Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

Efecto de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua *(Chenopodium quinoa)*, para obtener pasteles con alto contenido proteico

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Química

AUTOR

Camila Angelica LA ROSA ALVAREZ

ASESOR

Mg. Roberto ROBLES CALDERÓN

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

La Rosa, C. (2026). *Efecto de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (Chenopodium quinoa), para obtener pasteles con alto contenido proteico*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Camila Angelica La Rosa Alvarez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73816919
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Roberto Robles Calderón
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06078749
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7077-5085
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Dr. Waldir Desiderio Estela Escalante
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09548299
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Dra. Juana Sandivar Rosas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06426086
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.4.4 Tecnología de los alimentos
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Urbanización: Ciudad Universitaria Manzana y lote: No especifica (Ciudad Universitaria s/n) Calle: Av. Germán Amézaga N.° 375 Latitud: -12.0561 Longitud: -77.0847
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2025-2026
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Química https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.00 Alimentos y bebidas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.01

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ej cutivo del "V Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2025-II", bajo la Presidencia del **Dr. Waldir Desiderio Estela Escalante;** la **Dra. Juana Sandivar Rosas(Miembro)** y el **Mg. Roberto Robles Calderón (Asesor);** habiendo presentado para tal efecto la **TESIS,** titulada **"Efecto de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua *(Chenopodium quinoa)*, para obtener pasteles con alto contenido proteico",** después de **SUSTENTADA Y APROBADA** la tesis elaborada por la bachiller en Ingeniería Química: **LA ROSA ALVAREZ, CAMILA ANGELICA;** para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERA QUÍMICA,** acordaron calificarla con la **NOTA** de:

QUINCE 15

(LETRAS) (NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 10 de enero del 2026

Dr. WALDIR DESIDERIO ESTELA ESCALANTE
Presidente

Dra. JUANA SANDIVAR ROSAS
Miembro

Mg. ROBERTO ROBLES CALDERÓN
Asesor

Dr. EDER CLIDIO VICUÑA GALINDO
Director de la E.P. de Ingeniería Química

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA
Facultad de Química e Ingeniería Química

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Roberto Robles Calderón** en mi condición de asesor con el Dictamen N°000002-2026-EPIQ-FQIQ/UNMSM de la Tesis cuyo título es**: Efecto de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), para obtener pasteles con alto contenido proteico,** presentado por la bachiller: **La Rosa Alvarez, Camila Angelica,** para optar el título Profesional de Ingeniera Química.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 13 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título Profesional de Ingeniera Química

Lima, 18 de enero del 2026

Firma del Asesor 

Nombres y Apellidos del asesor Roberto Robles Calderòn

DNI: 06078749

Resumen

El consumo de productos de repostería ultra procesados, con bajo contenido proteico biológico, limita el acceso de la población a opciones más saludables y nutritivas. Ante esta problemática, surge la necesidad de explorar ingredientes alternativos que permitan enriquecer dichos productos, sin afectar su calidad tecnológica. Una de las alternativas más prometedoras es la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), reconocida por su aportación en proteínas, fibra y vitaminas, que puede incorporarse en la formulación de pasteles como sustituto parcial de la harina de trigo. El presente estudio tiene como finalidad evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en niveles de 40 %, 50 % y 60 % con respecto a la harina de trigo, así como la variación de la temperatura de horneado 160°C, 170°C y 180°C, para obtener pasteles con alto contenido proteico y de aceptabilidad sensorial. Las pruebas experimentales se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los resultados evidenciaron que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua no afectó de manera negativa el contenido de humedad de los pasteles, manteniéndose valores adecuados para la estabilidad del producto. La evaluación sensorial determinó que el tratamiento en 60 % de sustitución de harina de trigo por harina de quinua a la temperatura de horneado de 170 °C presentó la mayor aceptación. Asimismo, el análisis de digestibilidad proteica in vitro del tratamiento seleccionado (F3-170) mostró un valor de 79,42 ± 0,15 %, indicando una mejora en la calidad proteica respecto a productos de repostería elaborados únicamente con harina de trigo. En conjunto, los resultados demuestran que es tecnológicamente viable la sustitución de harina de quinua, en niveles elevados en la elaboración de pasteles, permitiendo obtener un producto con mayor valor nutricional y adecuada aceptabilidad sensorial.

Palabras clave

Harina de quinua, harina de trigo, pastel, humedad, proteína.

Abstract

Consumption of ultra-processed baked goods, which are low in biological protein, limits the population's access to healthier and more nutritious options. Given this problem, there is a need to explore alternative ingredients that can enrich these products without affecting their technological quality. One of the most promising alternatives is quinoa flour (Chenopodium quinoa), recognized for its protein, fiber, and vitamin content, which can be incorporated into cake recipes as a partial substitute for wheat flour. The purpose of this study is to evaluate the effect of partially replacing wheat flour with quinoa flour (Chenopodium quinoa) at levels of 40%, 50%, and 60% with respect to wheat flour, as well as the variation in baking temperature between 160°C and 170°C, and 180°C, to obtain cakes with high protein content and sensory acceptability. The experimental tests were carried out in the laboratories of the Faculty of Chemistry and Chemical Engineering at the National University of San Marcos. The results showed that partially replacing wheat flour with quinoa flour did not negatively affect the moisture content of the cakes, maintaining adequate values for product stability. Sensory evaluation determined that the treatment with 60% substitution of wheat flour with quinoa flour at a baking temperature of 170 °C was the most acceptable. Likewise, the in vitro protein digestibility analysis of the selected treatment (F3-170) showed a value of 79.42 ± 0.15%, indicating an improvement in protein quality compared to baked goods made only with wheat flour. Overall, the results demonstrate that the substitution of quinoa flour at high levels in cake production is technologically feasible, allowing for a product with higher nutritional value and adequate sensory acceptability.

Keywords

Quinoa flour, wheat flour, cake, moisture, protein.

i. Dedicatoria

Dedico esta tesis principalmente a mis padres y a mi hermano Juan Alberto, porque si bien, a la llegada de mi hermano, sentí mucho miedo de ser reemplazada, él se convirtió en mi cómplice a lo largo de mi vida. A mi mamá, por ser mi confidente y escucharme con sus expresiones muy lindas y a mi querido papá, quién es mi sanmarquino favorito y me inspiró en conocer y estudiar en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Decana de América, porque me enseñó lo que es tener carácter en una carrera muy bonita y compleja como es la ingeniería química.

A Moly, que desde el cielo me acompaña y me enseñó que por una pérdida no podemos decaernos, sino levantarnos más fuerte, hoy en día eres mi inspiración y me enseñas que yo soy la dueña de mi destino.

A Nala, por darme esa energía ruda en las batallas de la vida, y a Layka por enseñarme de la vida con su enorme nobleza y cariño en la familia.

ii. Agradecimiento

A Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada etapa de este camino. Gracias por iluminar mis decisiones, darme sabiduría en los momentos de dificultad y sostenerme cuando el camino de la ingeniería parecía tornarse oscuro.

Agradezco infinitamente a los amigos que han formado parte de este proceso durante el desarrollo de mi tesis. Cada uno, con su granito de arena, contribuyó de manera significativa para que pudiera culminar este trabajo de investigación. Sin ustedes, no habría encontrado esa luz de esperanza que me impulsó a seguir adelante. De manera especial, agradezco a un amigo muy importante en mi vida, un amigo de años, por su apoyo constante, por escucharme en los momentos de estrés, por creer en mí incluso cuando yo dudaba y por motivarme a no rendirme; tu presencia fue un impulso silencioso pero fundamental en este logro.

A mis primas Melanie y Deniss, que son más que mis primas, mis amigas y cómplices de vida, gracias por estar siempre a mi lado, motivarme y acompañarme en cada desafío. A mamá Norma y mamá Judith, por su amor incondicional, sus consejos sabios y sus oraciones constantes, que han sido una guía silenciosa pero poderosa en cada etapa de mi vida. A mis tíos, tías y primos, gracias por acompañarme en este camino, por sus palabras de aliento, su confianza y por celebrar cada pequeño logro conmigo. Su cariño ha sido un pilar fundamental para seguir adelante.

A mis mejores amigas Fátima, Diana, Angélica, Cristina y Rosario, gracias por inspirarme constantemente y por enseñarme que la verdadera amistad perdura a través del tiempo, las dificultades y la distancia. Su apoyo incondicional ha sido un regalo invaluable en esta etapa de mi vida.

Finalmente, a mi familia, por ser mi motor y mi fortaleza. Gracias por su amor, paciencia y apoyo constante en cada paso de este camino. Este logro también les pertenece.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN 9
1.1. Introducción 9
1.2. Planteamiento del problema 10
1.2.1. Determinación del problema 10
1.2.2. Problema general 11
1.2.1.1. Problemas específicos 11
1.3. Objetivos 11
1.3.1. Objetivos General 11
1.3.2. Objetivos Específicos 11
1.4. Importancia y alcance de la investigación 12
1.5. Limitaciones de la investigación 12
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA 14
2. Marco Teórico 14
2.1. Harina de Quinua 14
2.1.1. Origen de la Quinua 14
2.1.1.1. Definición de Quinua y su manejo 15
2.1.1.2. Definición de Harina de Quinua 15
2.1.1.3. Obtención de la Harina de Quinua 15
2.1.2. Harina de trigo 20
2.1.2.1. Definición 20
2.1.2.2. Requisitos que debe cumplir la harina de trigo según la NTP 21
2.1.3. Pastel 21
2.1.3.1. Generalidades 21
2.1.3.2. Composición en la preparación del bizcocho 22
2.1.3.3. Harinas pasteleras 22
2.1.3.4. Huevo 22

2.1.3.5. Azúcar 23
2.1.3.6. Grasas 24
2.1.3.7. Sal 25
2.1.3.8. Polvo de hornear 25
2.1.3.9. Leche 26
2.1.3.10. Procedimiento de preparación de pasteles 27
2.1.3.11. La digestibilidad in vitro proteica 28
2.1.3.12. La humedad del pastel relacionada con su aceptabilidad sensorial 29
2.1.4.1. Definición 30
2.1.4.2. Clasificación de hornos 30
2.2. Antecedentes del estudio 30
2.2.1. Antecedentes Internacionales 30
2.2.2. Antecedentes Nacionales 35
2.3. Bases teóricas 37
2.3.1. Análisis físico químico -Humedad 37
2.3.2. Digestibilidad in vitro de proteína 38
2.3.3. Escala Hedónica 38
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 40
3. Hipótesis 40
3.1.1. Hipótesis general 40
3.1.2. Hipótesis específicas 40
3.2. Variables 40
CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS 42
4. Área de estudio 42
4.1. Diseño de investigación 42
4.2. Población y muestra 43
4.3. Procedimientos, Técnicas e instrumentos de recolección de información 43

CAPÍTULO V. RESULTADOS 46
5.1. Resultados Experimentales 46
5.1.1. Contenido de Humedad 46
5.1.2. Evaluación sensorial 46
5.1.3. Digestibilidad proteica 47
5.2. Análisis estadístico 47
5.2.1. Estadísticos descriptivos 47
5.2.2. Análisis de varianza para el análisis de humedad 48
5.2.3. Análisis de varianza para aceptabilidad sensorial 49
5.4. Discusión de resultados 51
CAPÍTULO VI. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 54
6. Conclusiones 54
6.1. Recomendaciones 55
ANEXOS 59
Anexo 1. Matriz de Consistencia 59
Anexo 2: Formato para la evaluación de panel sensorial 62
Anexo 3: Análisis de Resultados en laboratorio externo 63
Anexo 4: Imágenes del proceso de horneado de pasteles 65

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En la actualidad, el creciente consumo de productos de repostería ultra procesados se ha convertido en una preocupación desde el punto de vista nutricional, debido a su bajo valor biológico proteico y su limitado aporte en nutrientes esenciales. Esta situación restringe el acceso de la población a alimentos más saludables y balanceados, lo que impulsa la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan mejorar el perfil nutricional de estos productos, sin comprometer sus propiedades sensoriales y funcionales.

En este contexto, el uso de ingredientes no convencionales con alto valor nutricional representa una estrategia viable para el desarrollo de alimentos enriquecidos. La harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), pseudocereal ampliamente reconocido por su elevado contenido de proteínas, fibra, vitaminas y minerales, se perfila como una alternativa prometedora para la reformulación de productos de repostería. Su incorporación como sustituto parcial de la harina de trigo puede contribuir significativamente a mejorar la calidad nutricional de los pasteles, manteniendo características tecnológicas aceptables.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua en proporciones de 40 %, 50 % y 60 %, así como la influencia de diferentes temperaturas de horneado (160 °C, 170 °C y 180 °C), sobre las características finales de pasteles con alto valor biológico proteico y aceptabilidad. Las pruebas experimentales se llevaron a cabo en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los pasteles obtenidos fueron evaluados en función de las diferentes formulaciones y condiciones de horneado, seleccionándose la mejor alternativa para su posterior análisis. Los pasteles obtenidos fueron evaluados en función de sus características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales, considerando el contenido de humedad, la aceptabilidad sensorial y la digestibilidad proteica in vitro. Los resultados evidenciaron que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua es técnicamente viable, permitiendo obtener pasteles con adecuada estabilidad y aceptabilidad sensorial. Asimismo, se determinó que un mayor nivel de sustitución, combinado con una temperatura de horneado intermedia, favorece la calidad proteica

del producto final, posicionando a la harina de quinua como un ingrediente funcional con potencial aplicación en la industria de la repostería orientada al desarrollo de alimentos con mayor valor nutricional.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Determinación del problema

Hoy en día, a nivel mundial, persisten la desnutrición y la malnutrición, debido a la falta de acceso a productos nutritivos. Esta situación constituye una amenaza para el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 (ODS 2) y de las metas globales de nutrición (FAO *et al*., 2025). En este contexto, los alimentos ultra procesados se han consolidado como la opción más accesible económicamente, en 2021 fueron, en promedio, un 47 % más económicos que los alimentos sin procesar o mínimamente procesados y un 50 % más baratos que los procesados, lo que explica su creciente consumo pese a los comprobados efectos adversos para la salud, como su bajo contenido de nutrientes esenciales (FAO *et al*., 2025).

Dentro de esta categoría se encuentran los productos de repostería, que, si bien son altamente consumidos por su bajo precio y accesibilidad, presentan un perfil nutricional limitado. Surge entonces la necesidad de desarrollar alternativas más saludables en este rubro, que permitan ofrecer alimentos con un mayor valor nutritivo. Una opción prometedora es la quinua, pseudocereal cultivado en diversas regiones del Perú, reconocido por su alto valor biológico gracias a su contenido de aminoácidos esenciales (Meyhuay M., 2013).

Si bien se puede emplear la quinua directamente, el subproducto esencial dentro de esta categoría es la harina de quinua; sin embargo, se identifica una brecha de conocimiento respecto al efecto de sustitución de harina de trigo por harina de quinua, en la elaboración de pasteles en nuestro país. En específico, se desconoce cómo esta sustitución puede influir en parámetros clave como el porcentaje de humedad, relacionado con la textura, conservación y aceptabilidad del producto, y el valor biológico proteico. Este vacío científico, evidencia la dificultad de establecer el potencial de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), como un insumo viable para enriquecer la repostería tradicional y responder a la demanda de opciones más nutritivas.

En consecuencia, es pertinente investigar el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua en la elaboración de pasteles, con el fin de determinar si esta modificación permite mejorar la calidad nutricional del producto, mediante un mayor contenido proteico, sin comprometer su calidad tecnológica asociada al porcentaje de humedad y a diferentes temperaturas relacionando el contenido proteico.

1.2.2. Problema general

¿En qué medida influye la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la mezcla con harina de trigo, en la elaboración de pasteles con alto contenido proteico y contenido de humedad?

1.2.1.1. Problemas específicos

- ¿En qué medida influye la concentración de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la mezcla con harina de trigo, en el contenido de humedad y el valor proteico?
- ¿En qué medida afecta la temperatura de horneado al contenido de humedad y al valor proteico de los pasteles elaborados con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de trigo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos General

Cuantificar el contenido proteico y contenido de humedad de pasteles formulados a base de mezcla de harina de quinua (Chenopodium quinoa) y harina de trigo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar cómo influye la concentración de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en una mezcla con harina de trigo, en el contenido de humedad y valor proteico en pasteles elaborados con esta mezcla.
- Determinar cómo influye la temperatura de horneado de pasteles elaborados con la mezcla de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) con harina de trigo en el contenido de humedad y valor proteico.

1.4. Importancia y alcance de la investigación

Actualmente, la mayoría de las reposterías se centran en la elaboración de pasteles tradicionales formulados con harina de trigo. No obstante, aunque estos productos destacan por su accesibilidad económica y alta aceptabilidad sensorial, generalmente presentan un perfil nutricional limitado. En este escenario surge la necesidad de identificar materias primas alternativas que permitan mejorar el valor nutricional de los productos de repostería. En este sentido, la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) se plantea como una opción con alto valor biológico de proteínas, ampliando su aplicación más allá de sus usos tradicionales en sopas y panes.

En consecuencia, se impulsa la diversificación de la oferta alimentaria y la revalorización de la quinua como cultivo nacional estratégico en el Perú, cuyo amplio potencial puede aportar de manera relevante al fortalecimiento de la seguridad alimentaria. Además, el enfoque del presente estudio, orientado a evaluar propiedades específicas como el porcentaje de humedad y el valor biológico proteico, que permitirá generar evidencia científica que respalde su uso en repostería, fortaleciendo su incorporación en procesos industriales y artesanales.

Finalmente, esta investigación se justificará por su aporte al desarrollo de alternativas de repostería más nutritivas, que respondan a las demandas actuales de consumidores que buscan alimentos saludables. Al mismo tiempo, abre la posibilidad de impulsar a pequeñas y medianas iniciativas empresariales que aprovechen insumos locales, generando valor agregado a la producción agrícola peruana y contribuyendo al desarrollo económico y social del país.

1.5. Limitaciones de la investigación

Este estudio presenta limitaciones inherentes a su diseño experimental, ya que los porcentajes de sustitución de harina de quinua analizados corresponden a niveles específicos, lo cual limita la extrapolación de los resultados a otras proporciones de reemplazo. Las mediciones del contenido proteico se basaron en métodos indirectos que no determinan la biodisponibilidad real de los aminoácidos esenciales. Asimismo, la elaboración de los pasteles se realizó a escala de laboratorio, por lo que el comportamiento tecnológico puede diferir en procesos industriales. El panel sensorial utilizado fue limitado, lo que restringe la representatividad de la aceptación del producto. Finalmente, el estudio

se centró en el producto fresco y no consideró aspectos relacionados con vida útil ni estabilidad durante el almacenamiento para su conservación.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. Marco Teórico

2.1. Harina de Quinua

2.1.1. Origen de la Quinua

Según lo reportado por Bazile et al. (2014), la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*.) desempeñó un papel fundamental en la alimentación de las civilizaciones andinas precolombinas, cuya presencia se extendió a lo largo de la región andina, desde el actual territorio colombiano hasta el norte de Chile y Argentina. Además, señalan su uso común en regiones andinas hasta el inicio de importación masiva de trigo. Como indica Núñez (1970, citado en Bazile *et al.,* 2014), no se conoce bien el proceso de domesticación de la quinua; sin embargo, según hallazgos al norte en Chile, señalan que la quinua se empleó antes del año 3000 A. C. Del mismo modo, Uhle (1919, citado en Bazile *et al.,* 2014) menciona que, en Ayacucho, Perú, la domesticación habría empezado hace unos 5000 años A. C.

A continuación, en la *figura 1*, se puede observar los distintos restos arqueológicos en comparación con cultivos actuales.

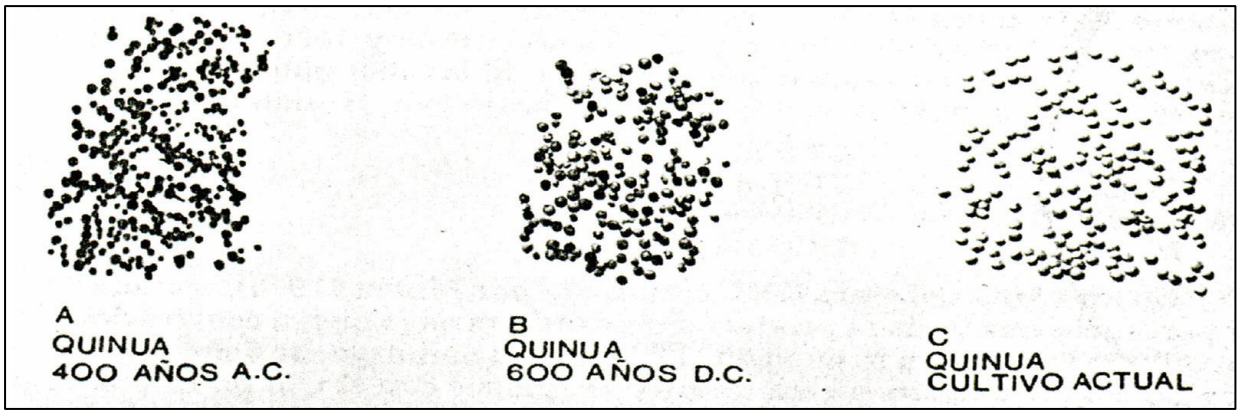


Figura 1.- *Evidencias arqueológicas de quinua y su contraste con la variedad actual cultivada.* Bazile *et al.* (2014).

2.1.1.1. Definición de Quinua y su manejo

La quinua procesada son los granos de quinua que han pasado por diversas etapas de acondicionamiento, tales como limpieza, selección, clasificación, escarificación, lavado, secado y despedrado, con el fin de obtener un producto apto para el consumo (INACAL, 2019).

Para su consumo, la quinua requiere un procesamiento adecuado orientado a remover las saponinas presentes en la cubierta externa del grano, responsables de su sabor amargo. Una vez tratada, adquiere un sabor suave y puede incorporarse en preparaciones similares a las elaboradas con cereales tradicionales, razón por la cual se le denomina *"pseudocereal"*. En términos nutricionales, su contenido proteico es semejante al de distintas variedades de trigo y presenta un perfil de aminoácidos más equilibrado; no obstante, carece de las fracciones proteicas formadoras de gluten que sí están presentes en el trigo (Bazile et al., 2014).

2.1.1.2.Definición de Harina de Quinua

Se denomina harina de quinua al producto resultante de la reducción mecánica del grano de quinua (*Chenopodium quinoa Willd)*, a partículas finas a través de operaciones de trituración y molienda. hasta alcanzar un tamaño de partícula determinado de acuerdo con la granulometría requerida. (INACAL, 2019).

2.1.1.3. Obtención de la Harina de Quinua

Existen distintas configuraciones tecnológicas para la producción de harina de quinua. De acuerdo con Bazile et al. (2014), el proceso se inicia con la recepción y acondicionamiento de la materia prima en planta, seguida de una etapa de clasificación del grano. Durante esta operación se generan varias corrientes diferenciadas:

1. Fracción particulada fina (principalmente polvo y residuos de saponinas): se elimina del sistema.
2. Material vegetal liviano de mayor tamaño (como hojas y fragmentos de tallo): se descarta.
3. Granos con diámetro superior a 2,2 mm: constituyen la fracción destinada prioritariamente a la elaboración de harina.

4. Granos con diámetro inferior a 2,2 mm: se comercializan a un valor distinto respecto a los de mayor calibre.
5. Impurezas de alta densidad (por ejemplo, piedras): se separan antes de continuar con las etapas posteriores del procesamiento.

Será de gran relevancia para este proceso, el separar los granos de la quinua para la producción de harina de quinua. En la *figura 2*, se muestra una clasificadora de granos, que podría emplearse para clasificar los granos de quinua.



Figura 2.- *Equipo clasificador de granos equipado con un motor a gasolina de 5 HP, con un rendimiento operativo aproximado de 7 a 10 quintales por hora. El sistema incorpora zarandas de 60 × 100 cm con aberturas de malla de 2 mm y 1 mm. Fuente: CIFEMA (2013), citado en Bazile et al. (2014).*

La etapa posterior en la línea de procesamiento es la eliminación de saponinas, proceso conocido como desaponificado. De acuerdo con Bazile et al. (2024), en plantas de procesamiento a escala industrial se utiliza predominantemente un procedimiento combinado para retirar estos compuestos. Este esquema integra operaciones sucesivas de abrasión mecánica del grano, lavado con agua y secado final.

Los parámetros destacados incluyen un rendimiento de eliminación mediante escarificado del orden del 65 %, niveles de humedad del grano que oscilan entre 17–30 %, y una concentración disminuida de saponinas en las corrientes residuales líquidas (Derpic, 1988, citado por Bazile et al., 2014).

Finalmente, para poder obtener la harina de quinua, una vez obtenidos los granos previamente desaponificados, se procederá a triturarlos por acción combinada de presión y fricción (Bazile *et al.*, 2014). En síntesis, este proceso corresponde a la molienda de los granos desaponificados de la quinua. Posteriormente, ello deberá pasar por un tamizado, lo que permitirá obtener un polvo más fino y homogéneo. A continuación, en la *figura 3*, se resume el proceso general de obtención de harina de quinua.



Figura 3.- *Proceso de obtención de harina de Quinua.* Bazile *et al*., (2014)

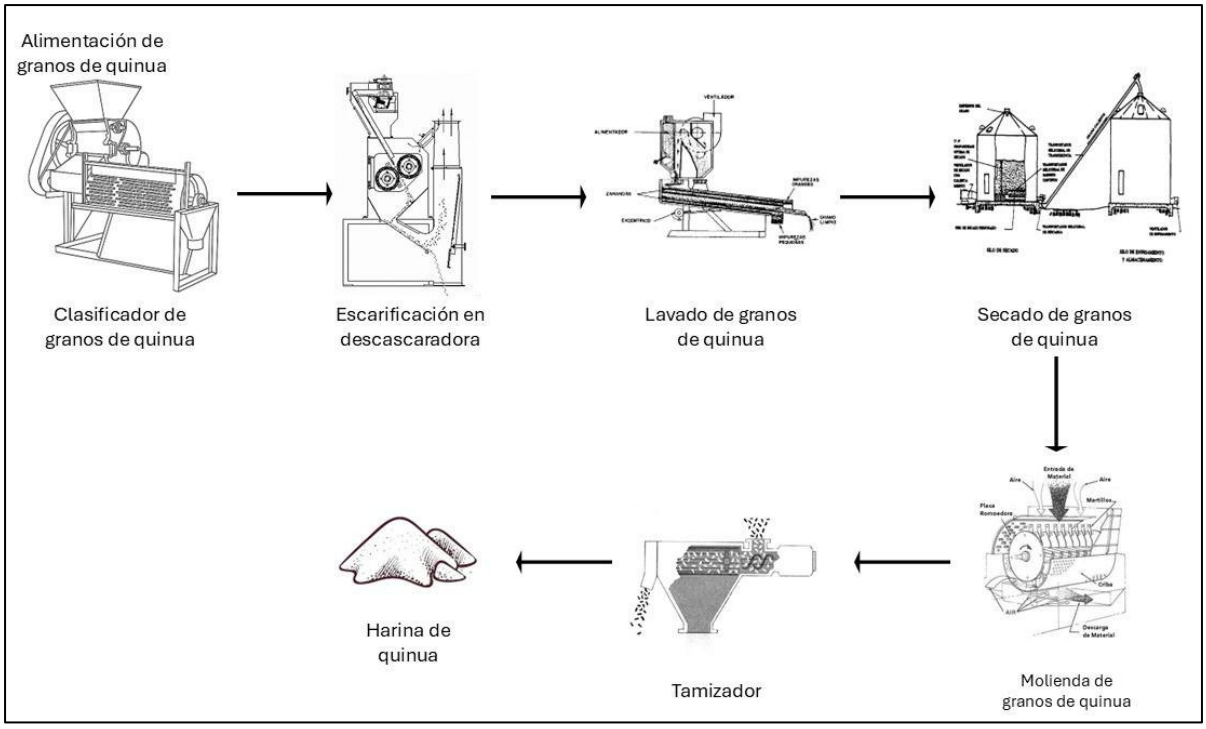


Figura 4.- *Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de quinua.*

Nota. Elaboración propia a partir de Estrada et al., FAO, FII, EMJUVI, MachineryShops y PNGEgg.

2.1.1.4. Requisitos que deben cumplir la harina de quinua que se comercializa según NTP 011.451:2018/MT1:2025.- GRANOS ANDINOS. Harina de quinua.

Conforme a lo establecido por INACAL (2019), la harina de quinua debe ajustarse a especificaciones sensoriales relacionadas con su inocuidad y aceptabilidad:

- Presentar un aspecto limpio, sin contaminantes físicos.
- Exhibir una coloración típica acorde con la variedad del grano procesado.
- Mantener propiedades organolépticas propias del producto, libres de defectos sensoriales.
- Poseer una estructura pulverulenta homogénea, sin aglomeraciones atribuibles a humedad o manejo posprocesamiento.

Asimismo, los siguientes requisitos según la Norma Técnica Peruana, se deberán cumplir.

Tabla 1

Requisitos fisicoquímicos de la harina de quinua según la Norma Técnica Peruana.

Requisitos	Unidades	Valores		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Humedad	%	-	13,50	ISO 712 AOAC 925.10
Proteína	%	10,00	-	ISO 1871 AOAC 992.23
Fibra cruda	%	1,70	-	AOAC 945.38
Cenizas totales	%	-	3,00	ISO 2171 AOC 923.03
Grasa	%	4,00	-	AOC 945.38
Acidez (expresada como ácido oleico)	%	-	1,00	ISO 7305
Saponina	%	-	<0,12	NTP 0.11.460

Nota 1: Los valores referidos están expresados en base seca para acidez
Nota 2: Se debe incluir la cuantificación de carbohidratos y el valor energético total en el rotulado nutricional del alimento
Nota 3: Se pueden utilizar otros métodos normalizados o validados

Nota. NTP 011.451:2018/MT1:2025. Granos andinos. Harina de quinua. Requisitos. Modificación técnica 1 (INACAL, 2025).

Tabla 2.

Requisitos microbiológicos para la harina de quinua

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g		Método de ensayo
					m	M	
Mohos	2	3	5	2	104	105	AOAC 997.02 ISO 21527-2
Escherichia coli	5	3	5	2	10	102	AOAC 996.09
Salmonella sp.	10	2	5	0	Ausencia/25g	----	AOAC 967.25

n: cantidad total de unidades tomadas aleatoriamente de un lote para su evaluación conforme a un plan de muestreo establecido.
c: número máximo admisible de unidades no conformes en un plan de muestreo de dos categorías; en esquemas de tres categorías, corresponde al máximo de unidades cuyos recuentos microbiológicos se sitúan entre los límites “m” y “M”. Si el número de unidades fuera superior a “c”, el lote se considera no conforme.
m: criterio microbiológico que delimita el umbral de aceptación. Valores iguales o inferiores a “m” indican conformidad, mientras que valores superiores requieren evaluación según el plan aplicado.
M: límite microbiológico máximo tolerable; recuentos que exceden este valor determinan la no aceptación del lote por representar un riesgo sanitario.

Nota. - NTP 011.451:2018. Granos andinos. Harina de quinua. Requisitos (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], (2019).

Además, la harina de quinua debe ajustarse a los límites permitidos de contaminantes establecidos por la normativa nacional vigente o por el *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 193-1995), garantizando que las concentraciones de metales pesados y residuos de plaguicidas no representen riesgo alguno para la salud del consumidor (INACAL, 2019).

A nivel país, la División de Registro Sanitario y Certificación Sanitaria tiene la función de evaluar la conformidad de alimentos y bebidas industrializados con los requisitos técnico-regulatorios establecidos, condición necesaria para la obtención del Certificado de Registro Sanitario. Esta competencia abarca productos nacionales e importados, además de la implementación de un sistema único de identificación y su respectivo seguimiento bajo control sanitario (DIGESA, s.f.).

2.1.2. Harina de trigo

2.1.2.1. Definición

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana 205.064, la harina de trigo es el producto obtenido para alimentación humana mediante la molienda controlada de granos de trigo previamente limpiados, correspondientes a las especies *Triticum aestivum* o *Triticum durum*. Durante el proceso se separan las fracciones de salvado y germen, conservándose esencialmente el endospermo, con distintos niveles de extracción según el tipo de harina. Asimismo, este producto debe ser enriquecido con micronutrientes conforme a la legislación vigente y puede incorporar mejoradores de harina u otros compuestos autorizados.

La harina puede comercializarse como enriquecida o fortificada, denominación que corresponde a aquella a la que se le incorporan micronutrientes en las cantidades fijadas por la autoridad sanitaria competente. Por otro lado, existe la harina preparada, que incluye agentes leudantes, es decir, compuestos químicos o microorganismos capaces de generar dióxido de carbono en presencia de agua y, en algunos casos, bajo acción térmica. Además, según su contenido de cenizas, puede clasificarse en categorías como especial, extra o morena.

2.1.2.2. Requisitos que debe cumplir la harina de trigo según la NTP

Los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos según la NTP se muestran en la *tabla 3* y *tabla 4*.

Tabla 3.

Requisitos fisicoquímicos de harina de trigo.

Requisitos	Especial		Extra		Morena	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Humedad, %	-	15.00	-	15.00	-	15.00
Cenizas, % (±5%) en base seca	-	0.75	0.76	1.17	1.18	1.4
Acidez, % (±10%)	-	0.10	-	0.15	-	0.18

Nota. Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2020), la harina destinada al consumo humano debe cumplir con parámetros de pureza y contenido proteico definidos en la norma NTP 205.064:2015 (revisada en 2020).

Tabla 4

Requisitos microbiológicos

Agente microbiano	n	c	Límite por g		Método de ensayo
			m	M	
Mohos (ufc/g)	5	2	10^4	10^5	ISO 21527- FDA/CFSAN Cap. 18 AOAC 997.02
Escherichia coli (ufc/g)	5	2	10	10^2	ISO 7251 FDA/CFSAN Cap.04 AOAC 991.14
Salmonella sp.	5	0	Ausencia / 25g	--	ISO 6579 FDA/CFSAN Cap. 05 AOAC 978.24

Nota. Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2020), la harina destinada al consumo humano debe cumplir con parámetros de pureza y contenido proteico definidos en la norma NTP 205.064:2015 (revisada en 2020).

2.1.3. Pastel

2.1.3.1. Generalidades

De acuerdo con la Real Academia Española, el término *pastel* hace referencia a una preparación elaborada a partir de una masa compuesta principalmente por harina y grasa, sometida a cocción en horno, que puede incorporar rellenos dulces o salados como crema,

frutas, carne o pescado. Dentro de sus acepciones relacionadas se encuentran denominaciones como *bizcocho* y *queque*.

El vocablo *bizcocho* posee un uso extendido en diversos países, incluido el Perú, donde la designación del producto suele complementarse según el ingrediente predominante o el sabor característico, por ejemplo, vainilla o chocolate. En el contexto peruano, también es común la denominación *queque* (López, 2017, citado en Crispín, 2023).

Por su parte, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2019) describe el bizcocho como un alimento de textura suave y sabor dulce, obtenido mediante el mezclado y horneado de masas fermentadas formuladas con harina, pudiendo incluir uno o varios ingredientes tales como levadura o agentes leudantes, leche, féculas, huevos, azúcar, agua potable, mantequilla, grasas comestibles y aditivos autorizados.

2.1.3.2. Composición en la preparación del bizcocho

La preparación de bizcochos para la presente investigación nace a base de harina, azúcar, huevos, grasa, leche y agentes leudantes.

2.1.3.3. Harinas pasteleras

Según Huayna, C. (2016) las harinas destinadas a la preparación de pasteles se elaboran mediante un proceso de molienda distinto al utilizado para harinas de panificación, ya que requieren una granulometría considerablemente más fina. Esta reducción en el tamaño de partícula aumenta la superficie de la harina, favoreciendo que absorba mayores cantidades de líquidos (como agua, leche o huevo) y generando masas más suaves y fluidas. Además, estas harinas suelen presentar una tonalidad muy blanca debido a tratamientos de blanqueo intensivos y poseen un contenido proteico reducido, cercano al 6 %. según Scade (1981, citado en Huayna, C., 2016).

2.1.3.4. Huevo

El huevo constituye una fuente de proteínas de elevada calidad biológica y aporta micronutrientes esenciales como calcio, hierro, vitaminas A y D, así como vitaminas del complejo B, entre ellas tiamina y riboflavina. No obstante, la yema presenta un contenido significativo de colesterol (Crispín, 2023).

Desde el punto de vista tecnológico, la yema incorpora fosfolípidos y otros compuestos con capacidad emulsificante natural, los cuales favorecen la formación de mezclas homogéneas y contribuyen al desarrollo de volumen y textura en productos como los bizcochos. En términos de composición, la yema representa aproximadamente el 33 % del peso del huevo y contiene alrededor de 7,5 g de lípidos totales, distribuidos en cerca de 2 g de ácidos grasos saturados (AGS), 1,1 g de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) y 3 g de ácidos grasos monoinsaturados (Crispín, 2023).

2.1.3.5. Azúcar

De acuerdo con Bennion y Bamford, citados por Crispín (2023), la sacarosa es un disacárido no reductor ampliamente empleado en la formulación de queques. Está constituida por una unidad de glucosa y otra de fructosa enlazadas mediante un vínculo glucosídico α-(1,2). Además de aportar dulzor, cumple funciones tecnológicas relevantes en sistemas de panificación y pastelería.

En productos horneados, el azúcar actúa como agente suavizante al interferir en la estructura del gluten y retrasar la gelatinización del almidón. Su naturaleza higroscópica favorece la retención de humedad, contribuyendo a prolongar la frescura del producto. Asimismo, participa en reacciones de pardeamiento, tanto por caramelización como por interacción entre azúcares reductores y grupos amino (reacción de Maillard), influyendo en la coloración de la corteza. En masas fermentadas, constituye además un sustrato para la actividad de las levaduras y afecta parámetros tecnológicos como la absorción de agua, el tiempo de desarrollo y las características sensoriales. Se ha señalado que incrementos en la proporción de azúcar pueden prolongar el tiempo de amasado (Quaglia, 1991, citado en Crispín, 2023).

Por otra parte, Beesley, citado por Crispín (2023), indica que mayores concentraciones de azúcar elevan la temperatura de gelatinización del almidón y modifican la viscosidad del sistema, además de influir en la desnaturalización proteica. También favorecen la cristalización de las grasas, lo que mejora la incorporación de aire durante el batido y contribuye a la estabilidad estructural del pastel durante la cocción. En conjunto, estos efectos repercuten positivamente en la microestructura, la porosidad y el volumen del producto final, así como en el desarrollo del color tanto en la corteza como en la miga.

2.1.3.6. Grasas

Según Crispín (2023), las grasas utilizadas en panadería y pastelería están compuestas fundamentalmente por triglicéridos formados por glicerina y diversos ácidos grasos, entre los cuales predominan los oleicos, palmíticos y esteáricos. Debido a su bajo punto de fusión, distintas fuentes de grasa (como mantequilla, manteca de cerdo, aceites vegetales y margarinas) presentan comportamientos funcionales distintos en las masas, siendo estas últimas las más empleadas en pastelería por sus adecuadas propiedades tecnológicas (Carrero & Armendariz, 2019, como se citó en Crispín, 2023). Asimismo, se destaca que, de acuerdo con Conforti (citado en Wilderjans *et al*., 2013, como se citó en Crispín, 2023), las margarinas se caracterizan por ser emulsiones que contienen alrededor del 80 % de triglicéridos y un porcentaje menor de agua, lo que favorece su plasticidad y desempeño en mezclas batidas.

Picas y Vigata (1997), citado en Crispín, (2023) describen a las grasas como componentes esenciales en la formulación de productos de pastelería, pues contribuyen a estratificar la masa, modificar la textura, facilitar la emulsificación y mejorar la integración de ingredientes. En el mercado se dispone de diversas grasas aptas para estos fines, tanto de origen vegetal como animal, como mantequilla, margarinas, grasas vegetales, aceites y grasa de cerdo.

En la elaboración de queques y masas batidas, la grasa cumple funciones clave vinculadas a la incorporación de aire, la estabilidad de la emulsión y el comportamiento térmico. El punto de fusión constituye un parámetro crítico, pues determina la funcionalidad de la grasa durante la mezcla y la cocción; valores entre 35°C y 40°C suelen ser adecuados para asegurar buena consistencia y desempeño. Además, la presencia de grasa ayuda a retardar la retrogradación del almidón, extender la vida útil del producto y mantener la frescura gracias a su capacidad emulsionante (Quaglia, 1991, citado en Crispín, 2023). Durante la mezcla del batido, la grasa encapsula aire en pequeñas celdas de gas que se estabilizan gracias a microcristales y a la acción de compuestos como las lipoproteínas de la yema de huevo, que reducen la tensión interfacial y facilitan la formación de una emulsión estable (Wilderjans *et al*., 2013, citado en Crispín, 2023). Una dispersión más fina conduce a migas más suaves.

En síntesis, el papel de las grasas en pastelería depende menos de su denominación comercial y más de sus propiedades fisicoquímicas, que determinan su comportamiento y

funcionalidad en cada tipo de formulación. Por ello, Crispín (2023) enfatiza la importancia de considerar parámetros como la relación sólida/líquido de las grasas, así como los métodos empleados para cuantificarla, al momento de seleccionar y caracterizar estos ingredientes.

2.1.3.7. Sal

La sal de cocina o cloruro de sodio es un componente fundamental. Su cantidad habitual depende del tipo de producto: en masas fermentadas con alto contenido de azúcar, como algunos bizcochos, la dosis suele situarse alrededor del 1,2 % del peso de la harina, como señala Quaglia (1991, citado en Crispín, 2023).

Asimismo, Crispín (2023) recoge lo expuesto por Calavera (2004), quien indica que el cloruro de sodio empleado en alimentos no solo aporta sabor, sino que también contribuye a reforzar la estructura del gluten, favoreciendo su contracción y estabilidad. Esta acción mejora la capacidad de la masa para retener humedad después del horneado, lo que influye de manera directa en la textura y conservación del producto final.

2.1.3.8. Polvo de hornear

Crispín (2023) explica que el polvo de hornear es un agente químico de expansión empleado para aportar volumen y textura ligera a las masas. Su funcionamiento se basa en la liberación de dióxido de carbono cuando entra en contacto con humedad y calor. Este producto está conformado por un ácido inocuo (como los derivados cítricos o tartáricos) junto con sales de bases débiles, usualmente bicarbonatos o carbonatos, los cuales reaccionan en la mezcla de harina y agua generando burbujas que aumentan el volumen de la preparación. De acuerdo con Gallegos (2002, citado en Crispín, 2023), este tipo de impulso químico es ampliamente utilizado en repostería y en ciertas culturas culinarias, como la irlandesa, donde son tradicionales los denominados “panes de soda”.

A diferencia de la levadura biológica, cuyo efecto requiere tiempo para que la masa fermente, el polvo de hornear actúa de manera prácticamente inmediata, lo que permite obtener productos aireados sin procesos prolongados de reposo.

Cabe destacar que el polvo de hornear se relaciona directamente con el agente leudante, ya que el agente químico leudante, es el nombre de los componentes que se agregan a pasteles con el propósito de que una vez que se hidraten liberen gas (Dióxido de

Carbono). Esta acción depende de la temperatura y pH. Asimismo, estos imparten textura. Se dividen en dos compuestos: los de acción lenta y los de acción rápida. Los de acción lenta liberan dióxido de Carbono a temperaturas altas o de horno, mientras que los de acción rápida liberan cantidades significativas de gas a temperatura ambiente, como lo citó Othon, (1996), Huayna, C. (2016).

2.1.3.9. Leche

La leche desempeña un papel determinante en la calidad de los pasteles, ya que su incorporación contribuye a intensificar la coloración de la corteza, mejorar la fineza del grano y aportar mayor elasticidad y resistencia a la estructura del producto. Cuando se utiliza leche descremada en polvo en las mezclas batidas, se han observado mayor estabilidad de la espuma y un comportamiento más eficiente del sistema emulsionado. Asimismo, su adición favorece una menor pérdida de humedad durante el horneado y proporciona un acabado superficial más dorado. Entre los componentes de la leche, la lactosa es identificada como uno de los elementos con mayor impacto, debido a su marcada influencia en las reacciones que afectan el color y la textura del pastel, tal como lo describe Matz (1997), citado en Huayna, C. (2016).

Según Huayna, C. (2016) señala que la leche cumple diversas funciones tecnológicas en productos de pastelería, ya que sus proteínas interactúan con las proteínas del gluten y refuerzan la red tridimensional de la masa, contribuyendo así a una estructura más firme. Además, la lactosa (Debido a que es un azúcar reductor) participa activamente en los procesos de dorado y caramelización, lo que favorece el desarrollo de una corteza más oscura y atractiva. La leche también aporta un perfil sensorial característico gracias a la combinación de grasa butírica, lactosa y caseína, elementos que enriquecen el sabor del producto. A esto se suma su capacidad para retener humedad: tanto la lactosa como las proteínas poseen propiedades higroscópicas que permiten conservar el agua durante y después del horneado, ya sea que se utilice leche en polvo o líquida. Finalmente, desde el punto de vista nutricional, la leche contribuye minerales esenciales (en especial calcio) y suministra proteínas con aminoácidos indispensables para la dieta (Pyler, 1988, citado en Huayna, 2016).

2.1.3.10. Procedimiento de preparación de pasteles

De acuerdo con Crispín (2023), la preparación inicia con la etapa de cremado, en la que la margarina se bate junto con el azúcar hasta lograr una mezcla aireada, permitiendo la formación de pequeñas celdas de aire dentro de la fase grasa. Posteriormente, se adicionan los huevos, cuya incorporación contribuye a estabilizar y retener el aire previamente incorporado en la matriz de la masa.

En la fase siguiente, se integran los componentes secos —harina de quinua, harina de trigo y agente leudante— alternándolos con los ingredientes líquidos, como leche, agua y esencia de vainilla, hasta obtener una mezcla homogénea y con la consistencia adecuada para el horneado.

El azúcar y las proteínas provenientes del huevo se disuelven en la fracción acuosa del sistema, mientras que los componentes sólidos de la harina permanecen dispersos dentro de dicha matriz líquida. Finalmente, al iniciar el calentamiento de la masa, la margarina se derretirá, las burbujas de aire se expanden y son estabilizadas en cierta parte gracias a las proteínas del huevo (Crispín, D., 2023)

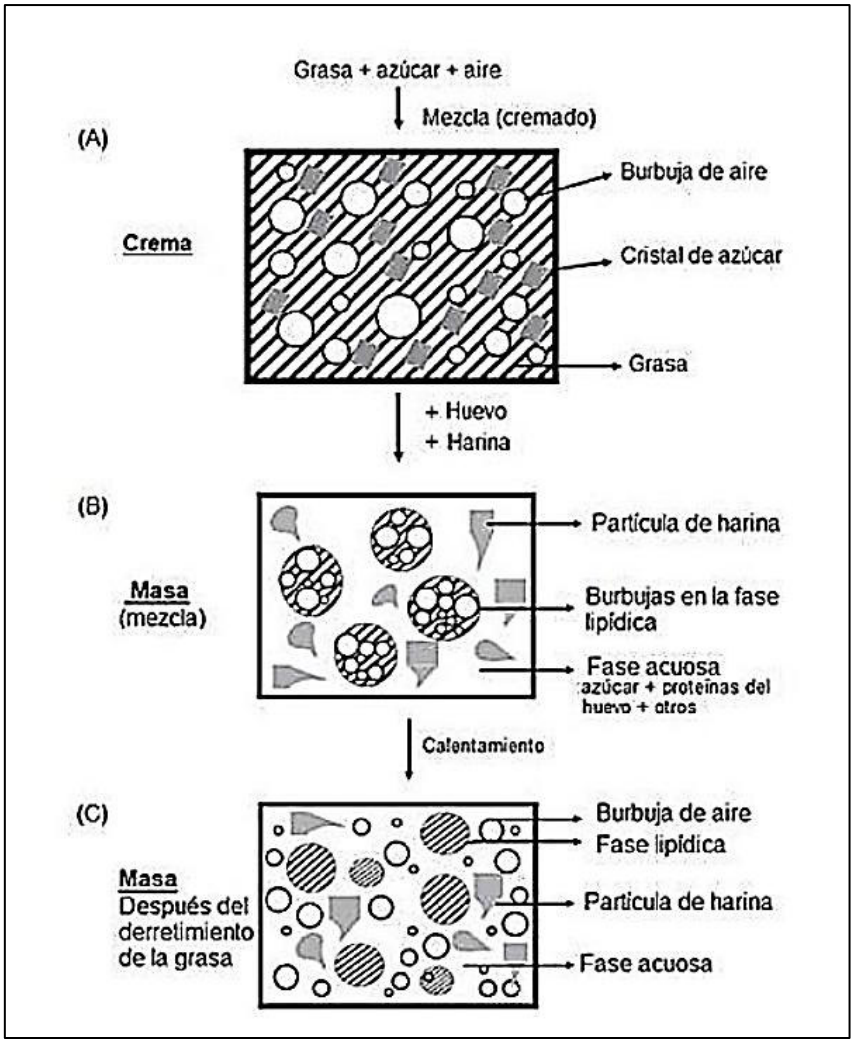


Figura 5.- *Etapas de la elaboración de queques.* Crispín, D. (2023)

2.1.3.11. La digestibilidad in vitro proteica

De acuerdo con Osorio et al. (2012), citados por Jáuregui (2025), la digestibilidad se define como la proporción del alimento ingerido que es hidrolizado y absorbido a lo largo del tracto gastrointestinal, excluyendo la fracción que es excretada en las heces.

La valoración nutricional de un alimento no puede limitarse a analizar su digestión completa dentro del sistema gastrointestinal, ya que es necesario identificar tanto el lugar donde ocurre la degradación de cada componente como los productos específicos generados durante el proceso. Debido a ello, durante mucho tiempo se han empleado métodos in vitro, especialmente aquellos que utilizan animales intervenidos quirúrgicamente, los cuales requieren instalaciones especializadas. No obstante, estos

procedimientos son costosos, demandan mucho tiempo y generan preocupaciones éticas relacionadas con el uso de animales en investigación. Por estas razones ha aumentado el interés en desarrollar técnicas *in vitro* que permitan evaluar la digestibilidad de materias primas de manera más rápida, económica y replicable en un entorno de laboratorio (Fuller, 1991, como citó Jáuregui, A. 2025).

2.1.3.12. La humedad del pastel relacionada con su aceptabilidad sensorial

La humedad es aquel ensayo fisicoquímico que se relaciona con la calidad sensorial del producto terminado. Este se relaciona con su calidad tecnológica, relacionado con su aceptabilidad sensorial. Para la presente investigación, el ensayo de humedad se realizó mediante el método de gravimetría del producto terminado en la Facultad de Química e Ingeniería Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



Figura 6.- *El horno para determinar la humedad de los pasteles hechos a base de harina de quinua.*

2.1.4. Hornos

2.1.4.1. Definición

El horno constituye un sistema de generación y confinamiento de energía térmica en un recinto aislado, destinado a procesos que requieren aplicación controlada de calor, ya sea en la industria alimentaria u otros sectores productivos. Su operación puede basarse en fuentes térmicas directas, asociadas a la combustión, o en resistencias eléctricas como mecanismo de calentamiento (Robalino, L., y Sánchez, A., 2016).

2.1.4.2. Clasificación de hornos

Según Robalino, L., y Sánchez, A., (2016) los hornos industriales se clasifican como sistemas térmicos empleados para el procesamiento de materiales a temperaturas superiores a la ambiental, orientados a operaciones tales como fusión, acondicionamiento térmico y eliminación de humedad. Por su parte, el horno doméstico se define como un equipo de cocción que opera en un recinto confinado, utilizado para aplicar calor controlado a alimentos con fines culinarios.

Según el modo de calentamiento, los hornos pueden clasificarse como equipos de llama directa, caracterizados por emplear fuentes energéticas basadas en la combustión. En este tipo de dispositivos, la energía térmica se transmite a la carga mediante mecanismos predominantes de conducción y convección. Otra categoría corresponde a los hornos eléctricos, cuyo funcionamiento se basa en el suministro de energía eléctrica como fuente de calentamiento. Estos equipos destacan por su operación sencilla y mayor facilidad de control, lo que favorece su amplia utilización tanto en aplicaciones industriales como en entornos domésticos. En esta clasificación se encuentra hornos de arco, inducción, resistencias, plasma, haz de electrones y láser (Robalino, L., y Sánchez, A., 2016). En la presente investigación para hornear pasteles, se empleó el horno doméstico, ya que es el de uso convencional.

2.2.Antecedentes del estudio

2.2.1. Antecedentes Internacionales

Según Mu, J., *et al.* (2023) analizaron la harina de quinua como sustituto en las características de calidad en la harina de trigo (WF). La investigación resalta a la quinua (*Chenopodium quinoa Willd)* como un pseudocereal de alto valor nutricional que tiene la posibilidad de emplearse en el sector de panadería. Se emplearon harinas de trigo multiuso

de Jinmailang Food Co., LTD in Baoding, China. Mientras que las semillas de quinua fueron obtenidas de la plantación en Zhangjiakou, China. El molino 3100 junto al molino harinero GLU-202, fueron adquiridos de Pente Co., LTD (ubicado en Alemania) y Buller Machinery Manufacturing Co., LTD (ubicado en Wuxi, China). Respecto a su metodología, resaltan el proceso como se observa en la *figura 7,* las cuales fueron almacenados en un refrigerador a 4°C. El nivel de proteína evaluado fue determinado aplicando el método AACC (*Method AOC, 2017)* factor de 6.25. Asimismo, se determinó la composición de proteica, en este caso la albúmina.

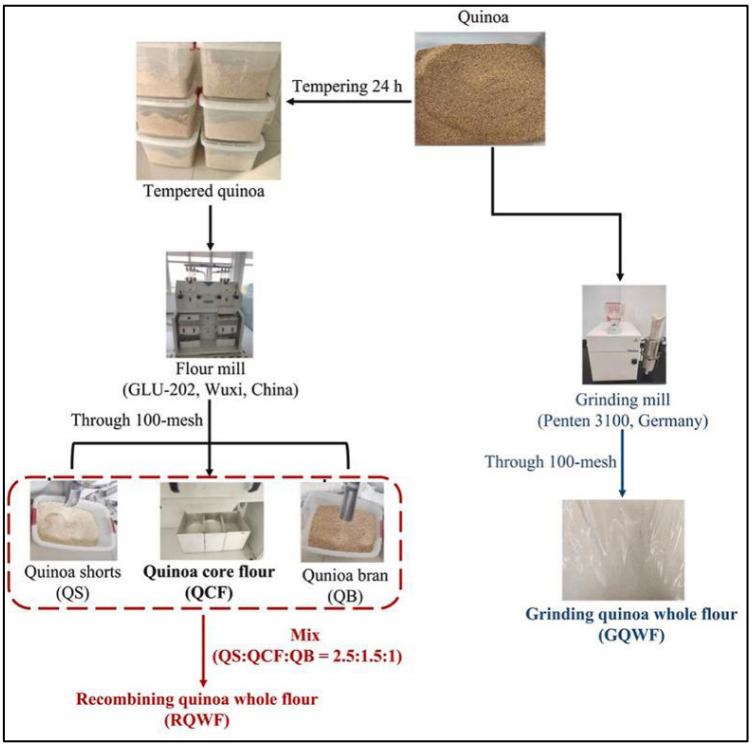


Figura 7.- *Diagrama de flujo de la preparación de harinas, donde Quinoa shorts (QS) representan los trozos de la quinua, Quinoa core flour (QCF) indica el núcleo de la quinua, Quinoa bran (QB) es el salvado de quinua, Recombining quinoa whole flour (ROWF) es la mezcla de harina de quinua con el núcleo y trozos de la quinua, y Grinding quinoa whole flour (GQWF) representa la harina intregral de quinua, la cual pasó el proceso de molienda del grano entero de la quinua. Mu, J., et al. (2023)*

Tabla 13.

Composición porcentual de albúmina, Los valores se expresan como media ± desviación estándar. Los valores con letras diferentes en la misma columna representan diferencias estadísticas entre sí ($p < 0,05$)

Muestras	Albúmina (%)
Harina de Trigo (WF)	3.35 ± 0.29^{c}
Núcleo de la quinua (QCF)	1.77 ± 0.22^{d}
Harina integral de la quinua (GQWF)	5.81 ± 0.55^{b}
Mezcla de harina de quinua con el núcleo y trozos de la quinua (RQWF)	6.84 ± 0.23^{a}

Nota Mu, J., *et al.* (2023).

Se observó que, a medida que aumentaba el nivel de sustitución, disminuye el índice de hinchamiento de la masa. Asimismo, la incorporación de harina de quinua redujo las interacciones químicas del gluten, modificando su estructura secundaria. Se confirmó que la harina de quinua afecta de manera directa la estructura proteica de la masa. Aun con estas modificaciones, el estudio resaltó que la quinua constituye un ingrediente prometedor para el desarrollo de nuevos alimentos, gracias a sus cualidades nutricionales y funcionales.

Yang et al. (2022) analizaron la influencia del tratamiento térmico sobre la albúmina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*.), evaluando los efectos de diferentes temperaturas en su estructura molecular, propiedades funcionales y digestibilidad in vitro. Los autores reportaron que la quinua contiene alto niveles de lípidos, fibra, vitaminas B y minerales, que tienen funciones de mejora de la inmunidad, efectos hipolipidémicos, hipoglucémicos, antioxidantes y antiinflamatorios; donde su contenido proteico promedio de la quinua varía del 12% al 23%, más alto que el del arroz (8,8%), maíz (10,5%), cebada (11,0%), centeno (11,6%), sorgo (12,4%) y trigo (14,8%), y cercano al de la carne de res (20%). Además, la fracción proteica está conformada por subunidades polipeptídicas con pesos moleculares comprendidos entre 10 y 40 kDa, además de presentar un perfil de aminoácidos con una elevada proporción de aminoácidos esenciales, superando los valores de referencia nutricional establecidos por la FAO/OMS. Los resultados evidenciaron que la aplicación de calor induce modificaciones significativas en la conformación estructural de la albúmina, incluyendo la reorganización de los enlaces sulfhidrilo y disulfuro, así como una mayor exposición de regiones hidrofóbicas, fenómenos asociados a procesos de desnaturalización parcial y agregación proteica. Estas transformaciones estructurales tuvieron un impacto directo sobre las propiedades tecnofuncionales del biopolímero. En particular, los tratamientos térmicos moderados, en un rango aproximado de 60 a 80 °C, favorecieron un aumento de la solubilidad, la capacidad de conservación de agua y aceite, y mejoraron su comportamiento como agente emulsionante y espumante. Sin embargo,

cuando se aplicaron temperaturas más elevadas, se observó una disminución progresiva de la digestibilidad in vitro de la albúmina de quinua, el cual fue atribuido a una compactación estructural más pronunciada que limita la accesibilidad de las enzimas digestivas. En este contexto, los autores concluyeron que el tratamiento térmico, cuando es adecuadamente controlado, constituye una estrategia eficaz para optimizar las propiedades estructurales, funcionales y nutricionales de la albúmina de quinua, posicionándola como una proteína vegetal con alto potencial para su uso en el desarrollo de alimentos funcionales, productos de nutrición especializada y aplicaciones tecnológicas de valor agregado (Yang et al., 2022).

Tabla 14.-

Composición de aminoácidos de la albúmina de quinua en comparación con el estándar.

Items (g/100 g protein)	Quinoa albumin	FAO/WHO pattern
Essential amino acids		
His	1.50 ± 0.07	1.60
Leu	4.67 ± 0.21	1.90
Ile	2.66 ± 0.12	1.30
Lys	3.72 ± 0.17	1.60
Met	0.69 ± 0.02	1.70
Cys	0.28 ± 0.01	
Phe	3.01 ± 0.14	1.90
Tyr	1.99 ± 0.09	
Thr	2.29 ± 0.11	0.90
Val	2.71 ± 0.11	1.80
Try	0.68 ± 0.04	0.50
Non-essential amino acids		
Ala	2.71 ± 0.13	0.26
Gly	2.62 ± 0.12	0.20
Pro	2.85 ± 0.02	0.61
Ser	3.09 ± 0.16	0.53
Glu	13.13 ± 0.58	1.75
Asp	7.27 ± 0.33	0.88
Arg	4.74 ± 0.23	0.46
Total essential amino acids	24.21 ± 1.09	13.20
Total non-essential amino acids	36.41 ± 1.57	17.89
Total amino acids	60.62 ± 2.66	4.69
Aromatic amino acids	5.69 ± 0.27	2.40
Branched-chain amino acids	10.04 ± 0.44	5.00
Negatively charged amino acid residues	5.22 ± 0.24	3.20
Positively charged amino acids	9.96 ± 0.47	3.66
Arg/Lys	1.27 ± 0.00	0.29

Nota. OMS/FAO

Gostin (2019) realizó una investigación enfocada en la formulación de panes con contenido reducido de sodio mediante la sustitución parcial de harina de trigo refinada por harina de quinua y harina integral. Para ello, se desarrollaron seis formulaciones experimentales, las cuales fueron evaluadas a partir de sus propiedades tecnológicas y su aceptación sensorial. Los resultados evidenciaron que la incorporación de harina de quinua influyó en la matriz estructural del pan, generando una miga de mayor densidad y un menor volumen específico, además de introducir una nota sensorial levemente amarga. Sin embargo, cuando el nivel de reemplazo de la harina de trigo por harina de quinua se mantuvo en un 10%, los panes obtenidos presentaron características comparables a las del pan elaborado exclusivamente con trigo. Este comportamiento indicó que la inclusión de quinua en procesos de panificación permite conservar la calidad del producto final y compensar la reducción del contenido de sodio, dado que se registró un aumento en la percepción de salinidad. En conjunto, el estudio concluyó que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua compone una alternativa técnicamente factible para la industria panadera, ya que contribuye a mejorar el perfil nutricional y sensorial del pan sin afectar negativamente su aceptabilidad (Gostin, 2019).

Miranda-Ramos y Haros (2020) llevaron a cabo una investigación orientada al desarrollo de panes enriquecidos mediante la incorporación de harinas integrales de quinua, amaranto y chía, utilizando un diseño experimental factorial combinado con la metodología de superficie de respuesta para la optimización de la formulación. En el estudio se analizaron de manera integral las características nutricionales, tecnológicas y sensoriales de los productos obtenidos. Los resultados indicaron que la formulación óptima correspondió a una mezcla compuesta por 10% de chía, 4% de quinua y 20% de amaranto, lo que permitió obtener un pan con un contenido superior de proteínas, minerales, lípidos y fibra dietaria en comparación con el pan elaborado únicamente con harina de trigo. Si bien se registró una reducción moderada del volumen del pan y un incremento en la firmeza de la miga, estos cambios no afectaron de forma significativa la aceptabilidad sensorial, la cual se mantuvo comparable a la del producto control. En conjunto, los autores concluyeron que la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de pseudocereales, particularmente quinua, constituye una estrategia viable para mejorar el perfil nutricional y funcional del pan, sin comprometer la aceptación por parte del consumidor (Miranda-Ramos & Haros, 2020).

Rodríguez-González et al. (2023) analizaron el efecto de la incorporación de harina de quinua (HQ) en la formulación de galletas elaboradas con mezclas de harina de trigo y avena, evaluando su influencia sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales del producto final. Para ello, se desarrollaron tres tratamientos experimentales: T0, formulado con 15% de avena y sin adición de HQ; T1, con 10% de avena y 5% de HQ; y T2, con 5% de avena y 10% de HQ. Los resultados evidenciaron que la adición combinada de harina de quinua y avena provocó una disminución en la capacidad de absorción de agua, mientras que la capacidad de absorción de aceite se incrementó, alcanzando su valor máximo en el tratamiento con mayor proporción de quinua (T2). Asimismo, se identificaron diferencias significativas en el contenido de humedad y en los parámetros cromáticos de las galletas, además de un aumento en la dureza del producto asociado al incremento del nivel de HQ. En cuanto a la evaluación sensorial, realizada con la participación de 56 jueces, el tratamiento que contenía 5% de harina de quinua (T1) presentó el mayor grado de aceptación, con un 73% de preferencia. Adicionalmente, el análisis de la composición nutricional indicó un contenido proteico superior al de galletas tradicionales, lo que pone de manifiesto el potencial de la quinua como ingrediente funcional para el desarrollo de productos horneados con mayor valor nutricional (Rodríguez-González et al., 2023).

2.2.2. Antecedentes Nacionales

Chicata y Pérez (2017) desarrollaron un estudio orientado a la formulación de un queque enriquecido mediante la incorporación de harina de quinua (Chenopodium quinoa) y harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule), con el propósito de establecer los parámetros tecnológicos necesarios para la obtención de un producto de panificación fortificado con cereales andinos. La investigación consideró diversas formulaciones en las que la harina de trigo fue reemplazada de manera parcial por harinas de quinua y cañihua, evaluándose aspectos fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y de vida útil del producto final. Se desarrollaron tres tratamientos con diferentes niveles de sustitución de harinas, determinándose que la formulación óptima fue aquella compuesta por 50% de harina de trigo, 25% de harina de quinua y 25% de harina de cañihua, debido a que presentó la mayor aceptación sensorial, una adecuada estabilidad durante el almacenamiento y un balance nutricional favorable. Los resultados indicaron que, si bien el queque enriquecido mostró un contenido proteico ligeramente inferior al del producto elaborado exclusivamente con harina de trigo, su perfil de aminoácidos resultó significativamente más

completo, destacándose el aporte de lisina y otros aminoácidos esenciales generalmente limitantes en cereales tradicionales. Adicionalmente, los análisis microbiológicos confirmaron que el producto cumplía con los criterios de inocuidad establecidos por la normativa nacional vigente. En relación con la vida útil, se evidenció que el queque enriquecido podía conservarse bajo condiciones de refrigeración por un periodo de hasta tres meses sin presentar alteraciones significativas en sus características sensoriales. En conjunto, los hallazgos demostraron la viabilidad de elaborar un queque a base de cereales andinos que conserva la calidad tecnológica del producto, al tiempo que mejora su valor nutricional y sensorial, constituyéndose como una alternativa funcional y saludable frente a los queques convencionales (Chicata & Pérez, 2017).

Pineda Rodríguez y Pineda Rodríguez (2018) desarrollaron un estudio orientado a la elaboración de un queque con un perfil nutricional mejorado, mediante la sustitución parcial de harina de trigo por una mezcla compuesta por 60% de harina de quinua y 40% de harina de trigo. Adicionalmente, la formulación incluyó el reemplazo de la margarina por mucílago de linaza y maltodextrina, así como la sustitución del azúcar por sucralosa, con el fin de reducir el contenido de grasas y azúcares del producto. La evaluación del queque se realizó a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, determinándose que la formulación propuesta alcanzó los mayores niveles de aceptación en términos de textura, sabor y color. Asimismo, se llevó a cabo un estudio de vida útil, en el cual se estableció que el almacenamiento bajo refrigeración a 7 °C permitió prolongar de manera significativa la conservación del producto en comparación con condiciones de almacenamiento a temperaturas superiores. En conjunto, los resultados demostraron que es viable el desarrollo de un queque funcional con características saludables, logrando una reducción de grasas y azúcares sin comprometer la calidad organoléptica, al mismo tiempo que se incrementa el aporte de proteínas con mayor valor biológico (Pineda Rodríguez & Pineda Rodríguez, 2018).

Huánuco, A. (2020) desarrolló un panetón de tipo andino mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), en un estudio realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Para la optimización de la formulación se aplicó la metodología de superficie de respuesta, a partir de la cual se estableció como formulación óptima aquella compuesta por 26,23% de harina de quinua, 4,8% de gluten y 50% de agua. El producto obtenido presentó valores de volumen específico, textura y cohesividad comparables a los de panetones comerciales tradicionales.

El análisis de la composición nutricional reveló un incremento en el contenido de proteína cruda, alcanzando un valor de 8,2%, así como una reducción significativa del contenido de grasa (7,6%), en comparación con panetones convencionales que presentan aproximadamente 7,4% de proteína y 14,1% de grasa, además de un mayor aporte de minerales. En cuanto a la evaluación sensorial, el panetón alcanzó una aceptabilidad global de 6,43 sobre 9, destacándose por su suavidad y color, aunque se evidenció una ligera influencia del aroma característico de la quinua. En conjunto, los resultados permitieron identificar como óptima la formulación con 26,23% de harina de quinua, 4,8% de gluten y 50% de agua, demostrando que es posible obtener un panetón con mejor perfil nutricional, menor contenido graso y adecuada aceptación sensorial, lo que confirma su viabilidad como una alternativa más saludable (Huánuco Azabache, 2020).

2.3.Bases teóricas

2.3.1. Análisis físico químico -Humedad

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.002 Panadería, Pastelería y Galletería. Bizcochos. Requisitos.

El Bizcocho debe cumplir con el requisito de humedad:

Tabla 15.

Requisito fisicoquímico de los bizcochos

Características	Requisito
Humedad	Máximo 40,0%

Nota. INACAL, (2025)

Determinación de Humedad

Para la determinación de humedad, se basó en la siguiente metodología.

Tabla 16.

Resultados de la determinación de humedad

Matriz	Cantidad de muestra	Temperatura	Tiempo	Presión	Referencia
Cereal y productos de cereal	2g	50°C	1h	Atmosférica	AOAC.925.10

Nota. AOAC.925.10

$$\%Humedad = 100 * \frac{M_a - M_b}{M_a - M}$$

Donde:

$M = Masa\ en\ gramos\ de\ la\ cápsula$

$M_a = Masa\ en\ gramos\ de\ la\ cápsula\ con\ la\ muestra$

$M_b = Masa\ en\ gramos\ de\ la\ cápsula\ con\ la\ muestra\ seca$

Pesar la cápsula con la tapa considerando una aproximación de 0,1 mg. Registrar la masa (M). Sin tarar colocar en la cápsula la cantidad de muestra, según AOAC.925.10

Se coloca la cápsula destapada y su tapa en la estufa a la temperatura, presión y tiempo indicado. Es importante, no abrir la puerta de la estufa durante el periodo de secado.

2.3.2. Digestibilidad in vitro de proteína

Los resultados se determinaron por análisis en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). El Método utilizado en el laboratorio: Hsu, H., Vavak, D., Satterlee, L. and Miller, G. (1977) A Multienzyme Technique for Estimating Protein Digestibility. Journal of Food Science, 42, 1269-1279.

En el procedimiento descrito por Hsu et al., se emplea un sistema multienzimático compuesto por tripsina (1,6 mg; tipo IX, Sigma T-0303, con actividad de 13 000–20 000 unidades BAEE/mg de proteína), quimotripsina (3,1 mg; tipo II, Sigma C-4129, ≥ 40 unidades/mg de polvo) y peptidasa (1,3 mg; grado III, Sigma P-7500, con actividad de 50–100 unidades/g), por cada mililitro de solución. La variación del pH se registró mediante un potenciómetro transcurridos 10 minutos de reacción. La digestibilidad proteica aparente in vitro (Y) se calculó aplicando la ecuación correspondiente.

$$Y = 210.464 - 8.103X$$

donde, X=pH de la suspensión de proteína inmediatamente después de la digestión con solución multienzimática durante 10 min.

2.3.3. Escala Hedónica

La escala hedónica es una herramienta de evaluación sensorial utilizada para medir el grado de aceptación o agrado que un consumidor manifiesta hacia un alimento. Consiste en una serie de categorías ordenadas, que permiten expresar niveles que van desde el

rechazo hasta la máxima aceptación. Se emplea principalmente en estudios de desarrollo y comparación de productos alimentarios para cuantificar la preferencia del consumidor.

Se realizó una encuesta según escala Hedónica que se emplea tanto en el ámbito industrial como en el de investigación. Con 5 panelistas entrenados. Las respuestas de la prueba según la escala hedónica se muestran en la tabla 17.

Tabla 17.-

Escala Hedónica de prueba afectiva.

Me gusta demasiado	7
Me gusta mucho	6
Me gusta poco	5
No me disgusta	4
Me disgusta poco	3
Me disgusta mucho	2
No me gusta	1

Nota. Monasterios S. (2022)

CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua (Chenopodium quinoa) en la elaboración de pasteles permite obtener pasteles con digestibilidad in vitro proteica de 50% y contenido de humedad menor de 40 %.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) a concentraciones de 40 %, 50 % y 60 % en la elaboración de pasteles permite obtener pasteles con una humedad menor del 40 % y digestibilidad proteica de 50%.
- La elaboración de pasteles con la mezcla de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de trigo a temperaturas de horneado de 160 °C, 170 °C y 180 °C, permite obtener pasteles con una humedad menor de 40 % y con digestibilidad proteica de 50%

3.2.Variables

Variable Independiente (VI)

- Concentración de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*)
- Temperatura del horneado

Variables Dependientes (VD)

- Porcentaje de humedad
- Digestibilidad proteica

En la *tabla 18* se resume el diseño experimental de la presente investigación.

Tabla 18.

Diseño experimental de la investigación

Concentración porcentual de Harina de Quinua (*Chenopodium quinoa*) con respecto a la harina de trigo.	**Temperatura (°C)**	**Prueba**
40	160	1
	170	2
	180	3
50	160	4
	170	5
	180	6
60	160	7
	170	8
	180	9

CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4. Área de estudio

Facultad de Química e Ingeniería Química. Ciudad Universitaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Con las siguientes coordenadas: -12.060353467347381, -77.08370553281944.

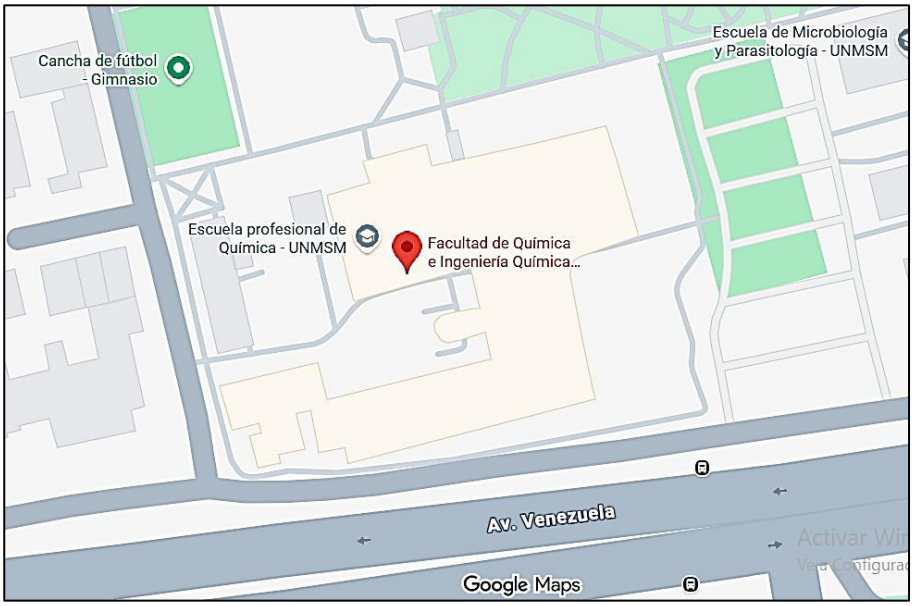


Figura 8.- *Ubicación de la Facultad de Química e Ingeniería Química.*

Nota. Imagen tomada de Google Maps

Las investigaciones se realizaron la Ciudad Universitaria, Facultad de Química e Ingeniería Química. Asimismo, el ensayo de digestibilidad proteica se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Con las siguientes coordenadas: -12.060537587582031, -76.94844901910508

4.1. Diseño de investigación

Diseño experimental factorial 3x3, con investigación cuantitativa y aplicada. La apreciación es objetiva.

4.2. Población y muestra

La población del estudio son los pasteles elaborados con mezcla de harina de quinua y otras harinas.

Muestra, en la investigación se empleó un promedio de 28 g de mezcla de harina de quinua y harina de trigo.

4.3. Procedimientos, Técnicas e instrumentos de recolección de información

La metodología empleada para la preparación de los pasteles se describe esquemáticamente en la *figura 9*

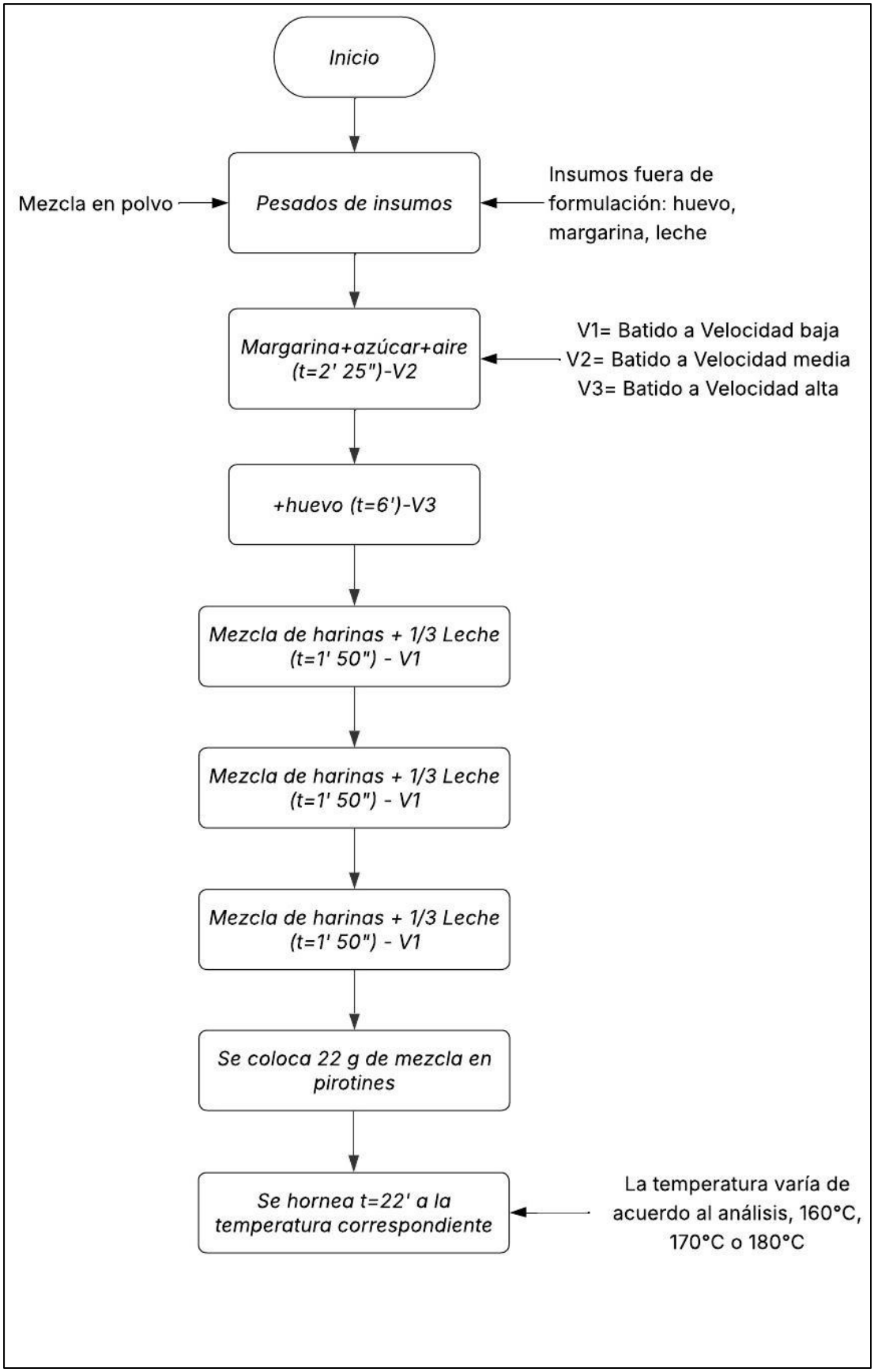


Figura 9.- *Diagrama de flujo de la elaboración del pastel*

Con respecto a las formulaciones, se realizaron nueve pruebas experimentales, combinando tres niveles de sustitución de harina de trigo por harina de quinua (40 %, 50 %, 60 %)

Tabla 19

Codificación para la sustitución de harina de quinua en función de la harina de trigo.

Codificación para sustitución	F1	F2	F3
Harina de Trigo	60%	50%	40%
Harina de Quinua	40%	50%	60%

Tabla 20

Formulación para la elaboración de pastel

	F1	F2	F3
	Porcentaje (%)	**Porcentaje (%)**	**Porcentaje (%)**
Harina de Trigo	16.76%	13.97%	11.17%
Harina de Quinua	11.17%	13.97%	16.76%
Polvo de Hornear	1.10%	1.10%	1.10%
Vainilla	1.10%	1.10%	1.10%
Sal	0.07%	0.07%	0.07%
Margarina	14.69%	14.69%	14.69%
Azúcar	18.33%	18.33%	18.33%
Huevos	22.05%	22.05%	22.05%
Leche evaporada	7.35%	7.35%	7.35%
Agua	7.35%	7.35%	7.35%
TOTAL	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1. Resultados Experimentales

5.1.1. Contenido de Humedad

Tabla 21

Contenido de humedad (%) de los pasteles según tratamiento

Tratamiento	% Quinua	Temperatura (°C)	Humedad (%)
F1-160	40	160	28.5 ± 0.6
F1-170	40	170	27.8 ± 0.5
F1-180	40	180	26.9 ± 0.7
F2-160	50	160	29.1 ± 0.6
F2-170	50	170	28.4 ± 0.5
F2-180	50	180	27.3 ± 0.7
F3-160	60	160	30.2 ± 0.6
F3-170	60	170	29.6 ± 0.5
F3-180	60	180	28.1 ± 0.6

5.1.2. Evaluación sensorial

A partir la tabla hedónica (panelistas) se muestra la aceptabilidad sensorial.

Tabla 22

Promedio de aceptabilidad sensorial

Tratamiento	Aceptabilidad (Promedio)	Desv. Estándar
F1-160	3.4	0.49
F1-170	3.4	0.49
F1-180	4.2	0.75
F2-160	3.8	0.4
F2-170	3.8	0.4
F2-180	4.4	0.49
F3-160	4.4	0.49
F3-170	5.8	0.4
F3-180	5.6	0.49

5.1.3. Digestibilidad proteica

A continuación, se observa la digestibilidad del tratamiento óptimo

Tabla 23

Resultados de Digestibilidad in Vitro de Proteína del pastel óptimo

Muestra	**Ensayo**	**Resultados expresados en base seca**
Pastel de quinua F3-170	Digestibilidad in vitro de proteína	$79.42 \pm 0.15\%$

Tabla 24.

Resultados de Digestibilidad in Vitro de Proteína de Harina de Quinua empleada

Muestra	**Ensayo**	**Resultados expresados en base seca**
Harina de quinua	Digestibilidad in vitro de proteína	$80.44 \pm 0.37\%$

5.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el objetivo de evaluar las diferencias entre los tratamientos obtenidos mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y las diferentes temperaturas de horneado. Se analizaron las variables de humedad y aceptabilidad sensorial mediante estadística descriptiva y análisis de varianza (ANOVA), considerando un nivel de significancia de $\boldsymbol{\alpha = 0,05}$.

5.2.1. Estadísticos descriptivos

Se calcularon los valores promedio y la desviación estándar de las variables evaluadas en los diferentes tratamientos.

Tabla 25.

Estadísticos descriptivos de los tratamientos

Tratamiento	% Harina de Quinua	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Aceptabilidad
F1-160	40	160	28.5 ± 0.6	3.2 ± 0.5
F1-170	40	170	27.8 ± 0.5	3.5 ± 0.4
F1-180	40	180	26.9 ± 0.7	3.3 ± 0.6
F2-160	50	160	29.1 ± 0.6	3.6 ± 0.5
F2-170	50	170	28.4 ± 0.5	3.8 ± 0.4
F2-180	50	180	27.3 ± 0.7	3.5 ± 0.5
F3-160	60	160	30.2 ± 0.6	3.9 ± 0.4
F3-170	60	170	29.6 ± 0.5	4.2 ± 0.3
F3-180	60	180	28.1 ± 0.6	3.7 ± 0.4

Los resultados en la *tabla 25* evidencian que el aumento del porcentaje de harina de quinua incrementa el contenido de humedad, mientras que temperaturas de horneado más altas producen una reducción progresiva de este parámetro. Asimismo, la aceptabilidad sensorial aumenta con el nivel de sustitución hasta un punto óptimo.

5.2.2. Análisis de varianza para el análisis de humedad

Se aplicó un ANOVA de un factor para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos respecto al contenido de humedad.

Tabla 26.

ANOVA para humedad

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calculado	p-valor
Tratamientos	8	18.42	2.3	7.85	0.001
Error	18	5.28	0.29		
Total	26	23.7			

Hipótesis

$\boldsymbol{H_0}$: No existen diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos.

$\boldsymbol{H_a}$: Existen diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos.

Resultado

p=0.001

Interpretación

Dado que p < 0.05, se rechaza $\boldsymbol{H_0}$, indicando que los tratamientos influyen significativamente en la humedad.

5.2.3. Análisis de varianza para aceptabilidad sensorial

Se aplicó ANOVA para evaluar diferencias en la aceptación de los pasteles.

Tabla 27.

ANOVA para aceptabilidad

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calculado	p-valor
Tratamientos	8	3.96	0.495	9.12	0
Error	18	0.98	0.054		
Total	26	4.94			

En la tabla 27 se observaron diferencias significativas en la aceptabilidad sensorial entre los tratamientos (p < 0,05).

Hipótesis

$\boldsymbol{H_0}$: No existen diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos.

$\boldsymbol{H_a}$: Existen diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos.

Resultado

p < 0.05

Interpretación

Se rechaza $\boldsymbol{H_0}$, evidenciando diferencias significativas en la aceptabilidad.

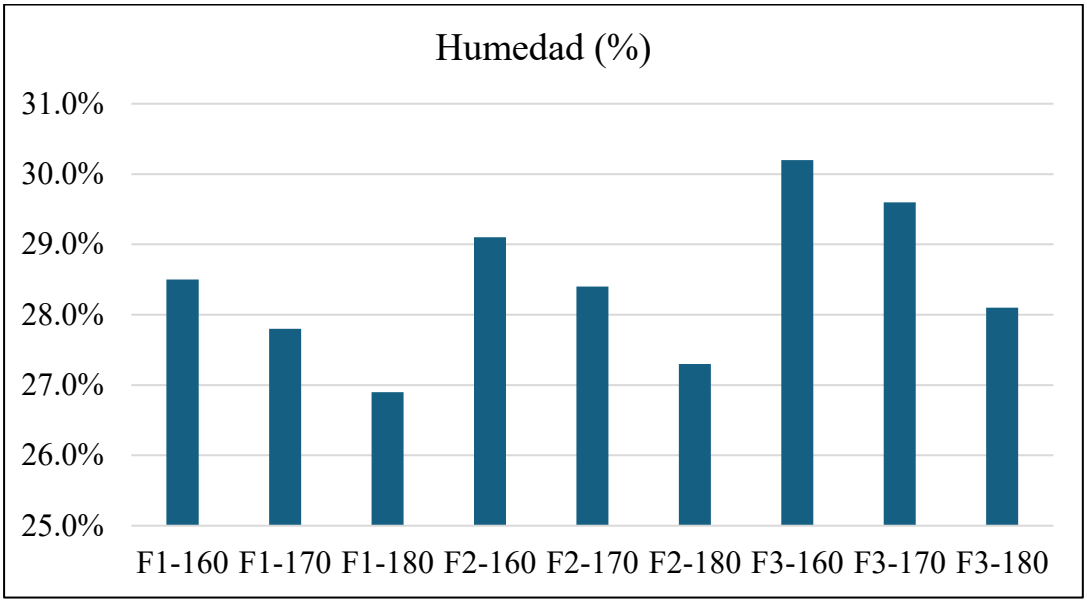
5.2.4. Comparación de medias

El tratamiento F3-170 presentó los valores más favorables de humedad y aceptación sensorial, lo que permitió su selección como formulación óptima.

5.3. Gráficas

Gráfica 1.

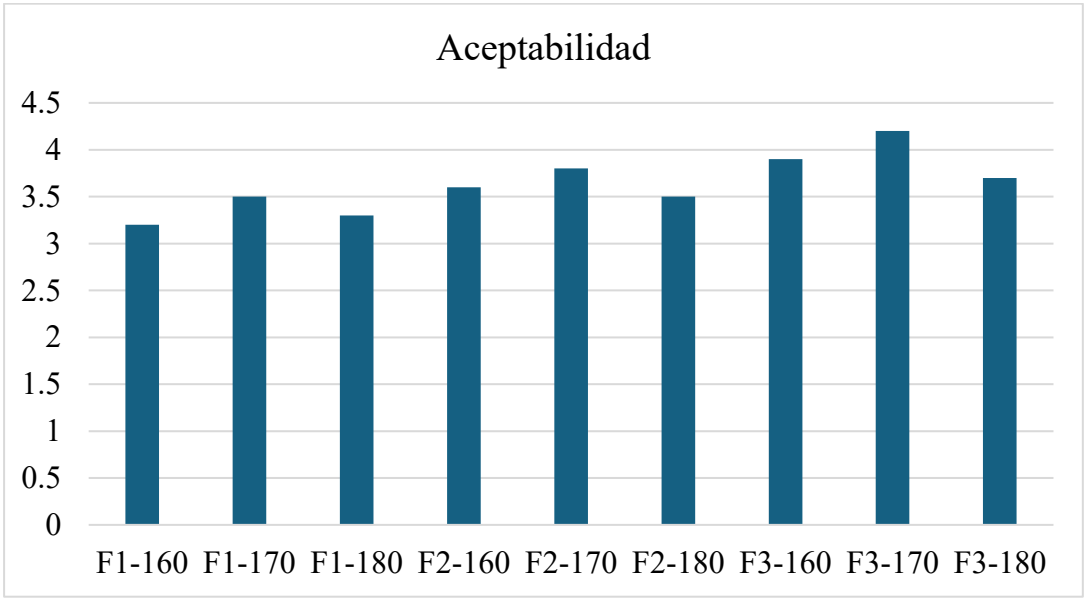
Humedad por tratamiento



La gráfica 1 muestra que los tratamientos con mayor porcentaje de harina de quinua presentan mayor contenido de humedad, mientras que el incremento de la temperatura de horneado reduce este valor.

Gráfica 2.

Aceptabilidad sensorial por tratamiento



En la gráfica 2 se observa que la aceptabilidad aumenta con la sustitución de harina de quinua hasta el tratamiento F3-170, donde alcanza su valor máximo, disminuyendo ligeramente a temperaturas superiores.

Debido al costo del análisis, la digestibilidad proteica se determinó únicamente para el tratamiento seleccionado como se observa en la *tabla 23.*

El valor obtenido indica una elevada digestibilidad proteica, lo que confirma el alto valor biológico de las proteínas de la quinua.

El análisis estadístico demuestra que tanto el porcentaje de sustitución de harina de quinua como la temperatura de horneado influyen significativamente en la humedad y la aceptabilidad sensorial de los pasteles. El tratamiento F3-170 presentó el mejor desempeño global y fue seleccionado como formulación óptima, evidenciando además una alta digestibilidad proteica.

5.4.Discusión de resultados

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y la variación de la temperatura de horneado mostraron un efecto significativo sobre las características de los pasteles elaborados, particularmente en el contenido de humedad y la aceptabilidad sensorial y la digestibilidad proteica in vitro. La evaluación de la humedad de las nueve formulaciones permitió establecer una relación directa entre este parámetro y la percepción sensorial del producto, dado que la humedad influye de manera determinante en atributos como la suavidad, la jugosidad y la textura del pastel, factores ampliamente asociados a la aceptabilidad del consumidor. En la *Tabla 21* se observa que, a medida que aumenta la concentración de harina de quinua en la formulación, se incrementa el porcentaje de humedad del producto. El pastel F3, elaborado a una temperatura de 170 °C, presentó un contenido de humedad de 29.6 ± 0.5%, valor superior al reportado por Monasterios, S. (2022) para productos de panificación similares, cuyo rango oscila entre 19,2 y 20,9 %. Esta diferencia puede atribuirse a las variaciones en la formulación y al tipo de harina de quinua empleada en el presente estudio.

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que el pastel elaborado con un 60 % de sustitución de harina de trigo por harina de quinua, horneado a 170 °C, alcanzó la mayor aceptación global por parte de los evaluadores. Este resultado sugiere que dicha formulación y temperatura de horneado favorece un equilibrio adecuado entre el contenido

de humedad y la formación de una estructura interna estable. En este sentido, el empleo de temperaturas de horneado moderadas podría contribuir al desarrollo apropiado de las características estructurales del producto, evitando un secado excesivo o el endurecimiento de la miga. Asimismo, el uso de niveles controlados de sustitución con harina de quinua permitió obtener un producto con características sensoriales aceptables y comparables a las de productos de panificación tradicionales elaborados a base de harina de trigo.

En relación con el contenido proteico biológico, la digestibilidad in vitro de la proteína de la harina de quinua alcanzó un valor de 80,44 ± 0,37 %, mientras que el pastel seleccionado presentó una digestibilidad ligeramente inferior, de 79,42 ± 0,15 %. Esta diferencia podría estar asociada a los efectos del procesamiento térmico durante el horneado, el cual induce modificaciones estructurales en las proteínas, tales como la formación de agregados y su interacción con otros componentes de la matriz alimentaria, como almidones y compuestos fenólicos. Dichas interacciones pueden reducir parcialmente la accesibilidad de las enzimas digestivas, lo cual ha sido reportado por Yang et al. (2022), quienes señalaron que tratamientos térmicos intensos pueden disminuir la digestibilidad proteica debido a una mayor compactación estructural de las proteínas. Asimismo, la quinua se caracteriza por un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales, los cuales se localizan principalmente en el endospermo del grano, razón por la cual el uso de harina de quinua resulta tecnológicamente adecuado en la formulación de productos de panificación (Monasterios, S., 2022).

No obstante, el valor de digestibilidad proteica obtenido en el pastel enriquecido con quinua se mantiene elevado y cercano al de la harina original, lo que evidencia que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua no compromete de manera significativa la calidad nutricional de la proteína. Este resultado es relevante desde el punto de vista nutricional, ya que la quinua posee un perfil de aminoácidos más completo que el trigo, destacándose por su mayor contenido de lisina, aminoácido limitante en cereales convencionales. En este sentido, aunque el procesamiento térmico pueda generar una leve reducción en la digestibilidad, el aporte de proteínas de alto valor biológico convierte al producto final en una alternativa nutricionalmente superior frente a pasteles tradicionales.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua, particularmente en un nivel del 60 % y bajo una temperatura de horneado de 170 °C, permite desarrollar pasteles con adecuada

aceptabilidad sensorial, alto contenido proteico biológico y un contenido de humedad de 29.6 ± 0.5%, valor que se mantiene dentro de rangos aceptables para productos de repostería.

Por lo tanto, la incorporación de harina de quinua en productos de repostería representa una estrategia viable para el desarrollo de alimentos más saludables y funcionales, orientados a atender las demandas actuales de la población por productos con mayor valor nutricional, sin comprometer las características sensoriales ni la calidad tecnológica del producto.

CAPÍTULO VI. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. Conclusiones

Se determinó que los pasteles elaborados con mezclas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de trigo presentan un contenido de humedad y un valor biológico proteico adecuados, evidenciando que la incorporación de harina de quinua permite obtener productos de repostería con mejor calidad nutricional sin comprometer sus características tecnológicas.

Se estableció que la concentración de harina de quinua en la mezcla con harina de trigo influye directamente tanto en el contenido de humedad como en el valor biológico proteico de los pasteles, observándose que un mayor nivel de sustitución incrementa el aporte de proteínas de alto valor biológico, asociado al perfil aminoacídico característico de la quinua.

Asimismo, se evidenció que el aumento de la proporción de harina de quinua modifica la retención de humedad del producto, lo cual repercute en la textura y aceptabilidad sensorial de los pasteles, confirmando la importancia de controlar el nivel de sustitución para mantener un equilibrio entre calidad nutricional y tecnológica.

En cuanto a la temperatura de horneado, se determinó que esta variable tiene un efecto significativo sobre el contenido de humedad de los pasteles, ya que temperaturas moderadas favorecen una mejor retención de agua y una estructura interna más adecuada, mientras que temperaturas más elevadas tienden a reducir la humedad del producto.

Del mismo modo, se comprobó que la temperatura de horneado influye en el valor biológico proteico, observándose una ligera disminución en la digestibilidad in vitro de la proteína a temperaturas más altas, atribuida a los cambios estructurales inducidos por el tratamiento térmico durante el horneado.

En conjunto, los resultados permitieron identificar que la combinación de una sustitución del 60 % de harina de trigo por harina de quinua y una temperatura de horneado de 170 °C constituye la condición más favorable para obtener pasteles con adecuado contenido de humedad y alto valor biológico proteico.

6.1. Recomendaciones

La presente investigación pone en evidencia la relevancia de la harina de quinua como un ingrediente de alto valor agregado para su aplicación a nivel agroindustrial e industrial, especialmente en los sectores de panificación y repostería, debido a su destacado aporte nutricional, su perfil proteico de alto valor biológico y su adecuada funcionalidad tecnológica dentro de matrices alimentarias horneadas. En este sentido, se recomienda fomentar su incorporación como sustituto parcial de la harina de trigo en formulaciones industriales, orientadas al desarrollo de productos con mayor contenido proteico y mejor perfil nutricional, en concordancia con la creciente demanda del mercado por alimentos más saludables, funcionales y de origen vegetal.

Asimismo, se sugiere que futuras investigaciones aborden la evaluación de la factibilidad técnica y económica del uso de harina de quinua a escala piloto e industrial, considerando aspectos clave como los costos de producción, la disponibilidad y estacionalidad de la materia prima, la estandarización de la calidad de la harina y la adaptación de los procesos tecnológicos existentes en la industria panadera y de repostería. Resulta igualmente pertinente analizar el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua sobre la eficiencia del proceso, el rendimiento del producto y la aceptabilidad del consumidor en condiciones reales de producción.

Adicionalmente, se recomienda profundizar en estudios de vida útil y estabilidad microbiológica de los productos elaborados con harina de quinua, así como en evaluaciones más detalladas del perfil de aminoácidos y de la biodisponibilidad de nutrientes, con el fin de fortalecer la validación científica de los beneficios nutricionales observados. Finalmente, se sugiere explorar la aplicación de la harina de quinua en una mayor variedad de productos de panificación y repostería, así como realizar estudios sensoriales con paneles de consumidores más amplios y diversos, que permitan consolidar su potencial comercial y contribuir al desarrollo de alimentos innovadores, nutritivos y sostenibles.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bazile, D., Bertero, H. D., & Nieto, C. (Eds.). (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. FAO; CIRAD. https://www.fao.org/3/i4042s/i4042s.pdf

Chicata, F., y Pérez, C. (2017). Elaboración de queque enriquecido con quinua (Chenopodium quinoa) y cañihua (Chenopodium pallidicaule) [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.

Crispín Sánchez, F. M. (2023). *Efecto de la formulación en la esponjosidad, volumen y aceptabilidad de una premezcla de queque comercial* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Lima, Perú. https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/423cae98-8925-4b90-84ba-95a5dbbef464

DIGESA – Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. (s.f.). Certificación y registro sanitario. Ministerio de Salud del Perú. Recuperado el [16 de noviembre del 2025], de https://www.digesa.minsa.gob.pe/dhaz/ccertificacion.asp

EMJUVI. (s. f.). Tamizado de sólidos y tamices. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de https://emjuvi.com/blog/p-tamizado-de-solidos-y-tamices

Estrada, J. M. (s. f.). Classifiers – Coffee processing equipment. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de https://www.jmestrada.com/en/category-product/coffee/classifiers/

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2025). The State of Food Security and Nutrition in the World 2025 – Addressing high food price inflation for food security and nutrition. Rome. https://doi.org/10.4060/cd6008en

FAO. (s. f.). Procesamiento del café: Clasificación y limpieza [Capítulo 4]. En Producción y procesamiento del café. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de https://www.fao.org/4/x5027s/x5027s04.htm

FAO. (s. f.). Procesamiento del café: Tostado y molienda [Capítulo 8]. En Producción y procesamiento del café. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de https://www.fao.org/4/x5028s/X5028S08.htm

Fundación Innovación e Industria (FII). (s. f.). Diseño de molinos de martillos – Parte 1: Conceptos básicos. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de https://www.fii.gob.ve/diseno-de-molinos-de-martillos-parte-1-conceptos-basicos/?print=print

Gostin, A. I. (2019). Effects of substituting refined wheat flour with wholemeal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads. LWT, 114, 108412. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108412

Huánuco Azabache, E. S. (2020). Desarrollo de panetón andino con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (Chenopodium quinoa) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Huayna Chara, C. D. (2016). Optimización de formulación de premezcla para la elaboración de queque con sustitución parcial de harina de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y quinua (Chenopodium quinoa Willd) y evaluación de su vida útil (Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano). Universidad Nacional del Altiplano.

INACAL. (2019). *NTP 206.002:2018. Panadería, pastelería y galletería. Bizcochos. Requisitos* (2ª ed.). Instituto Nacional de Calidad (INACAL). https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/app-default/login/

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2019). NTP 011.451:2018. Granos andinos. Harina de quinua. Requisitos (2.ª ed., 11 pp.). Lima, Perú: INACAL. Recuperado de https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/app-default/login/

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). NTP 205.064:2015 (revisada el 2020). Trigo. Harina de trigo para consumo humano. Requisitos (1ª ed.).

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2025). NTP 011.451:2018/MT1:2025. Granos andinos. Harina de quinua. Requisitos. Modificación técnica 1 (1.ª ed., 2 pp.). Lima, Perú: INACAL. Recuperado de https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/app-default/login/

Jáuregui Mejía, A. (2025). Composición química y digestibilidad “in vitro” de la proteína de las principales materias primas utilizadas en la alimentación de cerdos (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro). Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/11708

MachineryShops. (s. f.). Clasificador de café modelo TCQY63. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de http://www.machineryshops.com/es/product/50a063f05405b.html

Meyhuay, M. (2013). Quinua: Operaciones de poscosecha. AGSI/FAO, Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA). Editado por Danilo Mejía (parte técnica) y Beverly Lewis (idioma y estilo).

Miranda-Ramos, K. C., Haros, C. M. (2020). Combined Effect of Chia, Quinoa and Amaranth Incorporation on the Physico-Chemical, Nutritional and Functional Quality of Fresh Bread. Foods, 9(12), 1859. https://doi.org/10.3390/foods9121859

Mu, J., Qi, Y., Gong, K., Chen, Z., Brennan, M. A., Ma, Q., Wang, J., & Brennan, C. S. (2023). Effects of quinoa flour (Chenopodium quinoa Willd) substitution on wheat flour characteristics. Current Research in Food Science, 7, 100556. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100556

Monasterios Yapu, S. P. (2022). Evaluación de la calidad sensorial del queque fortificado con harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Revista Latinoamericana de Extensión Universitaria, 1(2). https://doi.org/10.53287/relu8059wp15m

Pineda Rodríguez, L. Y., & Pineda Rodríguez, L. P. (2018). Determinación de parámetros tecnológicos para la elaboración de un keke con características funcionales, diseño y construcción de una batidora-mezcladora [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.

PNGEgg. (s. f.). Imágenes PNG de equipos industriales. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de https://www.pngegg.com/es/png-nrshw

Real Academia Española. (2024). Pastel. En Diccionario de la lengua española (23.ª ed.). https://dle.rae.es/pastel

Robalino Granda, L. F., & Sánchez Illanes, A. I. (2016). Diseño y simulación de un horno eléctrico doméstico (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica.

Rodríguez-González, Ibeth, Benavides-Guevara, Ruth Mary, Jurado, Brenda K, Marulanda, Melissa, & Zuluaga-Domínguez, Carlos M. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con trigo, avena y quinua. Ingeniería y competitividad, 25(2), e12242. Epub May 05, 2023. https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11242

Yang, C., Zhu, X., Zhang, Z., Yang, F., Wei, Y., Zhang, Z., & Yang, F. (2022). Thermal treatment of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) albumin: Effect on structural, functional, and in vitro digestion properties. Frontiers in Nutrition, 9, 1010617. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1010617

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Tabla 26.- *Matriz de consistencia*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Problema General Medida en la que influye la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la mezcla con la harina de trigo, en la elaboración de pasteles con alto contenido proteico. **Problemas Específicos** Medida en la que influye la concentración de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la mezcla con harina de trigo, en el	**Objetivo General** Cuantificar el contenido proteico de pasteles formulados a base de mezcla de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de trigo **Objetivos Específicos** Determinar cómo influye la concentración de harina de quinua (Chenopodium quinoa) en una mezcla con	**Hipótesis General** La sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la elaboración de pasteles modificará el porcentaje de humedad menor de 40% y digestibilidad in vitro proteica de 50% **Hipótesis Específicas**	**Variable Dependiente** • Porcentaje de humedad • Digestibilidad proteica **Variable Independiente** • Concentración de la harina de quinua	• Porcentaje de sustitución de harina de quinua. • Temperatura de horneado. • Digestibilidad proteica in vitro.	Balanza analítica, estufa de secado, horno con control de temperatura, termómetro, espectrofotómetro, equipo de digestión enzimática y ficha de evaluación sensorial (escala hedónica).

contenido de humedad y el valor proteico. Medida en la que influye la temperatura de horneado en el contenido de humedad y valor proteico de los pasteles de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) con harina de trigo	harina de trigo, en el contenido de humedad y valor proteico en pasteles elaborados con esta mezcla. Determinar cómo influye la temperatura de horneado de pasteles elaborados con la mezcla de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) con harina de trigo en el contenido de humedad y valor proteico.	● La sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) a concentraciones de 40%, 50% y 60% en la elaboración de pasteles permite obtener pasteles con una humedad menor del 40% y digestibilidad proteica de 50%. ● La elaboración de pasteles con una mezcla de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de trigo a temperaturas de horneado de	(*Chenopodium quinoa*) • Temperatura del horneado	• Aceptabilidad sensorial global. • Contenido de humedad.	

		140°C, 150°C y 160°C, permite obtener pasteles con una humedad menor de 40% y con digestibilidad proteica de 50%			

Anexo 2: Formato para la evaluación de panel sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Usted recibirá muestras debidamente verificadas, evalúe ubique en la escala que se acompaña la intensidad De agrado o desagrado de cada muestra, colocando un valor a una de las alternativas para cada característica.

Me gusta demasiado	7
Me gusta mucho	6
Me gusta poco	5
No me disgusta	4
Me disgusta poco	3
Me disgusta mucho	2
No me gusta	1

	Parámetro	
Muestras	Sabor	Textura
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Comentarios adicionales

Figura 10.- *Formato de evaluación de escala hedónica*

Anexo 3: Análisis de Resultados en laboratorio externo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Laboratorio de Análisis de Físico Químico de Alimentos

INFORME DE ENSAYOS N.33º (LAFQA- 03 -12 -2025)

Productos	: Harina de quinua y pastel de quinua
Marca	: s/m
Identificación de muestra	: Harina, Pastel
Número de muestras	: 2
Cantidad recibida	: 500g por cada muestra
Forma de presentación	: Bolsa ziploc de polietileno
Fecha de recepción	: 28/11/2025
Ensayo solicitado	: Determinación de Digestibilidad in Vitro de Proteína.

Resultados:

Muestra	Ensayos	Resultados expresados en base seca
Harina de quinua	Digestibilidad in vitro de proteína	80,44 ± 0,37 %

Muestra	Ensayos	Resultados expresados en base seca
Pastel de quinua	Digestibilidad in vitro de proteína	79,42 ± 0,15 %

Método utilizado en el laboratorio:

Hsu, H., Vavak, D., Satterlee, L. and Miller, G. (1977) A Multienzyme Technique for Estimating Protein Digestibility. Journal of Food Science, 42, 1269-1279.

Formato: FIAL-F-PP03-03-2 Revisión N° 01, Fecha: 23/06/2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Observaciones:
- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante.
- Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida.

La Molina, 03 de diciembre de 2025

Ph. D. Luis Antonio Briceño Berru
Jefe del Laboratorio de Análisis
Fisicoquímico de Alimentos de la FIAL-UNALM

Anexo 4: Imágenes del proceso de horneado de pasteles



Figura 11.- *Proceso de evaluación de pastel de harina de quinua*



Figura 12.- *Visualización del pastel de harina de quinua*



Figura 13.- *Horneado del pastel de harina de quinua*



Figura 14.- *Mezcla previa al horneado*



Figura 14.- *Formulación 1, 2 y 3 de los pasteles a 180°C*



Figura 14.- *Formulación 1, 2 y 3 de los pasteles a 170°C*



Figura 15.- *Formulación 1, 2 y 3 de los pasteles a 160°C*



Figura 16.- *Formulación 1, 2 y 3 de los pasteles a 180°C*



Figura 17.- *Formulación 1, 2 y 3 de los pasteles a 170°C*



Figura 18.- *Formulación 1, 2 y 3 de los pasteles a 160°C*



Figura 16.- *Evaluación de pasteles*