (1%), es de gran interés una mayor investigación de las propiedades funcionales del almidón de amaranto nativo y modificado. Se ha encontrado que el almidón de amaranto tiene baja viscosidad, alta solubilidad y baja temperatura de gelatinización.

La digestión del almidón es una respuesta metabólica importante después de la ingestión de alimentos. El contenido de carbohidratos, las características de los gránulos de almidón, las condiciones de procesamiento de los alimentos y la presencia de algunos otros componentes se encuentran entre los factores alimentarios intrínsecos que afectan las tasas de digestión y absorción del almidón, que a su vez pueden determinar la respuesta metabólica a la ingestión de alimentos.

Debido a la alta complejidad y el costo de la evaluación del índice glucémico en humanos, la medición in vitro de la digestión de los alimentos con almidón es útil para predecir la respuesta glucémica probable del cuerpo a la ingesta de alimentos. Dado que el procesamiento de alimentos es uno de los factores intrínsecos que determinan la digestibilidad del almidón, es probable que las características nutricionales del amaranto se vean afectadas por el tipo de procesamiento al que se somete (Capriles, Coelho, & Guerra, 2008).

#### **2.2.3.5. Producción del Amaranto en el Ecuador**

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

alimento saludable ya que ejecutarlo requiere de un esfuerzo integral para promover el cultivo y consumo de este producto. (Valenzuela, 2016)

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP (2019), a través del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, presentó la primera variedad de amaranto negro, denominada “INIAP – Rubí”.

“Por sus características botánicas y morfológicas, los especialistas consideran que se trata de *Amaranthus Quitensis*; por eso, aseguró Peralta, es muy honroso para nuestro país que lo hayan denominado con el nombre de nuestra ciudad capital”.

El amaranto *Quitensis* se investigó, evaluó y caracterizó en el campo y los laboratorios y se tiene la primera variedad mejorada por selección. El INIAP-Rubí es un amaranto negro que tolera la falta de agua y se lo clasifica como C 4, por ser muy eficiente en el uso del carbono en su fotosíntesis y por, lo tanto, tolera la sequía.

Tradicionalmente a esta planta, se la mantiene en pequeñas huertas o junto a cultivos como maíz. Su uso se ha limitado para dar color a la colada morada, en horchatas, para bebidas refrescantes y como planta medicinal.

**Tabla 10. Producción del Amaranto en el Ecuador**

<b>Oferta Nacional</b>			
	<b>Hectáreas</b>	<b>% por provincias</b>	
Alta	25,451	Pichincha	39%
		Imbabura	37.50%
		Chimborazo	16,8%
		Carchi	6%
Media	25,356	Loja	21%
		Imbabura	15%
		Tungurahua	24%
		Cotopaxi	21%
		Pichincha	8%
		Carchi	8%

Fuente: (INIAP, 2019)

#### **2.2.4. Harinas precocidas**

La harina precocida instantánea se usa para alimentar a los niños pequeños en todo el mundo y también se usa como alimento básico para platos regionales como las gachas y la sopa en muchos países / regiones. La línea de cocción y

extrusión de doble tornillo de Cleextral es especialmente adecuada para este tipo de harina. Pueden cocinar los ingredientes con precisión y también permiten a los fabricantes manejar varias recetas, lo que garantiza una calidad constante y una seguridad alimentaria óptima (Hernández, Guerra, & Rivero, 2019).

Se utiliza un alimentador de volumen o peso para alimentar el grano o la mezcla de granos en la extrusora de doble tornillo. El agua inyectada directamente en la extrusora de doble tornillo se mezcla con el polvo para formar una "pasta". En una extrusora de doble tornillo, la roux se procesa termo mecánicamente a una velocidad controlada y de acuerdo con parámetros controlados térmicamente. La composición y velocidad del dispositivo roscado o tornillo son factores importantes en el proceso termo mecánico. (González, Avila, Gil, & Velasco, 2016)

Se utiliza un alimentador de volumen o peso para alimentar el grano o la mezcla de granos en la extrusora de doble tornillo. El agua inyectada directamente en la extrusora de doble tornillo se mezcla con el polvo para formar una "pasta". En una extrusora de doble tornillo, los aglomerados se procesan termo mecánicamente a una velocidad controlada y de acuerdo con parámetros controlados térmicamente. La composición y velocidad del dispositivo roscado o tornillo son factores importantes en el proceso termo mecánico.

#### **2.2.4.1. Precocción en marmita**

Para Parra et al., (2016) se consideran a las marmitas como ollas a vapor que trabajan a escala industrial para la cocción de alimentos. La marmita permite efectuar diversas operaciones en la industria láctea, tales como, la pasteurización de la leche, el cuaje para queso y la maduración de yogurth. Su tamaño, capacidad y eficiencia depende del modelo y de la escala o cantidad con la que desee trabajar. Son fabricadas regularmente de acero inoxidable y su capacidad se expresa en litros.



**Figura 8. Precocción Marmita**

Fuente: Parra et al., (2016)

### Características

La precocción por marmita se caracteriza por lo siguiente:

- Capacidad depende de la cantidad a industrializar
- Fabricadas de acero inoxidable calidad 304 a 316
- Diseño de fácil mantenimiento
- Ajustable a temperatura
- Puede ser fija o de volteo

#### 2.2.4.2. Precocción por secado en rodillos

El sistema de secado por rodillo es un proceso de producción recomendado para productos pulposos porque se utiliza para preparar cereales para el desayuno, puré de papa deshidratado y pulpa de frutas. Para el caso de estudio, también se utilizó en el proceso de producción de harina precocida.



**Figura 9. Secado por rodillos**

Fuente: Pérez et al., (2016)



Según los requisitos del producto o el grado de industrialización, el secador de rodillos puede constar de dos tambores huecos o dos tambores huecos con la misma finalidad. Fabricado en bronce, acero con cubierta cromada y acero inoxidable especial, el rango de diámetro es de 0,30 a 2,00 m según el volumen de producción, y el área de evaporación es de 2 a 36 m<sup>2</sup>. El rodillo interior se calienta con vapor a alta presión y la temperatura está entre 120 y 170 ° C. Tiene 2 cuchillas transversales para separación continua de productos secos y ajuste de espesor de película. El sistema seca la película en el tambor. El material o producto ingresa al secador en forma líquida o semilíquida; y se debe extender un cilindro delgado alrededor del cilindro, el cilindro girará gradualmente, 32 Retire el agua cuando el tambor gire alrededor de 5/6 (Pérez, Díaz, & Pérez, 2016)

#### 2.2.4.3. Precocción por extrusión

La tecnología de extrusión se destaca en la industria alimentaria porque es un proceso eficiente para el procesamiento de granos y proteínas. Inicialmente, esta tecnología fue diseñada para transporte y conformación de materiales, como masas y pastas (Mauleon, Linares, Gomez, & Zamora , 2015).



**Figura 10. Proceso de extrusión**

Fuente: (Mauleon, Linares, Gomez, & Zamora , 2015)

Una característica importante del proceso de extrusión es que es continuo y puede ser el estado estacionario de equilibrio dinámico, donde la variable de entrada es que mantenga el equilibrio con la producción. Entre la principal característica se puede mencionar:

- **Versatilidad:** Se pueden elaborar una amplia gama de productos, mediante la combinación de distintos ingredientes y condiciones operativas, que difícilmente puedan generarse por otros procesos.

## **Proceso**

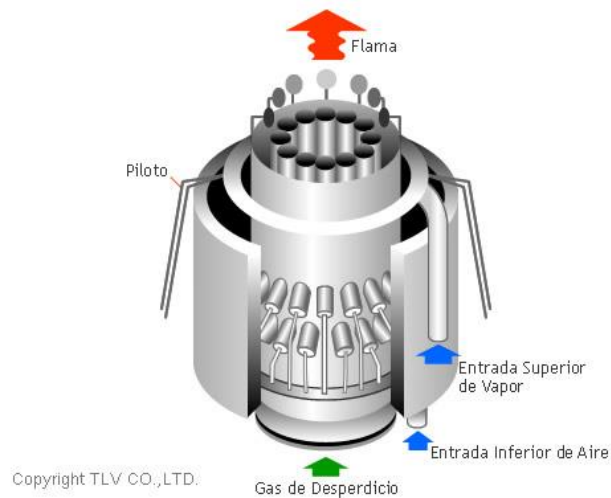
La cocción por extrusión es una forma especializada, y única en el procesado de materiales amiláceos debido a que se trata de una cocción a relativamente bajos niveles de humedad, comparado con el horneado convencional o la cocción de masas y pastas. Los niveles normales de humedad utilizados están en el intervalo de 10-40% y a pesar de estos bajos valores de humedad el material se transforma en un fluido

Bajo estas condiciones las características físicas de las materias primas, tales como el tamaño de partícula, la dureza y el grado de plastificación alcanzado durante el proceso de extrusión llegan a ser determinantes para la transformación final del material. Otra característica de la cocción por extrusión, es que resulta ser un proceso HTST pero que, además, debido a los esfuerzos de corte que se desarrollan durante el transporte del material en el extrusor, la temperatura se eleva rápidamente (conversión de energía mecánica en calor por flujo viscoso) y así la estructura del material sufre transformaciones profundas en pocos segundos. La masa de partículas (harina de cereales y/o legumbres) más o menos hidratada, es convertida en un fluido de muy alta viscosidad. A medida que ese fluido es transportado, los elevados esfuerzos de corte en combinación con la alta temperatura transforman a los elementos estructurales del material, es decir a los gránulos de almidón y a las estructuras proteicas (Mauleon, Linares, Gomez, & Zamora , 2015)

### **2.2.4.4. Precocción por uso de vapor**

Un generador de vapor es un conjunto o sistema formado por una caldera y sus equipos complementarios, destinados a transformar agua de estado líquido a estado gaseoso a temperaturas y presiones diferentes de la atmosférica. El vapor es una fuente de energía utilizada hace muchos años en la industria alimentaria, y es en los países orientales donde se utilizó por primera vez este agente para la precocción de diferentes productos. Los tiempos de precocción están relacionados de forma directa con el porcentaje de humedad, así como también con pequeños ascensos de acidez y por último el hecho de una reducción del tiempo de

exposición del producto en agua hirviendo (Tovar, Perafán, Enríquez, Pismag, & Ceron, 2017)



**Figura 11. Generador de vapor**  
Fuente: Tovar et al., (2017)

### 2.2.5. Digestibilidad del almidón de cereales

Para Villaroel et al., (2018) la digestibilidad del almidón de cereales nace de la amilopectina y la amilosa que se mide principalmente por amilasas, dextrinasas y disacaridasas, las mismas que actúan hidrolizando el almidón a monómeros de glucosa que se absorben directamente a través de la mucosa intestinal, es decir la digestibilidad del almidón de cereales que dependen de la estructura del gránulo nativo, predispone una disposición semicristalina compleja y altamente ordenada.

Uno de los factores que afectan la digestibilidad y la respuesta fisiológica del almidón se atribuye al tamaño de las partículas, la estructura molecular y la relación amilosa / amilosa, así como a la fuente vegetal que determina la morfología del tejido y del cristal.

Es decir, el almidón es más resistente a la hidrólisis enzimática generalmente por las características presentadas a continuación:

- Alto contenido de residuos de fosfato
- Grandes gránulos de almidón con una mayor superficie
- Propiedades de superficie reportadas in vitro e in vivo.
- Estructura supramolecular

- Estructura cristalina diferente

### **2.2.6. Digestibilidad de la proteína de cereales**

Para evaluar la calidad proteica de los cereales, se deben considerar dos factores: el contenido de aminoácidos esenciales y la digestibilidad. Por tanto, el valor biológico de la proteína depende de la composición de los aminoácidos y de la proporción entre ellos, cuando estas proporciones son la proporción de aminoácidos necesarios para cubrir los requerimientos de nitrógeno (especialmente crecimiento, síntesis y reparación de tejidos), su valor biológico es mayor. Por tanto, el valor biológico también depende de la tasa de conversión de aminoácidos en diferentes tejidos, por lo que no es constante, sino que se ve afectado por la especie, edad y estado fisiológico de cada individuo (Suárez, Kizlansky, & López, 2016).

## **2.2. Hipótesis**

### **2.2.1. Hipótesis nula**

**H0:** Las harinas precocidas elaboradas a partir de Pseudocereales Andinos no presentan alta digestibilidad proteica.

### **2.2.2. Hipótesis alternativa**

**H1:** Las harinas precocidas elaboradas a partir de Pseudocereales Andinos presentan alta digestibilidad proteica.

## **2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **2.3.1. Variable Independiente**

Harinas precocidas a partir de Pseudocereales Andinos

### **2.3.2. Variable Dependiente**

Digestibilidad proteica.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales**

##### **3.1.1. Materia prima**

Los Pseudocereales utilizados en el presente trabajo de investigación son:

- Quinoa blanca (*Chenopodium quinoa willd*) de la variedad INIAP Tukahuán
- Amaranto blanco (*Amaranthus candatus L*) de la variedad INIAP Alegría

Esta materia prima fue adquirida en el mercado Mayorista de la ciudad de Ambato.

##### **3.1.2. Reactivos, materiales y equipos**

Entre los materiales, reactivos y gases que se utilizaron en el proyecto se encuentran los siguientes:

###### **Reactivos**

- Agua

###### **Materiales**

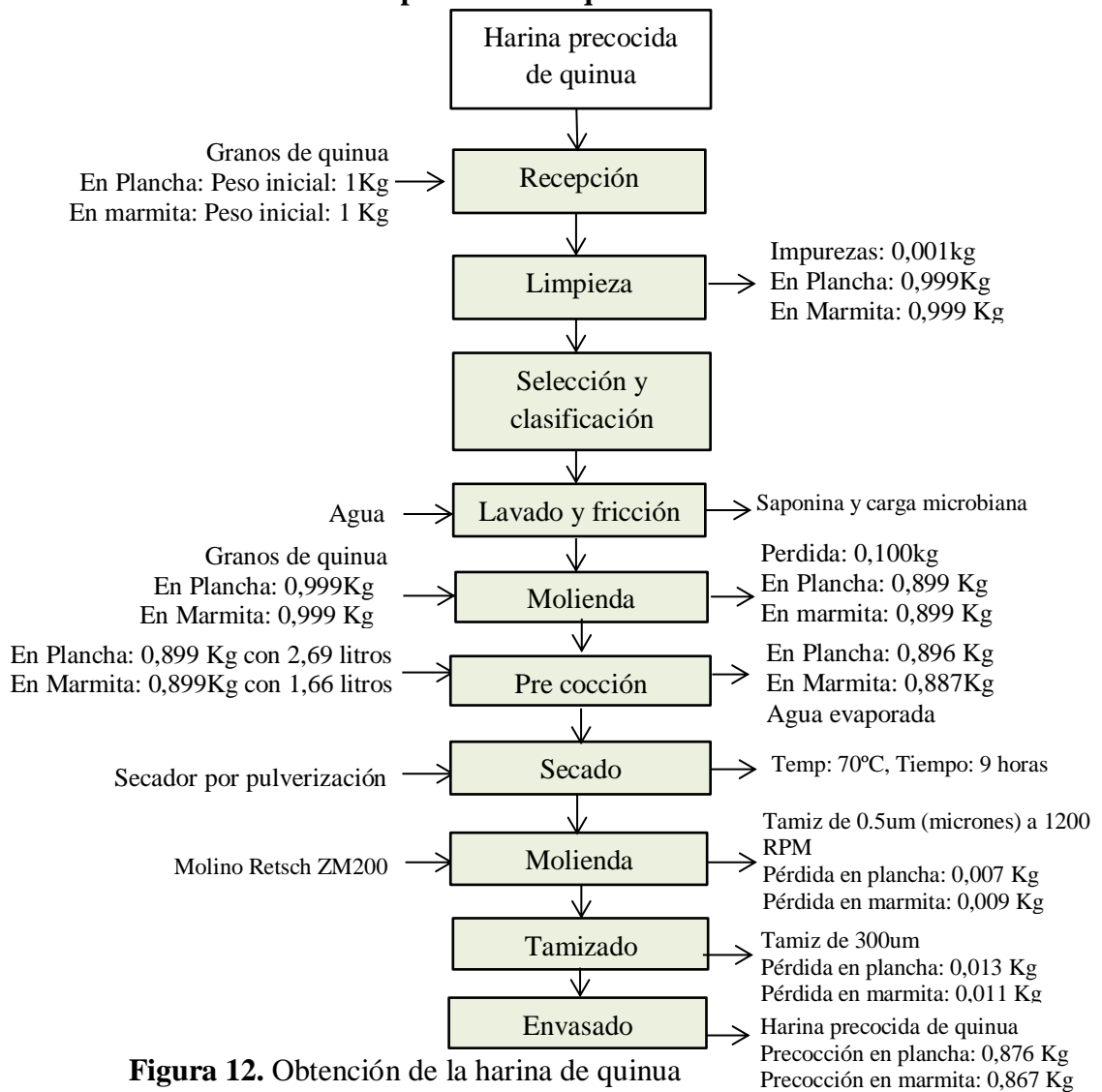
- Bandeja de secado
- Gas doméstico
- Termómetro
- Espátulas
- Probeta
- Vasos de precipitación
- Cucharas
- Tamizador
- Estantes

## Equipo

- Farinógrafo
- Mixolab
- Molino de Muelas
- Molino Retsch ZM200
- Marmita
- Plancha
- Balanza analítica
- Estufa

## 3.2. Métodos

### 3.2.1. Obtención de la harina precocida de quinua



**Figura 12.** Obtención de la harina de quinua  
**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** La operación de secado solo se aplicó para el proceso de precocción de Marmita, ya que la precocción en plancha sale ya seco.

**Recepción grano de quinua:** Se receipta 1 Kg de granos de quinua que proviene de un proveedor identificado, este grano se almacena en un lugar fresco, evitando que tenga contacto directo con el piso y principalmente evitar la humedad.

**Limpieza:** En esta operación se retiró las impurezas, tales como las piedras, insectos o granos dañados, teniendo un total de 0,001 Kg de este tipo de agentes.

**Selección y clasificación:** En esta operación se clasificó la materia prima de acuerdo a las características que se requieren, eliminando granos en mal estado o con contaminación.

**Lavado y fricción:** En esta operación se lavó con agua la materia prima las veces que sean necesarias para eliminar el sabor amargo que dan las saponinas y reducir la carga microbiana.

**Molienda:** Esta operación se lo realizó para reducir el tamaño de los granos de quinua a partículas que correspondan a la harina. En el caso del método por plancha se empleó 0,999 Kg de quinua y en el de marmita 0,999 Kg, presentando 0,100 Kg de pérdida en ambos casos.

**Pre-cocción:** Una vez que el grano se encuentra libre de impurezas se sometió a la pre-cocción, utilizando dos métodos que son: en plancha y en marmita. Para la precocción en plancha se utilizó 0,899 Kg de quinua y 2,69 litros de agua, mientras que para la precocción en marmita se utilizó 0,899 Kg con 1,66 litros de agua.

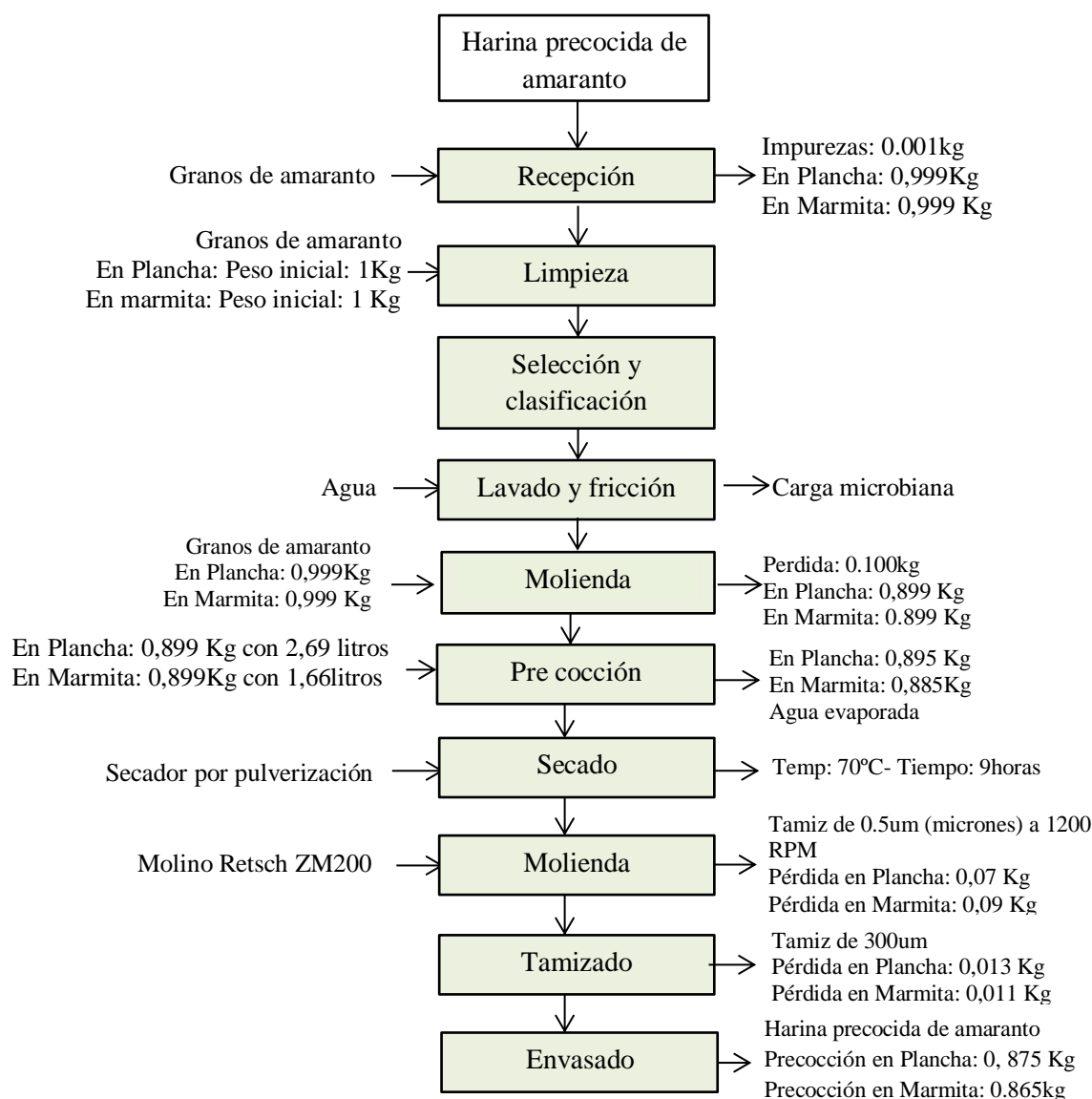
**Secado:** Se utilizó el secador por pulverización para obtener las condiciones idóneas del producto a una temperatura de 70°C por 9 horas.

**Molienda:** Esta operación se lo realizó para reducir la mezcla de quinua a partículas que correspondan a la harina. Se llevó a cabo con la utilización de un molino Retsch ZM200.

**Tamizado:** En esta operación se pasó el producto molido por diferentes mallas hasta obtener una harina de granulometría definida

**Envasado:** Finalmente se procedió a envasar la harina precocida de manera manual, utilizando herramientas de calidad. En el caso de la precocción por plancha se envasó 0,912 Kg y en la precocción por marmita fue de 0,887 Kg.

### 3.2.2. Obtención de la harina precocida de amaranto



**Figura 13. Proceso de obtención de la harina precocida de amaranto**

**Fuente:** Elaboración propia



**Nota:** El proceso de secado solo se aplicó para el proceso de precocción en Marmita, ya que la precocción en plancha ya sale seco.

**Recepción del grano de amaranto:** Se recibió 1 Kg de materia prima de acuerdo a las especificaciones y se almacena en un lugar fresco y seco.

**Limpieza:** En esta operación se retira las impurezas como piedras, insectos, pajillas, otras partículas, obteniendo como impureza 0,001 Kg.

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

**Lavado y fricción:** En esta operación se lavó la materia prima las veces que sean necesarias para reducir la carga microbiana.

**Molienda:** Esta operación se lo realizó para reducir el tamaño de los granos de amaranto a partículas que correspondan a la harina, para lo cual se empleó 0,999 Kg de amaranto para el proceso por plancha y marmita, y se tuvo una pérdida de 0,007 Kg y 0,009 Kg respectivamente.

**Pre-cocción:** Para esta operación se utilizó las dos técnicas mencionadas anteriormente que son en método en plancha y en marmita. Para la precocción por plancha se utilizó 0,899 Kg de amaranto y 2,69 litros de agua, mientras que para la precocción en marmita se utilizó 0,899 Kg con 1,66 litros de agua.

**Secado:** El producto húmedo se somete a secado por pulverización en una estufa con aire caliente hasta obtener un peso constante y que quede libre de agua. Esta operación se realizó a una temperatura de 70°C por 9 horas.

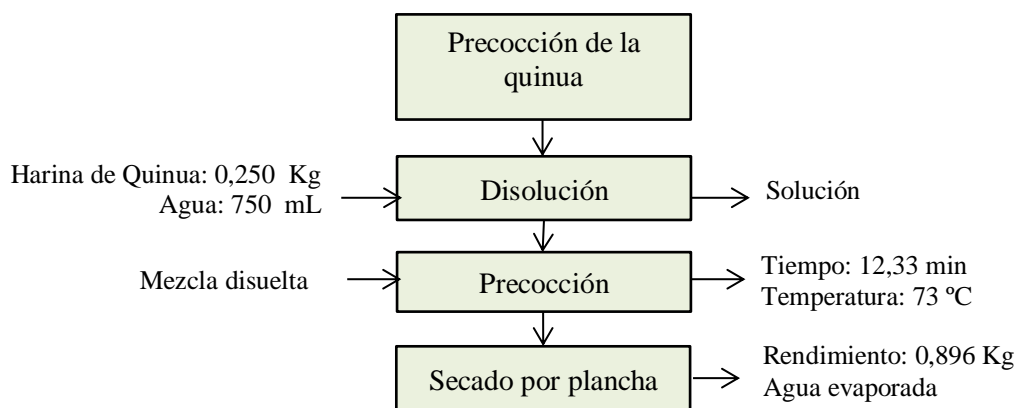
**Molienda:** Para la molienda se utilizó un molino Retsch ZM200, de manera que se obtuvo un producto tipo polvo (harina).

**Tamizado:** En esta operación, la harina de amaranto pasó por diferentes mallas hasta obtener el producto deseado, separando los gránulos gruesos y obteniendo una harina uniforme, con la misma granulometría.

**Envasado:** Una vez obtenido el producto se envasó y almacenó en un ambiente seco y fresco. En el caso de la harina precocida en plancha se obtuvo un total de producto de 0,875 Kg y en la harina precocida en marmita se obtuvo 0,865 Kg.

### 3.3.3. Procesos de precocción

#### Precocción de quinua en plancha

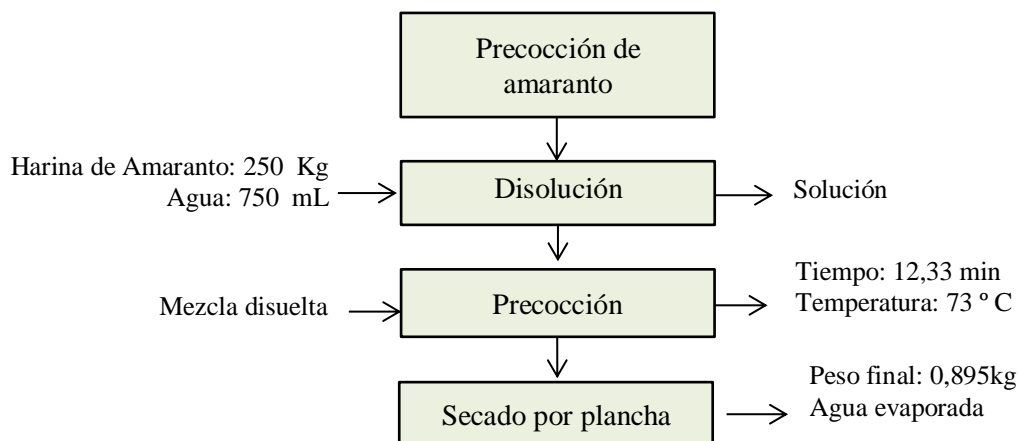


**Figura 14. Precocción de quinua en plancha**

Fuente: Elaboración propia

Una vez que la quinua fue molida se disolvió en agua para elaborar la solución. El proceso de precocción se realizó bajo una relación sólido líquido de 1:6 que representa 0,250 Kg de quinua y 750 mL agua, luego se adicionó la mezcla disuelta en la plancha y se precocción por un tiempo aproximado de 12,33 min a 73°C dando como resultado las hojuelas. El proceso tuvo un rendimiento de 0,896 Kg.

#### Precocción de amaranto en plancha



**Figura 15. Precocción de amaranto en plancha**

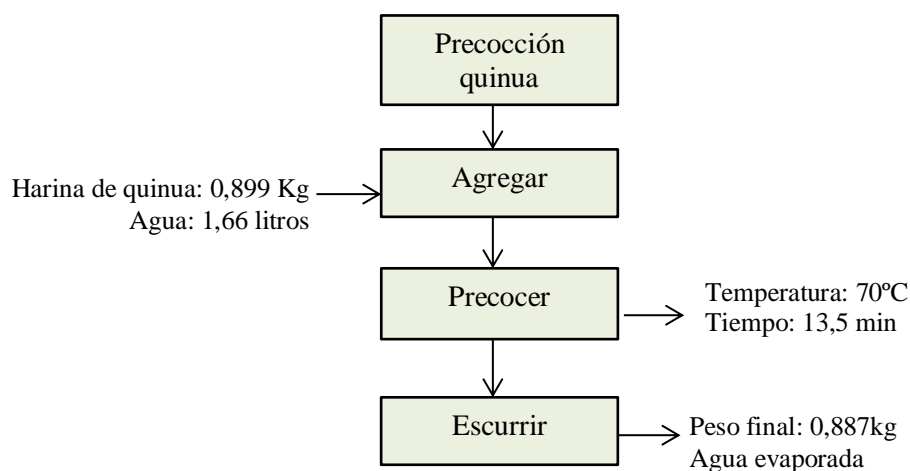
Fuente: Elaboración propia

Después de pasar el amaranto por el proceso de molienda se disolvió en agua para elaborar la solución. Esta etapa se realizó con una relación sólido líquido de (1:6) que representa 0,250 kg de producto sólido y 750 mL agua, posterior a ello se llevó a ebullición en una marmita de volteo de doble fondo de 20 litros calentada por vapor. Finalmente se adicionó la mezcla disuelta y se cocinó por un tiempo aproximado de 12,33 min, dando como resultado las láminas de la solución deshidratada (hojuelas). El secado de la solución se realizó en la plancha lo cual dio como resultado la harina de amaranto precocida. El proceso tuvo un peso final de 0,895 Kg.

### Precocción en marmita

La precocción en marmita puede realizarse por agitación y sin agitación. En los ensayos realizados en la presente investigación se utilizó la precocción en marmita con agitación, con un tiempo de giro de 30 segundos.

### Proceso de pre cocción de quinua en marmita



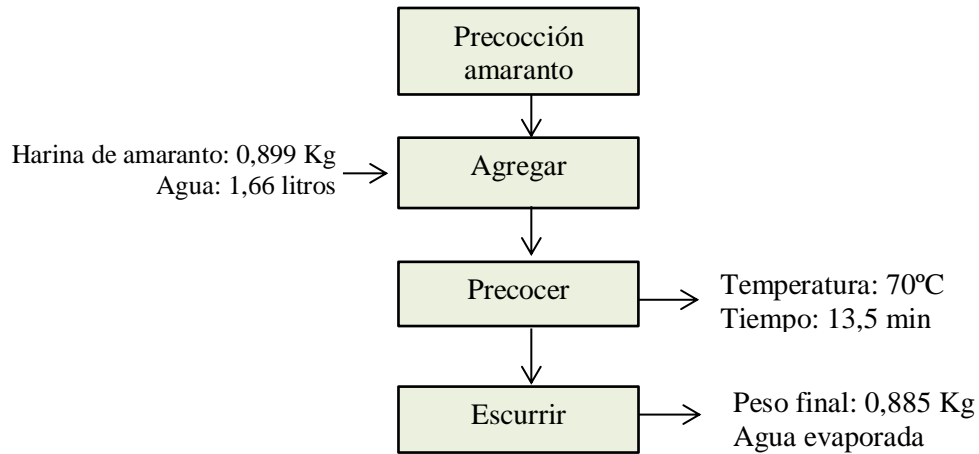
**Figura 16. Proceso de pre cocción de la quinua en marmita**

**Fuente:** Elaboración propia

Una vez que la quinua se encuentra lavada y filtrada se le agrega el agua. Para 0,899Kg de granos de quinua se agregó 1,66 litros de agua, se dejó precocer en la olla de marmita a una temperatura de 70°C por un tiempo de precocción aproximado de 13,5 minutos y un tiempo de giro de 30 segundos. Finalmente se sacó del fuego para escurrir el agua que se encuentran en la mezcla y se pasó a la operación de secado. Hay que tomar en cuenta que existen restos de mezcla que se

queda en la olla o el colador, lo cual es considerado como desperdicios, en este caso se fue de 0,012 Kg.

### Proceso de precocción del amaranto en marmita



**Figura 17. Proceso de pre cocción del amaranto por marmita**

Fuente: Elaboración propia

Después de que el amaranto se encuentra lavado y filtrado se le agregó el agua. Para una cantidad de 0,899 kilogramos de amaranto se agregó 1,66 litros, posterior a ello se dejó precocer en la olla marmita a una temperatura de 70°C por un tiempo aproximado de 13,5 minutos. Finalmente se retiró del fuego para escurrir el agua que se encuentran en la mezcla y se pasó a la operación de secado. Además, es importante considerar que una vez realizada la operación existen restos de mezcla que se quedan en la olla o en el colador al momento de escurrir, en este caso 0,014Kg, lo cual es considerado como desperdicios.

### 3.3. Diseño experimental

#### 3.3.1. Tratamientos

Se evaluaron 4 tratamientos de acuerdo a la disposición que se muestra a continuación:

#### Factor A

A<sub>0</sub>: Quinoa

A<sub>1</sub>: Amaranto

## Factor B

**B<sub>0</sub>**: Precocción en plancha

**B<sub>1</sub>**: Precocción en marmita

De acuerdo a ello, los tratamientos para el diseño experimental son los que se detalla a continuación:

**Tabla 11. Tratamientos**

TRATAMIENTO	
T1 Quinoa - precocción en plancha	A0B0
T2 Quinoa - precocción en marmita	A0B1
T3 Amaranto - precocción en plancha	A1B1
T4 Amaranto - precocción en marmita	A1B1

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.2. Variables de respuesta

Las variables que se determinaron durante los ensayos son las que se describen a continuación:

- **Poder de hinchamiento:** se refiere a la medida del aumento en la masa de almidón, no solubilizado, debido a la absorción del agua por los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina. El poder de hinchamiento es utilizado como un indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos termomecánicos.

El proceso que se siguió para obtener el poder de hinchamiento de las harinas precocidas de quinua y amaranto es el que se indica a continuación (Lescano, 2010):

1. Tarar las cajas Petri a 90°C por un tiempo de 4 horas o por el contrario a 75°C por 12 horas.
2. Pesar 2,5 g de muestra en un tubo de centrífuga que posee un agitador magnético. El análisis se debe realizar por triplicado.
3. Mientras se pesa las muestras, se debe calentar 30 ml de agua destilada a una temperatura de 30°C, y además tener el baño a una temperatura controlada de 30°C.

4. Añadir 30 ml de agua a cada tubo, agitar en el equipo de agitación. Es importante evitar el uso de una varilla de vidrio.
5. Incubar en el baño con agitador por un tiempo de 30 minutos.
6. Secar adecuadamente los tubos y colocarlos en la centrifuga.
7. Centrifugar a 5000 RPM por un tiempo de 20 minutos.
8. Una vez centrifugado es necesario tener separados el gel y el sobrenadante. Si no se ha conseguido esto, se debe centrifugar por 10 minutos más a 6000 RPM.
9. Decantar el sobrenadante en un tubo de centrifuga graduado y realizar la medición del volumen. No se debe descartar el gel del tubo.
10. Proceder a filtrar el sobrenadante.
11. Apartar lo que queda en el papel filtro.
12. Tomar 10 ml del filtrado y secar por un tiempo aproximado de 4 horas a 90°C en las cajas Petri.
13. Pesar el gel que se queda en el tubo.
14. En el caso de que no se hay conseguido separar el sobrenadante, se debe pesar todo lo que queda en el tubo.
15. Anotar los siguientes valores: Nombre de la muestra, peso del tubo con agitador, peso de la muestra, volumen del sobrenadante, peso del tubo con el gel y agitador, peso de la caja Petri tarada, peso de la caja Petri con la muestra seca.

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra} - \text{peso de solubles}}$$

- **Farinografía**

**Capacidad de absorción de agua:** este ensayo consistió en que una vez que la harina se encuentra en el farinógrafo ir agregando el agua, hasta que la aguja marque la cifra de 500 Unidades Brabender (UB) respecto al peso de la harina, que corresponde a la consistencia normal. El procedimiento se realizó bajo la Norma IRAM 15855 (2000)

**Tiempo de desarrollo (min):** se refiere al tiempo que tarda en formarse la masa y en llegar a las 500 U.B que representa la velocidad en que la

harina absorbe el agua y forma el gluten. Este proceso se realizó según la Norma IRAM 15855 (2000).

**Estabilidad de la masa (min):** se midió este parámetro para determinar si la harina califica como fuerte o débil. Este parámetro representa el tiempo que transcurre entre el punto en que la parte superior de la curva llega a la línea de 500 unidades farinográficas que es un valor estandarizado de consistencia óptima, y el punto en que la misma parte superior de la curva cruza de nuevo la línea de 500 unidades. Los resultados fueron obtenidos siguiendo los parámetros establecidos en la Norma IRAM 15855 (2000).

**Debilitamiento de la masa:** Este factor se encuentra determinado por la disminución de consistencia de la masa debido al trabajo de amasado. Se midió considerando la distancia vertical entre el punto medio de la parte más alta de la curva y el punto medio luego de transcurrir 10 minutos de iniciada la operación. El debilitamiento de la masa se obtuvo según la Norma IRAM 15855 (2000).

- **Mixolab:** Los análisis Mixolab permiten medir la consistencia de una masa sometida a una doble presión de amasado y a un incremento de temperatura. Para realización de las pruebas se utilizó el método Mixolab Chopin, Norma ICC-173.

En este tipo de pruebas se mide:

**Índice de absorción de agua:** este índice se refiere a la cantidad de agua que se debe añadir a la harina para producir una masa con la consistencia óptima. Para determinar este índice se tomó una muestra de 2.5 g de harina en base seca, se puso la muestra en un vaso de precipitación, se adicionó 30ml de agua a temperatura ambiente y se mantuvo durante 30 minutos bajo agitación.

**Índice de amasado:** Este índice representa una característica que indica la resistencia de la masa a dicha operación. En esta etapa la mezcla de harina y agua se convierte en una masa suave y viscoelástica que se caracteriza por

tener un tacto seco y sedoso y ser extendida fácilmente como una membrana delgada y continua.

**Índice de gluten:** Este índice proporciona una idea de la fuerza de las proteínas, lo cual se refiere a la calidad de la proteína y no a la cantidad.

**Índice de viscosidad:** La viscosidad implica la capacidad de retención de agua del almidón, en este punto se rompe el gránulo de almidón. Generalmente la viscosidad máxima es aquella que se presenta durante el calentamiento y mantenimiento a 95°C, y en un tiempo de 8 a 13 minutos.

**Índice de Amilasa:** en referencia a este índice, un valor de 5 es para un elemento que no tiene gran actividad diastásica, con valores de 3-4, y bajo de 2 la muestra se encuentra por seguro hiperdiastásica.

**Índice de Retrogradación:** El índice de retrogradación se evaluó en la etapa final del amasado, es decir en el momento en que la masa alcanzó la máxima consistencia ocasionada por la formación del gel.

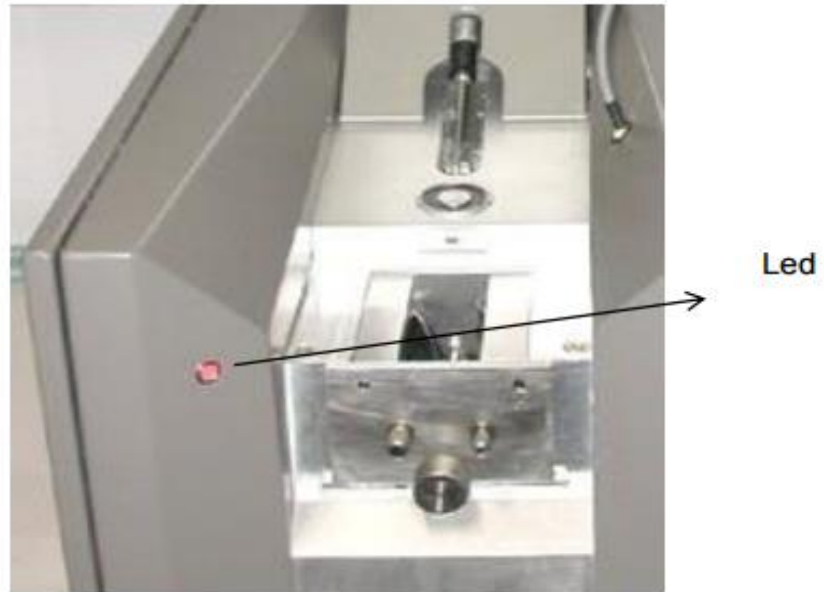
### **Determinación de las propiedades reológicas**

Las propiedades reológicas se pueden determinar con la utilización del método establecido por Chopin Technologies que parte de la norma ICC 173.

### **Indicadores generales del estado del Mixolab**

A través de los pictogramas que se sitúan en la parte inferior a la derecha de la pantalla, el software Mixolab CHOPIN puede proporcionar información en tiempo real acerca del estado del equipo.





**Figura 18. Indicadores generales del estado del Mixolab**  
 Fuente: (Acurio, 2015)

### Manipulaciones previas al análisis

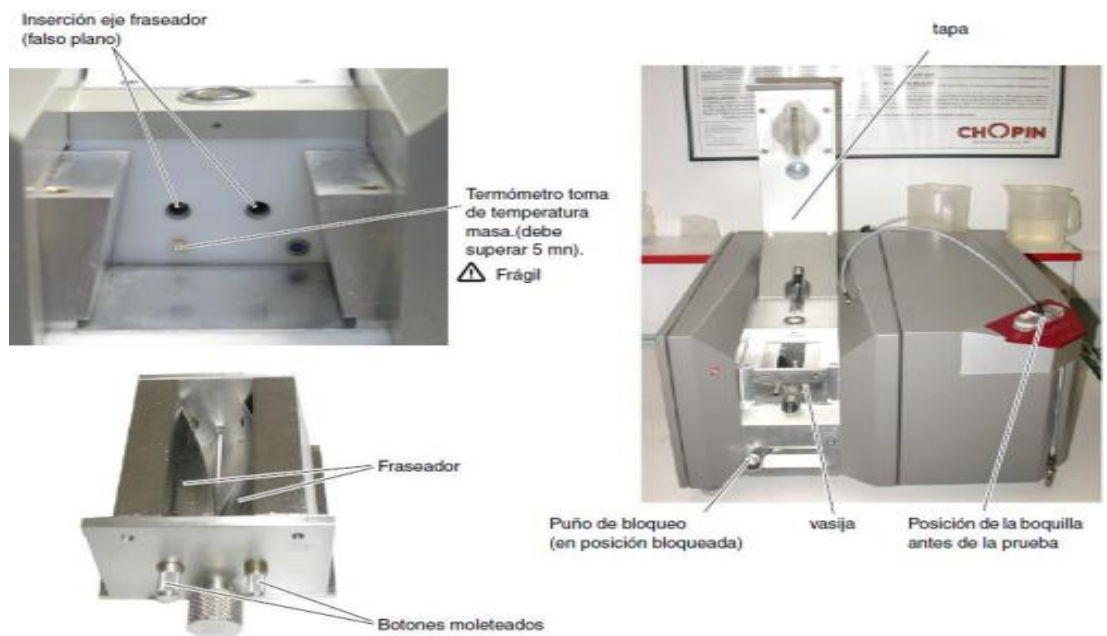
- En primera instancia se debe abrir la tapa del depósito del Mixolab y llenar con agua destilada



**Figura 19. Manipulaciones previas al análisis**  
 Fuente: (Acurio, 2015)

## Manipulación de la vasija

1. Abrir la tapa del Mixolar
2. Desbloquear a través del puño de bloqueo el Mixolab, este proceso se realiza tirando hacia la derecha.
3. Extraer la vasija tirándola hacia sí.
4. Colocar una vasija limpia empujándola hacia el fondo, haciendo un movimiento de los ejes de los faseadores hasta que dicha vasija ingrese completamente alojada.
5. Bloquear la vasija a través del puño de bloqueo, esto se lo realiza tirándola hacia la izquierda.



**Figura 20. Manipulación de la vasija**

Fuente: (Acurio, 2015)

6. Finalmente se debe cerrar la tapa.

## Realización de la prueba

1. Encender la computadora, abrir el programa Mixolab Chopin +, arrancar el equipo y conectar la bomba de agua helada. En el programa, dirigirse a configuración y activar válvula de refrigeración.

- Escoger el protocolo “Mixolab Chopin”, escribir el nombre de la muestra, especificar la humedad de la muestra. Hacer uso de una hidratación aproximada de 64% y una base de 14% si la harina presenta una humedad de 12 a 14%.



**Figura 21. Configuración de Mixolab Chopin**

Fuente: (Acurio, 2015)

- Pesar la cantidad de muestra a  $\pm 0,1g$  de acuerdo a lo especificado por el software Mixolab.
- Introducir la muestra con la utilización de un embudo especial proporcionado, ubicar la boquilla de inyección de agua.
- Dar click en el ícono denominado “Iniciar” para dar inicio a la prueba.
- Si el C1 se encuentra fuera de las tolerancias de equipo, se debe detener la prueba, limpiar el mezclador de la masa y colocar de nuevo en su lugar, utilizar la herramienta de cálculo integrado para pronosticar la hidratación real de la muestra, lo que representa para los resultados de la prueba anterior (hidratación empleada, el par C1 obtenido y la humedad), y dar inicio a la prueba. Se deja correr hasta el final, si ya tiene todos los datos se debe guardar para posteriormente transformar el documento en pdf.

### **3.4. Análisis de resultados**

Los datos obtenidos de los ensayos de acuerdo a las réplicas y a las variables de estudio que son las harinas precocidas de quinua y amaranto por el método de en plancha y en marmita fueron ordenados y procesados mediante el programa Mixolab Chopin para determinar sus características fisicoquímicas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Análisis y discusión de resultados

En el siguiente aparato se presenta los resultados obtenidos del análisis físico-químico de la harina precocida de quinua y amaranto por los métodos en plancha y marmita.

##### Humedad

El análisis de la humedad de harina precocida de quinua obtenida por el método en plancha se realizó por triplicado, obteniéndose valores de 4,9% a 5,15% (Tabla 12). Valores que se enmarcan dentro de los requisitos establecidos por el NTE INEN 3042, en donde se indica que el valor máximo de humedad de la harina de quinua debe ser de 13,5%.

**Tabla 12. Humedad de la harina precocida de quinua por el método en plancha**

Quinua plancha	Peso de la caja vacía (g)	Muestra (g)	Peso de la muestra humedad (g)	Peso final de la estufa (g)	Humedad Final %	Media	Varianza	Desviación Estándar
R1	44,982	2	46,982	46,885	4,85	4,9	0,075	0,275
R2	53,716	2	55,716	55,624	4,6			
R3	44,636	2	46,636	46,533	5,15			

Elaborado por: La autora, 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos de varianza se pudo determinar que no existe una diferencia significativa entre los valores de las muestras analizadas.

**Tabla 13. Humedad de la harina precocida de quinua por el método en marmita**

Quinua Marmita	Peso de la caja vacía (g)	Muestra (g)	Peso de la muestra humedad (g)	Peso final de la estufa (g)	Humedad Final %	Media	Varianza	Desviación Estándar
R1	44,65	2	46,65	46,55	5,05	5,4	0,09	0,30
R2	45,42	2	47,42	47,31	5,55			
R3	45,30	2	47,30	47,19	5,6			

Elaborado por: La autora, 2021.

El análisis de la humedad de harina precocida de quinua obtenida por el método en marmita se realizó por triplicado.

Respecto al porcentaje de humedad de la harina precocida de quinua en marmita obtenidos oscilaron entre 5,05% y 5,6% (Tabla 13). Dando una media de 5,4%, que es un valor tolerable respecto a la norma NTE INEN 3042, que establece como valor máximo 13,5% de humedad.

Con los valores que proporciona la varianza y la desviación estándar se puede determinar que no existen diferencias significativas entre las repeticiones analizadas, pues son valores relativamente pequeños que no demuestran que no existe dispersión elevada entre estos.

**Tabla 14. Humedad de la harina precocida de amaranto por el método en secado de plancha**

Amaranto plancha	Peso de la caja vacía (g)	Muestra (g)	Peso de la muestra humedad (g)	Peso final de la estufa (g)	Humedad Final %	Media	Varianza	Desviación Estándar
R1	41,70	2	43,70	43,61	4,5	4,6	0,003	0,05
R2	43,05	2	45,05	44,96	4,6			
R3	54,76	2	56,76	56,66	4,6			

Elaborado por: La autora, 2021.

En análisis de la humedad de la harina precocida de amarando por el método en plancha consistió en tres repeticiones con 2 muestras cada una, se pudo determinar que la humedad media es de 4%, lo cual es un valor aceptable de acuerdo a la Norma NTE INEN 1235 donde se establece que el valor máximo de humedad de la harina de amaranto es de 12%.

Los valores de 0,003 de la varianza y el 0,057 de desviación estándar se indica que no existe diferencias significativas entre los valores de cada repetición.

**Tabla 15. Humedad de la harina precocida de amaranto por el método en marmita**

Amaranto Marmita	Peso de la caja vacía (g)	Muestra (g)	Peso de la muestra humedad (g)	Peso final de la estufa (g)	Humedad Final %	Media	Varianza	Desviación Estándar
R1	46,79	2	48,79	48,64	7,3	7,1	0,08	0,28
R2	44,45	2	46,45	46,32	6,8			
R3	44,81	2	46,81	46,67	7,3			

Elaborado por: La autora, 2021.

Con los resultados de la humedad de la harina precocida de amarando por el método en marmita se pudo determinar que la humedad media es de 7,1%, lo cual

es un valor aceptable según lo establece la Norma NTE INEN 1235 donde se indica que el valor máximo de humedad de la harina de amaranto es de 12%.

Los valores obtenidos de la varianza y la desviación estándar de los datos de la humedad muestran que no existe una diferencia significativa entre la media y cada uno de los valores individuales.

La humedad de la harina precocida de amaranto por el método de marmita es el que obtuvo mayor valor de humedad (7,1%).

### Poder de hinchamiento

**Tabla 16. Poder de hinchamiento de la harina precocida de quinua por el método de secado en plancha**

Quinua plancha	Peso del tubo más agitador (g)	Peso de muestra (g)	Volumen de Sobrenadante (ml)	Peso del tubo con el gel más el agitador (g)	Peso de la caja petri tarada (g)	Peso de la caja petri con la muestra seca (g)	Gel	Peso de solubles (g)	PODER DE HINCHAMIENTO %
R1	18,487	2,5	20	31,89	43,94	44,06	13,40	0,13	5,64
R2	18,712	2,5	20	32,09	44,53	44,66	13,38	0,13	5,64
R3	18,532	2,5	20	31,92	45,49	45,61	13,38	0,13	5,64

Elaborado por: La autora, 2021.

En referencia al poder de hinchamiento de la harina precocida de quinua por el método en plancha se puede identificar que de los tres tratamientos realizados todos presentan el mismo porcentaje de hinchamiento, con un valor de 5,64%.

**Tabla 17. Poder de hinchamiento de la harina precocida de quinua en marmita**

Quinua Marmita	Peso del tubo más agitador	Peso de muestra (g)	Volumen de Sobrenadante	Peso del tubo con el gel más el agitador	Peso de la caja petri tarada	Peso de la caja petri con la muestra seca	Gel	Peso de solubles	PODER DE HINCHAMIENTO
R1	18,70	2,5	18,5	29,626	47,12	47,24	10,93	0,11	4,57
R2	18,64	2,5	18,4	29,562	44,64	44,74	10,92	0,11	4,56
R3	18,53	2,5	18,5	29,460	45,52	45,63	10,93	0,11	4,57

Elaborado por: La autora, 2021.

Una vez obtenidos los resultados del poder de hinchamiento de la harina precocida de amaranto por el método de secado en plancha se puede identificar que de los tres tratamientos realizados todo un valor similar de hinchamiento que es entre 4,56 y 4,57%.

De acuerdo a los datos presentados se puede indicar que el poder de hinchamiento de la harina precocida de quinua por el método de secado en plancha presenta un valor mayor (5,64%) al hinchamiento de la harina precocida de la quinua por el método de marmita, sin embargo, en la investigación de Dussan (2019) obtuvo un poder de hinchamiento menor con un valor de 4,43% en la harina de chontaduro.

**Tabla 18. Poder de hinchamiento de la harina precocida de amaranto por el método de secado en plancha**

Amarant o plancha	Peso del tubo más agitado r	Peso de muestr a (g)	Volumen de Sobrenadan te	Peso del tubo con el gel más el agitado r	Peso de la caja petri tarada	Peso de la caja petri con la muestra seca	Gel	Peso de solubles	PODER DE HINCHAMIE NTO %
<b>R1</b>	18,70	2,5	14,5	38,43	45,52	45,70	19,72	0,25	8,75
<b>R2</b>	18,33	2,5	14,45	38,01	45,28	45,47	19,68	0,25	8,74
<b>R3</b>	18,71	2,5	14,5	38,42	45,52	45,71	19,70	0,25	8,75

Elaborado por: La autora, 2021.

De acuerdo a los datos obtenidos del poder de hinchamiento de la harina precocida de quinua por el método de marmita se puede identificar que de los tres tratamientos realizados todos presentan un valor similar de hinchamiento que es entre 8,74 y 8,75 %.

**Tabla 19. Poder de hinchamiento de la harina precocida de amaranto en marmita**

Amarant o Marmita	Peso del tubo más agitado r	Peso de muestr a (g)	Volumen de Sobrenadan te	Peso del tubo con el gel más el agitado r	Peso de la caja petri tarada	Peso de la caja petri con la muestr a seca	Gel	Peso de solubles	PODER DE HINCHAMIE NTO
<b>R1</b>	18,75	2,5	12,5	33,43	43,94	44,09	14,68	0,16	6,27
<b>R2</b>	18,58	2,5	12,4	33,25	46,78	46,94	14,67	0,16	6,27
<b>R3</b>	18,29	2,5	12,5	32,96	45,56	45,72	14,68	0,16	6,27

Elaborado por: La autora, 2021



Con los datos que se obtuvieron del poder de hinchamiento de la harina precocida de amaranto por el método en marmita se puede identificar que de los tres tratamientos realizados todos presentan el mismo valor, que es de 6,27%.

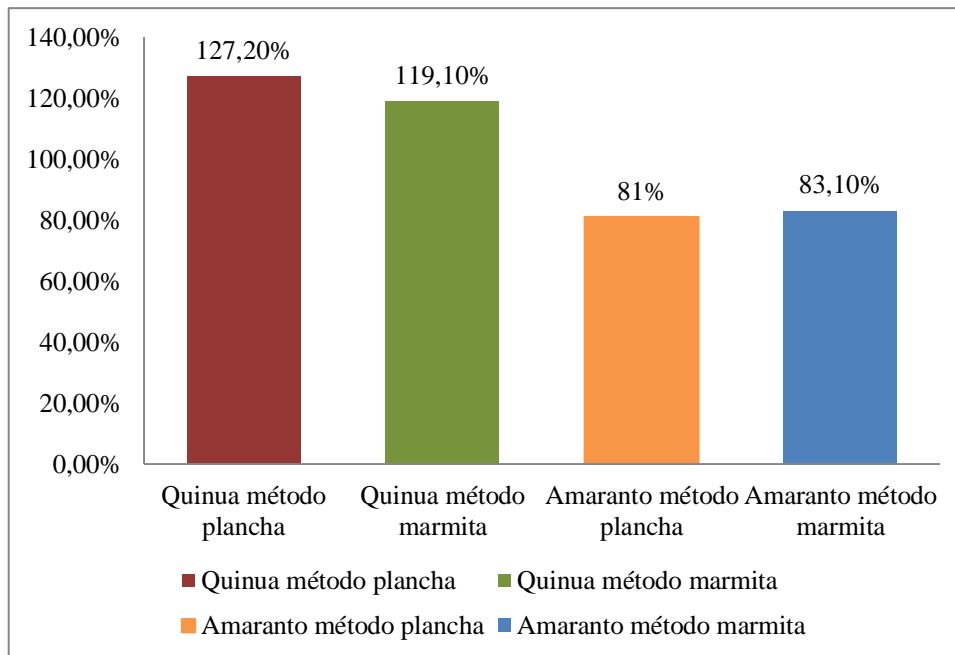
De acuerdo a los resultados obtenidos se puede indicar que el poder de hinchamiento de la harina precocida de amaranto por el método de secado en plancha presenta un valor mayor en referencia a la harina precocida de amaranto por el método en marmita con un valor de 8,75 y 6,27% respectivamente, sin embargo estos valores difieren de los presentados por Rodríguez et al. (2012) quienes obtuvieron un valor de 8,84%.

### **Prueba de Farinógrafo**

Los parámetros farinograficos obtenidos mediante el simulador farino son explicados a continuación:

### **Absorción del agua**

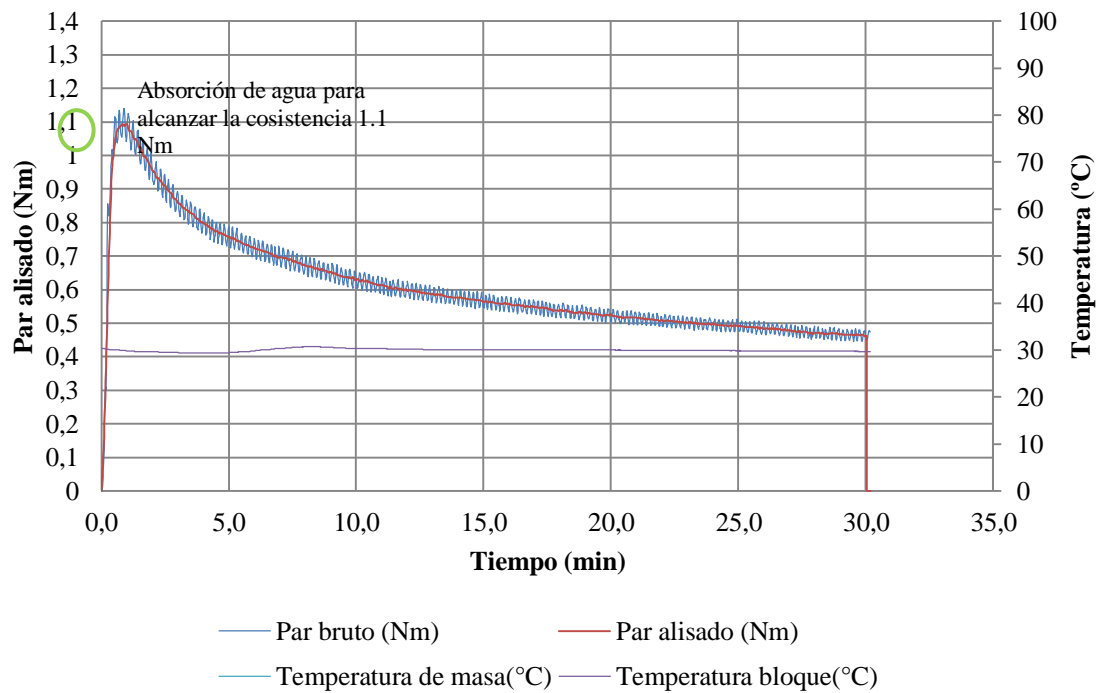
La absorción del agua se refiere a la cantidad necesaria de agua que puede absorber la muestra para alcanzar la consistencia de 1,1 Nm durante el amasado, este parámetro es distintivo de cada almidón y refleja la naturaleza de su estructura y establece sus cualidades plásticas.



**Figura 22. Absorción de agua**

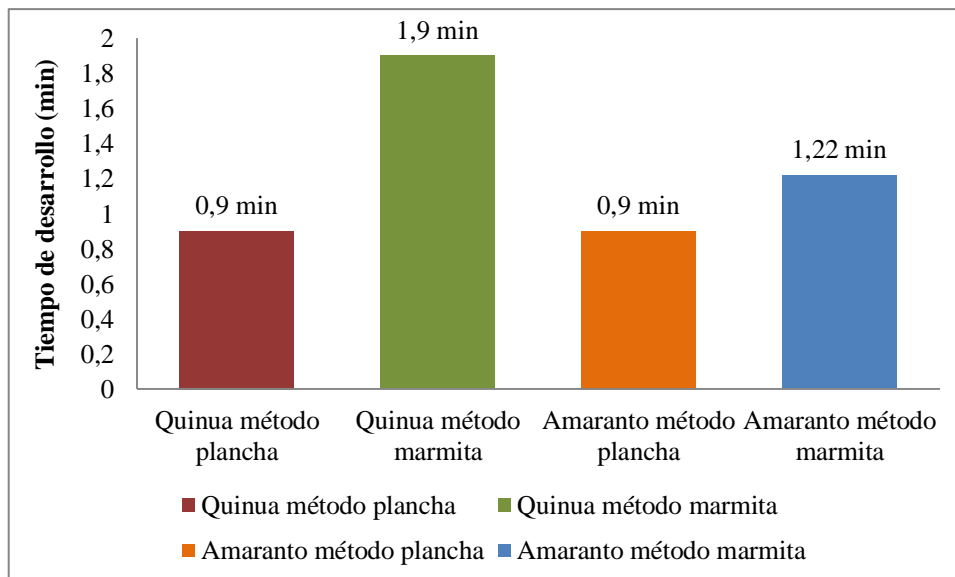
Elaborado por: La autora, 2021.

Los resultados obtenidos de las harinas precocidas de quinua y amaranto por lo métodos en marmita y en plancha reflejan que la muestra de harina precocida de la quinua por el método en plancha absorbe mayor cantidad de agua con un 127,2%; mientras que la muestra de amaranto por el método en plancha es la que absorbe menos cantidad de agua pues presenta un valor de 81%, resultados que contrastan con los encontrados por Rodríguez (2012), que en su estudio obtuvo un valor 68,7% de absorción de la harina precocida de papa.



**Figura 23. Prueba farinógrafo- Absorción del agua**  
 Elaborado por: La autora, 2021.

### Tiempo de desarrollo



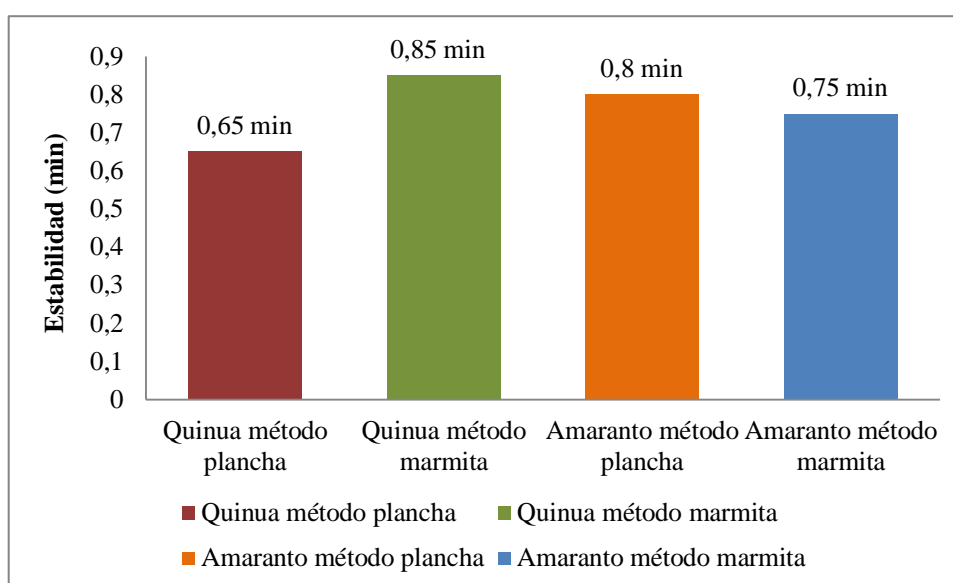
**Figura 24. Tiempo de desarrollo**  
 Elaborado por: La autora, 2021.

El tiempo de desarrollo se refiere al tiempo que requiere la masa para alcanzar la consistencia de 1,1 Nm una vez que ya se ha añadido agua. De acuerdo a los

resultados se puede observar que existe una diferencia significativa entre el tiempo de desarrollo de la quinua y el amaranto por el método de precocción marmita. El tiempo más bajo de desarrollo fue de 0,9 min por el método de precocción en plancha para quinua y amaranto, mientras que el más alto fue de 1,9 min correspondiente a la quinua por el método de precocción en marmita. Este valor obtenido para la formación de la masa es bastante bajo comparado con el reportado para trigo que es de 5,50min (Acurio, 2015), y de igual manera difiere de los resultados obtenidos por Lascano (2010), quien obtuvo un tiempo de desarrollo de 4,5 min en la harina de trigo importada y de 3,60 min para la harina de trigo nacional, sin embargo, es un valor mayor en harinas crudas de quinua y amaranto.

Estos resultados indican similitud con aquellos reportados por Rodríguez (2012), en donde el tiempo de desarrollo para la harina precocida de papa fue de 1,24 min.

### Estabilidad

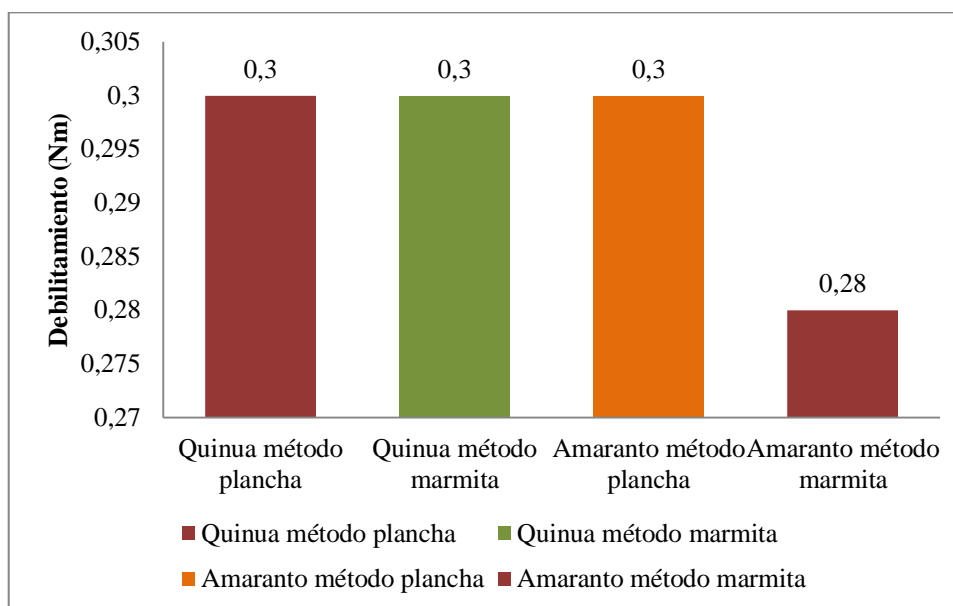


**Figura 25. Estabilidad de la quinua y amaranto por los dos métodos**  
Elaborado por: La autora, 2021.

La estabilidad se refiere al intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene su máxima consistencia en 1.1Nm. Este parámetro se mide por el tiempo entre la primera y la última intersección de la curva con la línea de 1,1 Nm.

La estabilidad de la masa muestra que la harina por el método de precocción en marmitta presenta una mayor estabilidad con 0,85min, mientras que la harina precocida de quinua por el método en plancha presenta una menor estabilidad con un valor de 0,65min, estos valores representan una estabilidad bastante baja respecto aquella reportada por Pantanelli (1996), para harinas crudas de trigo de 10 min.

### Debilitamiento



**Figura 26. Debilitamiento de la harina precocida de quinua y amaranto**

Elaborado por: La autora, 2021.

El debilitamiento se encuentra representado por la caída de la curva en el periodo determinado del amasado. De esta forma, el debilitamiento de la masa en las muestras de harinas precocidas de quinua y amaranto por el método en plancha y de marmitta se encuentran en un rango de 0,28 a 0,3 Nm con lo cual se indica que no presentan diferencias significativas entre ellas. Estos resultados son similares a los expuestos por Rosell et al. (2007) quienes obtuvieron valores dentro de 0,28 a 0,33 Nm en las harinas compuestas.

### Prueba Mixolab

El Mixolab mide la consistencia de la masa sometida a doble presión de amasado, lo cual se expresa en Par (Nm), durante todo el proceso. Para el análisis de los

resultados obtenidos se considera el valor pico de cada una de las etapas y el tiempo de llegada.

**Tabla 20. Pruebas Mixolab**

	Estabilid	C1		C2		C3		C4		C5	
	ad	Tiempo	Par	Tiempo(	Par	Tiempo(	Par	Tiempo	Par	Tiempo(	Par
	min	(min)	(Nm)	min)	(Nm)	min)	(Nm)	(min)	(Nm)	min)	(Nm)
Quinua método plancha	1,6	0,9	1,13							39,93	0,24
Quinua método marmita	0,8	1,32	1,47	3,63	0	38,12	0,58			39,93	0
Amaranto método plancha	2,05	0,98	1,15							39,93	0,11
Amaranto método marmita	2,13	0,92	1,16	34,75	0,14					39,93	0,16

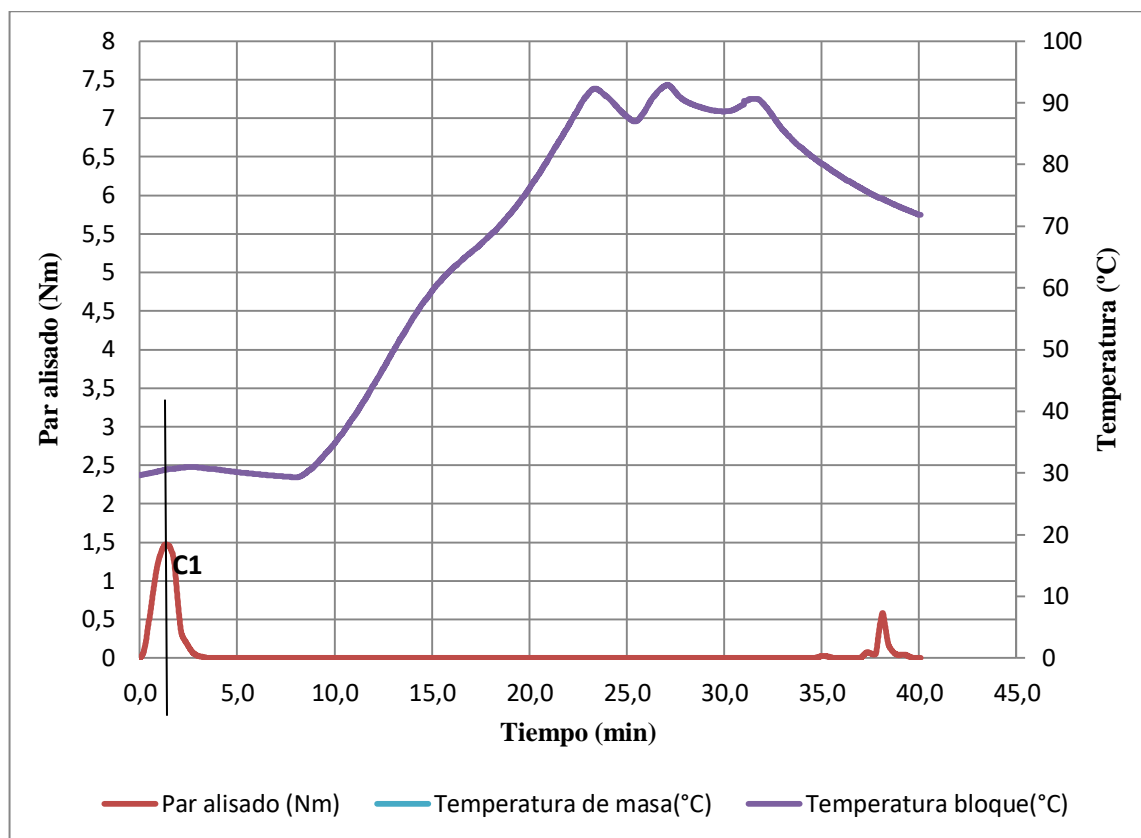
Elaborado por: La autora, 2021.

### **C1: Desarrollo de la masa**

En esta etapa la masa se vuelve más resistente a la extensión, por lo cual se puede observar un aumento elevado del par. Al alcanzar el par de 1,1 aproximadamente, se indica que la masa se ha desarrollado de manera completa. Los resultados obtenidos muestran que el desarrollo de la masa de las muestras de harina precocida de quinua y amaranto fluctúan entre 1,13 y 1,47 Nm. Este parámetro depende de la humedad y el porcentaje de hidratación, pues indica el desarrollo de la masa desde la cantidad de agua que la harina puede absorber hasta llegar a tener una consistencia adecuada durante una temperatura constante. En cuanto al desarrollo de la masa de la harina precocida de quinua por el método de marmita presenta un valor mayor a la del amaranto pues cada una presenta 1,47 y 1,13 Nm respectivamente, mientras que entre las muestras de harina precocida de amaranto por el método de precocción en marmita y en plancha no se presentan diferencias significativas, ya que tiene un valor de 1,15 y 1,16. Estos valores son diferentes a los presentados por Rodríguez et al. (2012), quienes obtuvieron valores de 0,45 Nm para la harina de papa y 0,34 Nm para la harina de papa.

Generalmente la harina tiene mayor fuerza cuando el tiempo de llegada a C1 se incrementa, sin embargo, el tiempo de amasado óptimo es de 4 a 5 min, sin embargo, en esta prueba se obtuvo un tiempo de llegada de 0,0 a 1,32 min en las

cuatro muestras, lo cual indica que no está cumpliendo con los parámetros de calidad óptimos.



**Figura 27. C1: Desarrollo de la masa**

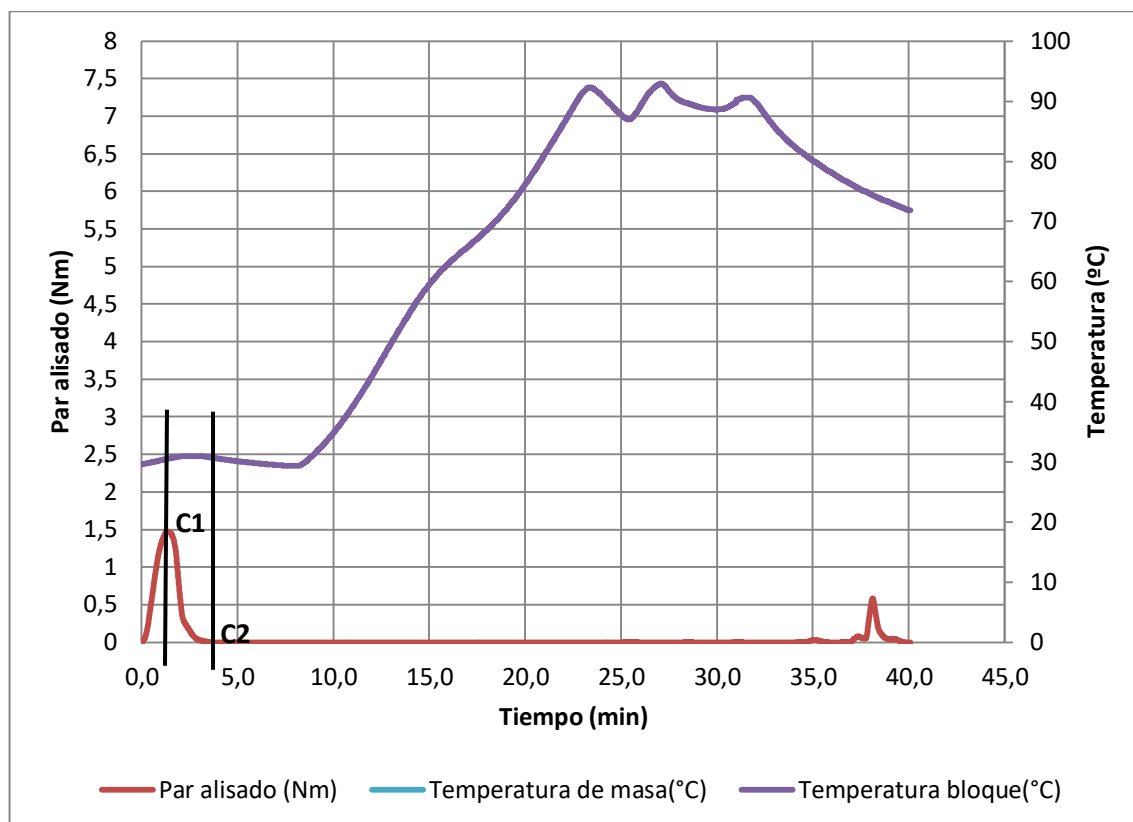
Elaborado por: La autora, 2021.

## **C2: Debilitamiento de las proteínas basado en el trabajo mecánico y la temperatura**

El debilitamiento se encuentra representado por la caída de la curva, durante un periodo determinado del amasado. Como se puede observar en la Tabla 12, la harina precocida de quinua por el método en marmita presenta un valor de 0,0 Nm, mientras que la harina precocida de amaranto por el método en marmita tiene un valor de 0,14 Nm. Estos resultados no guardan relación con los obtenidos por Sandoval et al. (2012), donde demostró que la harina precocida de trigo importado presentó un valor de 0,46 Nm de debilitamiento de las proteínas.

Además, se puede añadir que esta intensidad de la fuerza depende de la capacidad de absorción de agua del almidón, sin embargo, es importante recalcar que

generalmente la harina con un C2 inferior a 0,5 Nm proporciona una masa de tenacidad adecuada.



**Figura 28. C2: Debilitamiento de las proteínas basado en el trabajo mecánico y la temperatura.**

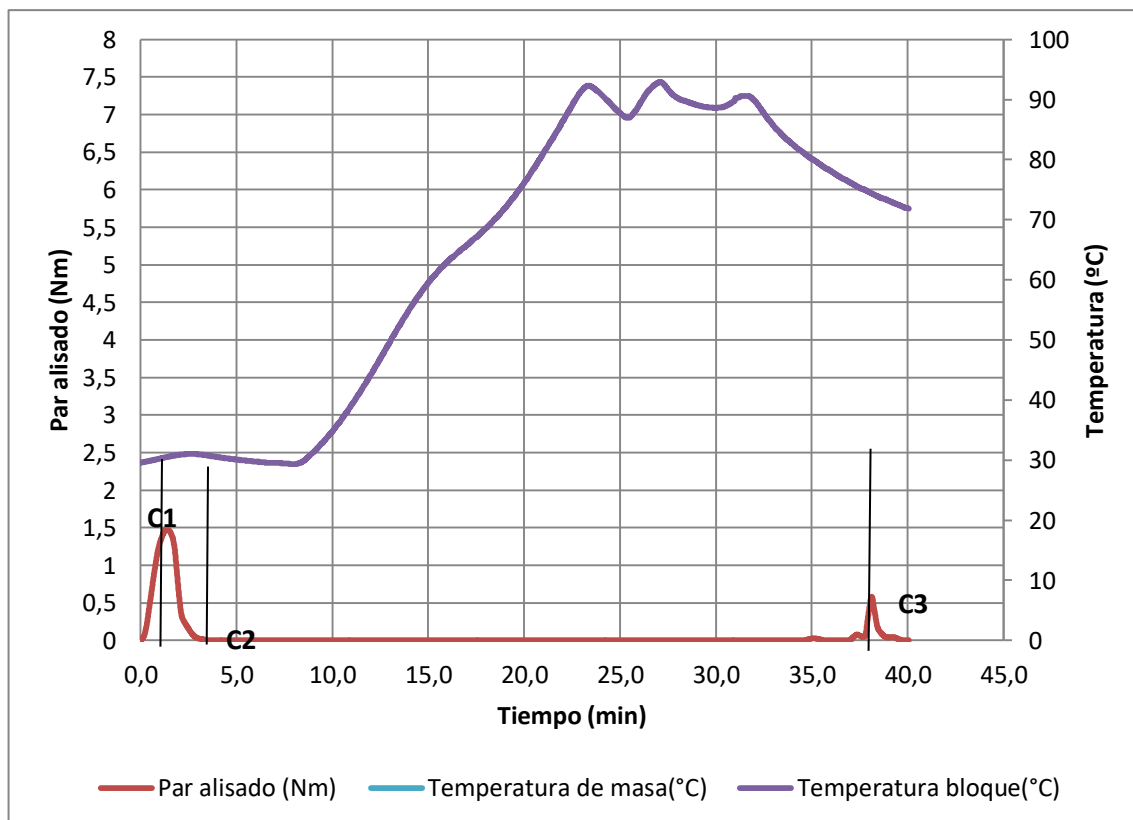
Elaborado por: La autora, 2021.

### C3: Gelatinización del almidón

La gelatinización se presenta cuando los gránulos hinchados de almidón pierden su estructura cristalina formando un gel debido a la liberación de amilosa. La fuerza que registra el Mixolab procede de gel que se vuelve más espeso, o más viscoso al incrementar la temperatura.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede indicar que únicamente la harina de quinua precocida por el método en marmita presentó un índice C3 de 0,58 Nm, valor que es menor al presentado por Lascano (2010) quien obtuvo una fuerza para la gelatinización de 1,08 Nm en harina de trigo, al igual que el resultado de Sandoval et al. (2012) en donde se presentó un valor de 1,62 Nm.





**Figura 29. C3-Gelatinización del almidón**

Elaborado por: La autora, 2021.

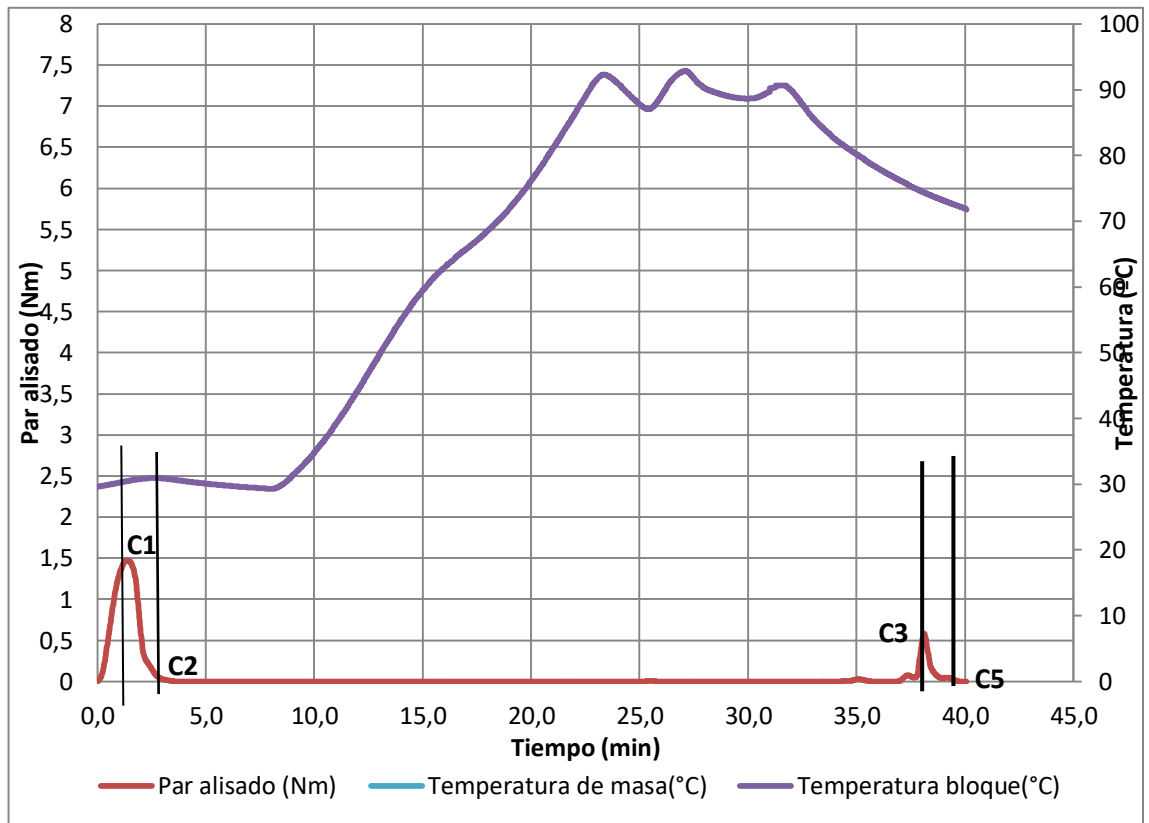
### **C5: Retrogradación del almidón**

La disminución de la temperatura en un rango genera que la amilasa hidratada forme puentes cruzados de hidrógeno en las secciones lineales de la amilopectina, lo cual da como resultado una estructura más rígida, y esto se traduce en un incremento de la firmeza de la miga y pérdida de agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos se indica que no existe una diferencia significativa en la fuerza para la retrogradación de las muestras con valores que varían de 0 a 0,24 Nm, la fuerza más baja para la retrogradación fue la de la quinua por el método de marmita con un valor de 0 Nm, mientras que la más alta fue la de la quinua por el método de plancha con un valor de 0,24 Nm.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son menores al comparar con los datos de Lascano (2010) quien determinó una fuerza para la retrogradación de 1,15 Nm en harina de trigo, lo que indica que el producto final a base de harina de trigo presentarán tiempos menos prolongados de conservación,

al igual que los datos obtenidos en la investigación de Sandoval et al. (2012) cuya harina precocida de trigo importado obtuvo un valor de retrogradación de 2,33 Nm.



**Figura 30. C5: Retrogradación del almidón**

Elaborado por: La autora, 2021.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Los granos tanto de quinua como de amaranto cumplen con las especificaciones de calidad establecidas en la Norma INEN de calidad. De acuerdo a la revisión de diversas fuentes bibliográficas se obtuvo que la calidad de la quinua ecuatoriana le ha permitido obtener una ventaja frente a la competencia, a pesar de los costos que su cosecha representa, siendo la variedad INIAP – Tunkahuan la de mayor producción en el Ecuador, ya que se caracteriza por el sabor dulce debido a su bajo contenido de saponina, mientras que en relación a la producción de amaranto se ha evidenciado una disminución de manera considerable, ya que este producto se ha vuelto poco conocido entre los mismos productores y consumidores ecuatorianos.
- Los datos de humedad obtenidos de la harina precocida de quinua y amaranto por los métodos en plancha y marmita están dentro de la norma establecida por la NTE INEN 3042 (13,5%) para quinua, para la harina precocida de quinua por el método en plancha se obtuvo valores de 4,9% y 5,4% en la harina precocida por el método en marmita. De igual manera en las muestras de harina precocida de amaranto por el método en plancha se obtuvo una media de 4,6%, mientras que para la harina de amaranto por el método de precocción en marmita se obtuvo un valor de 7,1% lo cual también se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NTE INEN 1235 (12%) para amaranto.
- Respecto al poder de hinchamiento el mejor valor fue obtenido por la harina de amaranto precocida en plancha con un valor de 8,75%.
- La harina de quinua precocida por el método en plancha presentó la mayor capacidad de absorción de agua con un valor de 127,2%, mientras que por el mismo método el amaranto presentó el menor valor de 81%, por el

método de precocción en marmita se obtuvieron valores de 119,10% y 83,10% para quinua y amaranto respectivamente.

- La harina de quinua precocida por el método en marmita presentó la mejor estabilidad con un valor de 0,85min lo que quiere decir que, mientras que la harina precocida en plancha tuvo un valor menor de 0,65min, en relación al amaranto por el método de plancha se obtuvo un valor de 0,80min y por el método en marmita tuvo un valor de 0,75min.
- El índice de debilitamiento de las muestras analizadas determinó que las harinas presentaron valores cercanos (0,28-0,3Nm) indistintamente de la materia prima y el método utilizado para la precocción.
- Las pruebas de Mixolab no resultaron convenientes para el análisis del desarrollo de la masa, debilitamiento de las proteínas, gelatinización del almidón, retrogradación del almidón, la variabilidad en los resultados en cuanto a C2 y C3 se debe a que las harinas analizadas no contienen gluten y son precocidas, lo cual debilita aún más la proteína. La consistencia alcanzada se debe al almidón y no a la proteína.

## **5.2. Recomendaciones**

- Antes de medir los factores reológicos de las masas utilizando el Mixolab es importante medir la humedad de la harina cada vez que se corra la muestra con la finalidad de obtener resultados confiables.
- Es importante tener cuidado al realizar la limpieza del sensor de temperatura, pues son aparatos sensibles que puede sufrir algún daño físico o de configuración.
- Es necesario fomentar la utilización de cereales y tubérculos nacionales en la industria molinera, pues con ello se genera mayores ingresos para los agricultores del país y además se reduce los costos de producción en la elaboración de productos a base de harina.

## Referencias Bibliográficas

- Acurio, A. (2015). *Evaluación del efecto de la fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Algara, P., Gallegos, J., & Reyes, J. (2016). El amaranto y sus efectos terapéuticos. *Revista académica de investigación*(21). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/304251542\\_EL\\_AMARANTO\\_Y\\_SUS\\_EFECTOS\\_TERAPEUTICOS](https://www.researchgate.net/publication/304251542_EL_AMARANTO_Y_SUS_EFECTOS_TERAPEUTICOS)
- Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(1).
- Blanco, T., Albarado, U., Muñoz, A., & Muños, C. (2018). Evaluación de la Composición Nutricional de la Quinua procedente de los Departamentos de Junín, Puno, Apurímac, Cusco y Ancash. *scielo*, 9.
- Bojanic, A. (2011). *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. América de Sur: Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Obtenido de <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- Capriles, V., Coelho, K., & Guerra, A. (2008). Effects of Processing Methods on Amaranth Starch Digestibility and Predicted Glycemic Index. *Jurnal of Food Sciencie*, 73(7).
- Carrillo, W., Vilcacundo, R., & Carpio, C. (marzo de 2015). Compuestos bioactivos derivados del Amaranto y Quinua. *Actualización en nutrición*, XV(1), 18.
- Chaparro, D., Pismag, R., Vivas, N., & Erazo, C. (2010). Efecto de la germinación sobre: El contenido y digestibilidad de proteínas en semillas de Amaranto, Quinua, Soya y Gandul. *Scielo*, VIII(49).

- Dussan, S., Hurtado, D., & Camacho, J. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *Información tecnológica*, 30(5).
- Dyner, L., Ferreyra, C., & Apro, M. (2016). Contenido de calcio, fibra dietaria y filatos en diversas harinas de cereales. *Revista de la federación bioquímica de la provincia de Buenos Aires*, 50(3), 435-443. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/535/53549173012.pdf>
- Gabriel, M., Hernández, R., Caballero, V., Torres, N., & Espinoza, A. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto. *Journal of negative*, 14. Obtenido de file:///C:/Users/LOPEZ/Downloads/2410-Texto%20del%20art%C3%ADculo-7990-2-10-20180518%20(1).pdf
- González, F., Avila, M., Gil, Y., & Velasco, Y. (2016). Proceso de fabricación de la harina precocida de maíz. *Principios y procesos químicos*.
- Hernández, B., Guerra, M., & Rivero, F. (2019). Obtención y caracterización de harinas compuestas de endospermo, germen de maíz y su uso en la preparación de arepas. *Revista scielo*, 19(2).
- Huamani, A., Ponce, J., Málaga, & Jorge. (julio-septiembre de 2020). Optimización del proceso de cocción de quinua utilizando el diseño 3k y la función de deseabilidad: Grado de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y desprendimiento de cotiledones. *Scientia Agropecuaria*, 11(3).
- ILSI Nor-Andino. (2018). *Papel de los cereales y los pseudocereales en la Seguridad Alimentaria*. Bogotá. Obtenido de <https://ilsinorandino.org/wp-content/uploads/sites/16/2018/10/Papel-de-los-Cereales-y-los-Pseudocereales-en-la-Seguridad-Alimentaria-2018.pdf>
- INIAP. (2019). Amaranto negro. 3.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Granos y Cereales. Grano de Amaranto. Requisitos e Inspección NTE INEN 2646*. Quito: INEN. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2646.pdf>

- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2018). Variedades de quinua. *Ministerio de Agricultura*, 6. Obtenido de [https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/quinua/INIAP\\_415.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/quinua/INIAP_415.pdf)
- Lascano, A. (2010). *Estudio de mezclas de harina de Cereales: Cebada (Hordeum vulgare), Maíz (Zea mays), Quinua (Chenopodium quinoa), Trigo (Triticum vulgare) y Tubérculo papa (Solanum vulgare) importado para obtener su uso en la elaboración de pan y pastas*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/867/1/AL425%20Ref.%203271.pdf>
- Lescano, L. (2010). *Caracterización de las harinas de trigo nacional (Cojitambo), maíz (INIAP 122), cebada (Cañicapa), quinua, papa (Gabriela), destinadas a panificación mediante la determinación de las propiedades funcionales de sus almidones*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- MAGAP. (2018). Variedades de Amaranto. *Ministerio de Agricultura*, 5.
- Mapes, C. (2015). El Amaranto. *Revista Ciencia*, 8. Obtenido de [http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66\\_3/PDF/Amaranto.pdf](http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf)
- Mauleon, C., Linares, P., Gomez, M., & Zamora, C. (2015). Diseño de equipos didácticos para los procesos de inyección, extrusión y prensado. *Revista de Tecnología e Innovación*, 2(3), 423. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia\\_e\\_innovacion/vol2num3/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion-vol-3-91-107.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol2num3/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion-vol-3-91-107.pdf)
- Mujica, A., & Jacobsen, S. (2016). La quinua(*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Revista de botánica económica de los andes centrales*, 573.
- Pantanelli, A. (1996). *Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo*. Recuperado el 2020, de [www.roagro.com/.../Parámetros%20Calidad%20del%20Trigo.Doc](http://www.roagro.com/.../Parámetros%20Calidad%20del%20Trigo.Doc)

- Parra, A., Cajiao, E., Cerón, A., & Villalba, H. (2016). Efecto del método de pre-gelatinización de harina de yuca sobre propiedades mecánicas de matrices moldeadas. *Grupo de Ciencia y Tecnología de Biomoléculas* .
- Peralta , E. (2010). INIAP Tunkahuan variedad mejorada de quinua de bajo contenido de saponina. *Estación experimental santa catalina*, 6. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2639/1/iniapscpl345.pdf>
- Pérez, A., Díaz, A., & Pérez, M. (2016). Valores de digestibilidad de dos cereales incluidos en la ración a diferentes niveles. *Revista Internacional*, 4.
- Rodríguez, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua y papa en las propiedades termomecánicas y panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 199-207.
- Rosell, C., Collar, C., & Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermomechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocoll.*, 21, 452-462.
- Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria*, 2, 123 - 131.
- SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida de Ecuador*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3042*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_3042.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3042.pdf)
- Suárez, M., Kizlansky, A., & López, B. (2016). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Revista de nutrición hospitalaria*, 21(1). Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112006000100009](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000100009)



- Tovar, C., Perafán, E., Enríquez, M., Pismag, Y., & Ceron, L. (2017). Evaluación del efecto del proceso de extrucción en harina de quinua. *Revista de biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial scielo*, 15(2), 9. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15n2/v15n2a04.pdf><http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15n2/v15n2a04.pdf>
- Valenzuela, G. (2016). El despertar de los granos andinos. *Revista gestión*, 4. Obtenido de [https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy\\_pdfs/237\\_004.pdf](https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/237_004.pdf)
- Vargas, P., Arteaga, R., & Cruz, L. (2019). Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa*) como alimento funcional. *Revista Centro Azúcar*, 12. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n4/2223-4861-caz-46-04-89.pdf>
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3). Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182018000400271](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271)

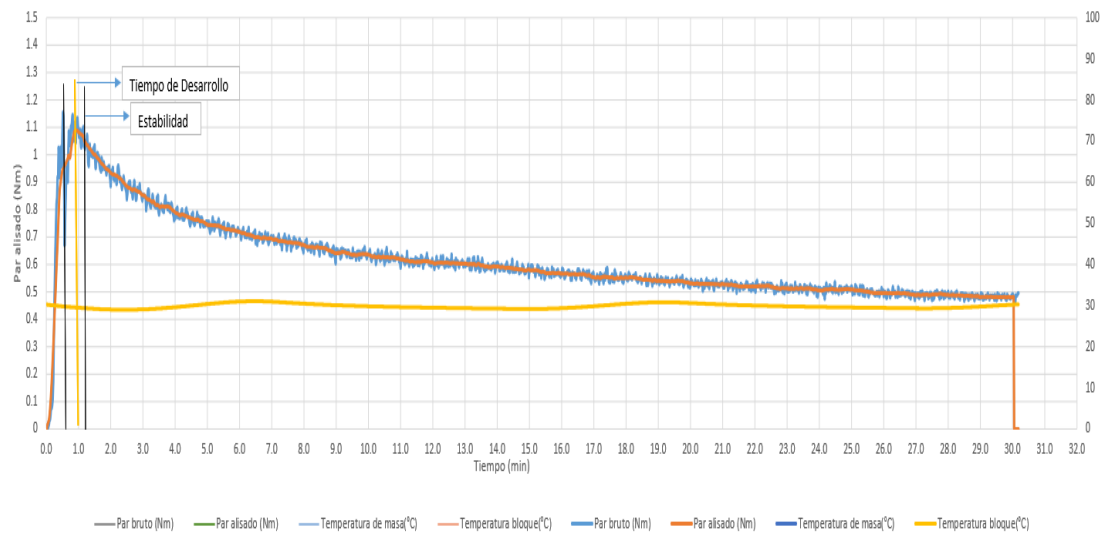
## Anexos

### Anexo 1. Pruebas Farinografía

#### Farinógrafo Quinoa Plancha

Fecha :09/12/2020 Hora :08:18 Muestra : Metódica :Chopin S

Peso de masa : 75 g  
Temperatura del depósito : 30 °C  
Velocidad de amasado : 80 rpm  
Hidratación : 134 % base 14% (b14)  
Contenido de humedad : 4,9 %



Datos Chopin S	
Absorción	127,20 %
Tiempo des.	0,90 Min
Estabilidad	0,65 Mín
Debilitamiento (UF)	135,00 UF
Debilitamiento (Nm)	0,30 Nm
CMax	1,09 Nm





## Farinografo Amaranto Marmita

Fecha :10/12/2020

Hora :13:02 Muestra :

Metódica :Chopin S

Peso de masa : 75 g

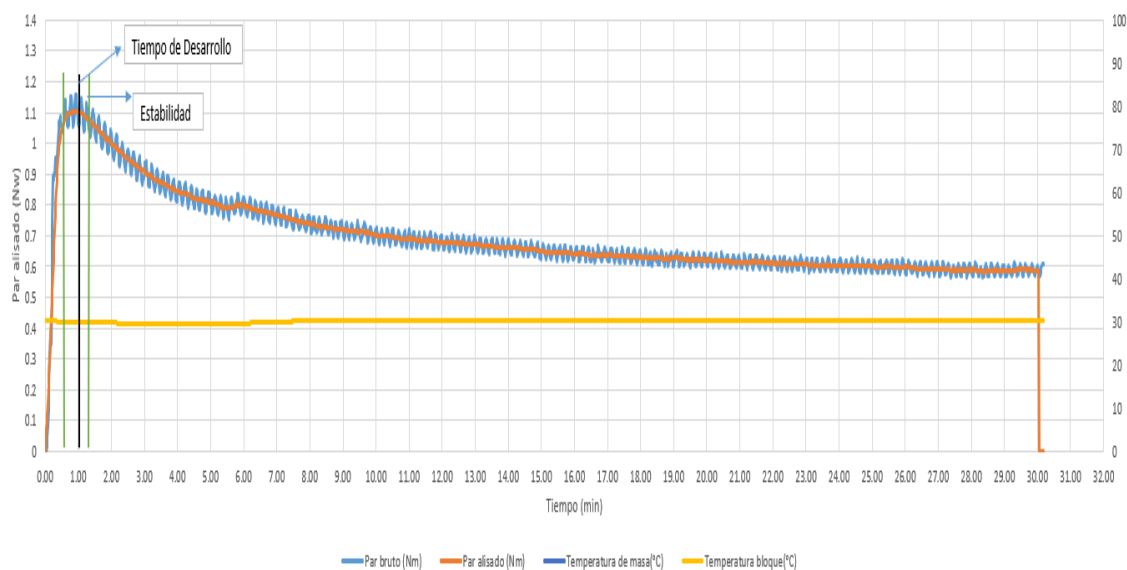
Temperatura del depósito : 30 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

Hidratación : 86 %

base 14% (b14)

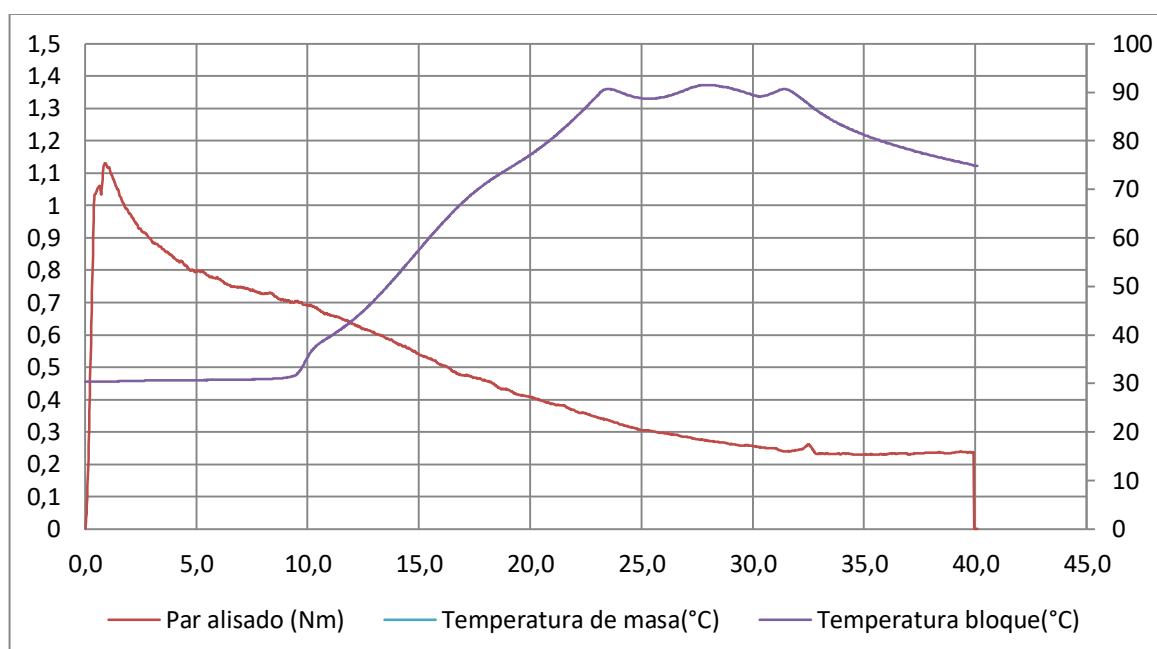
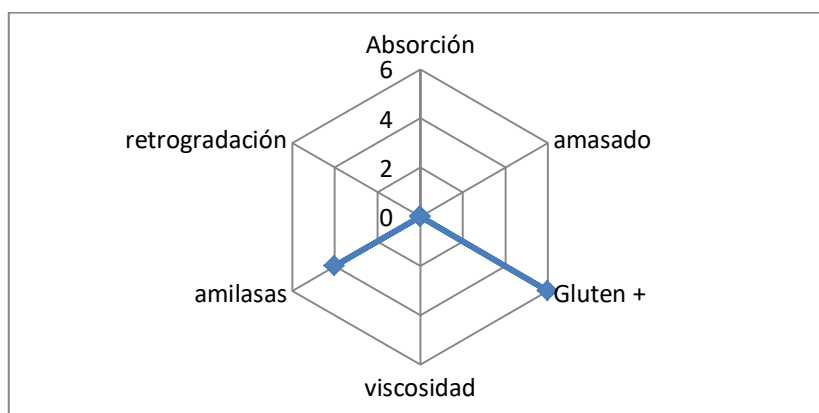
Contenido de humedad : 7,1 %



Datos Chopin S		
Absorción	83,10	%
Tiempo des.	1,22	Min
Estabilidad	0,75	Mín
Debilitamiento (UF)	126,00	UF
Debilitamiento (Nm)	0,28	Nm
CMax	1,10	Nm

## Anexo 2.Pruebas Mixolab

### Mixolab Quinoa Plancha

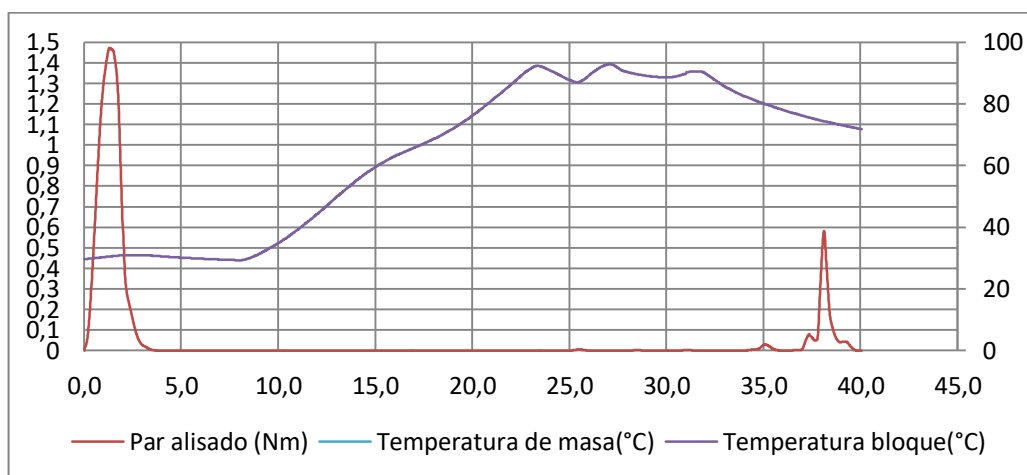
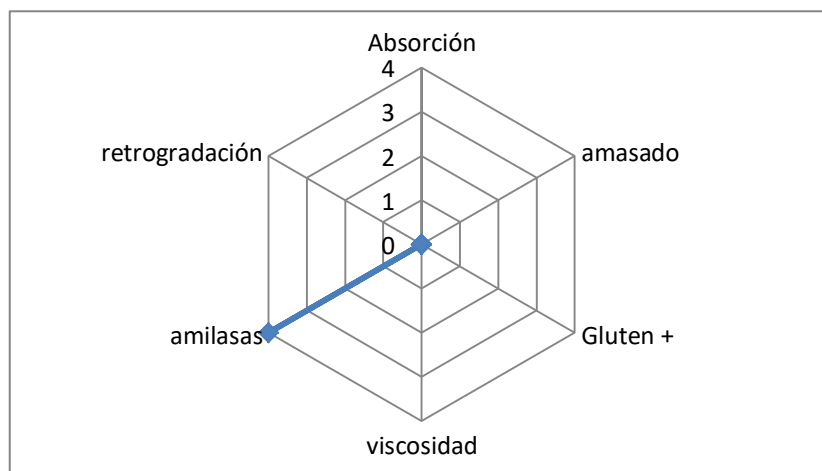


	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temperatura de masa : (°C)	Amp. (Nm)	Estab. (min)
C1	0,90	1,13	31,90	0,06	1,60
C5	39,93	0,24	77,90		
Alfa :	-0,02				

## Mixolab Quinua Marmita

Fecha :11/12/2020 Hora :09:12 Muestra : Metódica :Chopin+

Peso de masa : 75 g  
 Temperatura del depósito : 30 °C  
 Velocidad de amasado : 80 rpm  
 Hidratación : 118,8 % base 14% (b14)  
 Contenido de humedad : 5,4 %



	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temperatura de masa : (°C)	Amp. (Nm)	Estab. (min)
C1	1,32	1,47	30,00	0,10	0,80
C2	3,63	0	30,80		
C3	38,12	0,58	75,10		
C5	39,93	0	73,50		
Alfa :	-2,078				
Beta :	0				
Gamma :	-0,034				

## Mixolab Amaranto Plancha

Fecha :11/12/2020

Hora :16:47 Muestra :

Metódica :Chopin+

Peso de masa : 75 g

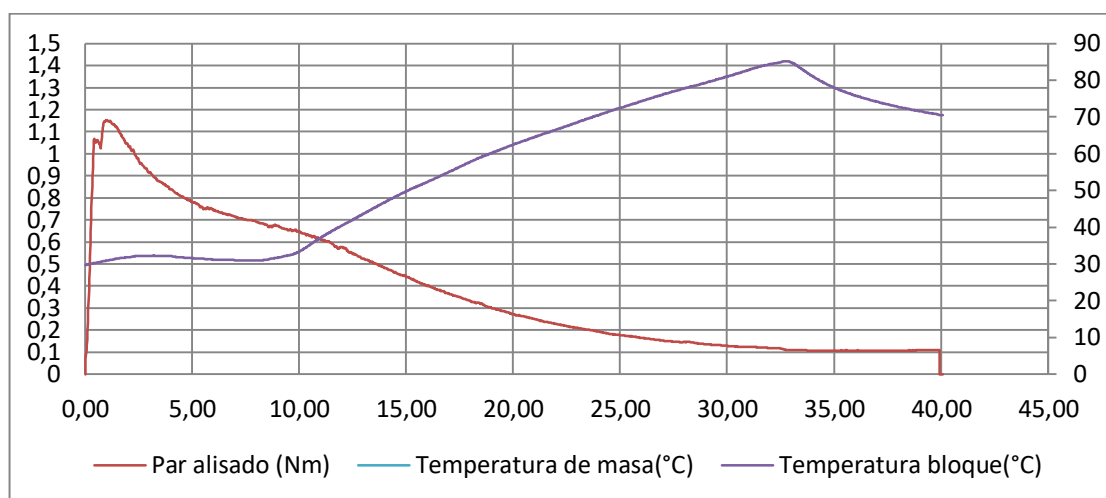
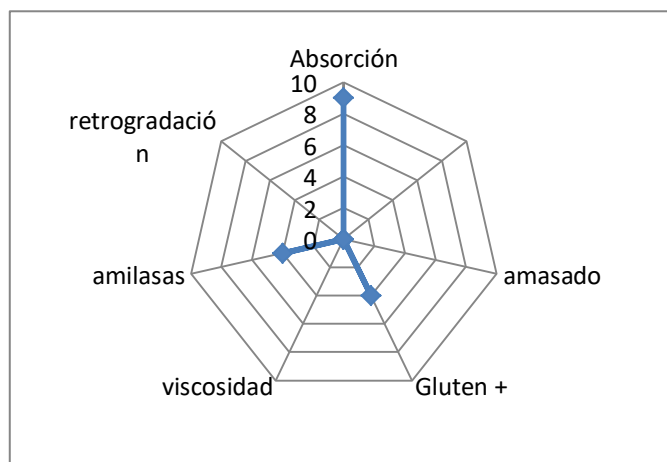
Temperatura del depósito : 30 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

Hidratación : 81 %

base 14% (b14)

Contenido de humedad : 4,6 %



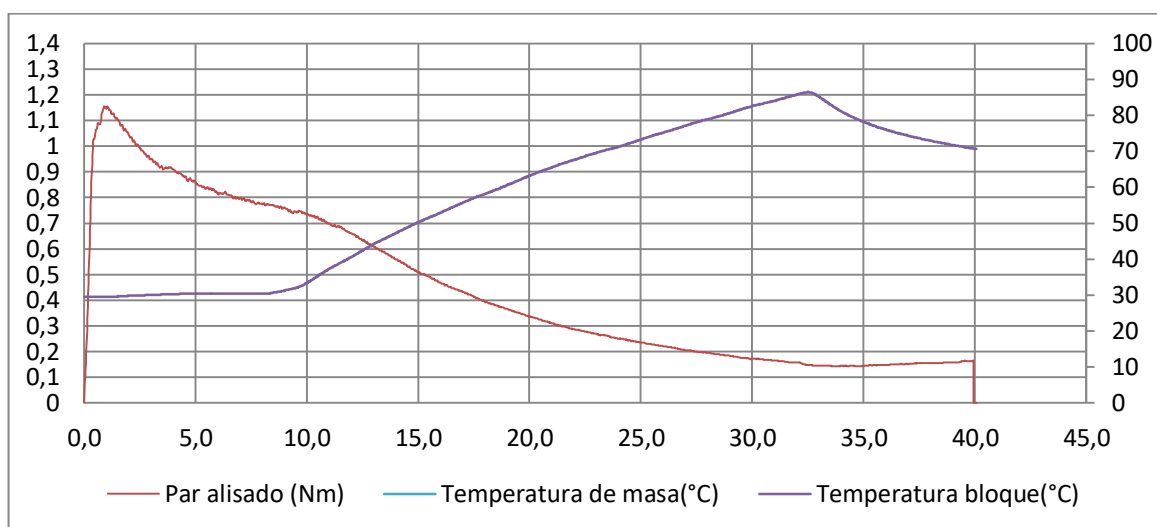
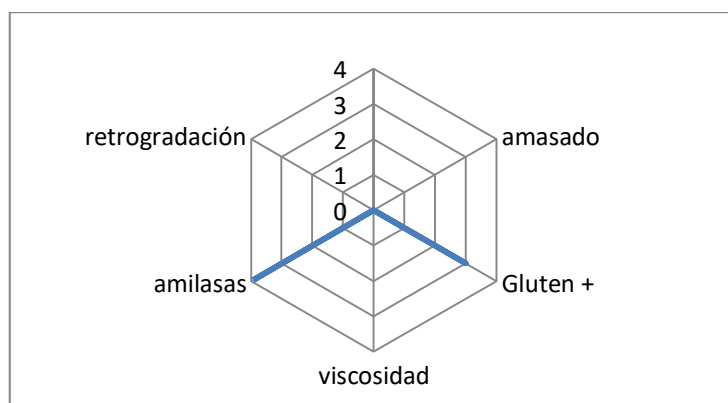
	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temperatura de masa : (°C)	Amp. (Nm)	Estab. (min)
C1	0,98	1,15	29,40	0,09	2,05
C5	39,93	0,11	72,50		
Alfa	-0,026				
:					



## Mixolab Amaranto Marmita

Fecha :11/12/2020 Hora :14:54 Muestra : Metódica :Chopin+

Peso de masa : 75 g  
 Temperatura del depósito : 30 °C  
 Velocidad de amasado : 80 rpm  
 Hidratación : 83,1 % base 14% (b14)  
 Contenido de humedad : 7,1 %



	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temperatura de masa : (°C)	Amp. (Nm)	Estab. (min)
C1	0,92	1,16	30,80	0,09	2,13
C2	34,75	0,14	77,50		
C5	39,93	0,16	73,00		
Alfa :	-0,02				
Beta :	0,004				

### Anexo 3. Fotografías del proceso

