

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ELABORACIÓN DE PAN PARA CELIACOS CON HARINAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) Y MAÍZ (*Zea mays*), Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE ALGUNAS DE SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS CON LAS DEL PAN DE HARINA DE TRIGO (*Triticum durum L.*)”**

AUTOR: José Ramón Cáceres Paredes

DOCENTE COLABORADOR

ESTUDIANTES DE APOYO  
Edgar Guerrero Trinidad

(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de marzo de 2022 al 28 de febrero de 2023)

(Resolución de aprobación N° 243-2022-R)

Callao, 2023



#### DEDICATORIA:

A mi esposa e hijos por su eterna comprensión, permanente apoyo que me permitieron dedicar el tiempo suficiente para el desarrollo de mis actividades académicas e investigación a costa del que debería dedicar a ellos.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarnos diariamente su poderosa burbuja protectora -para mi familia y para mí- de toda la energía negativa, de la inmoralidad, delincuencia y enfermedad que nos rodea.

A la empresa INDEPRO ALIMENTARIA E.I.R.L por el invaluable apoyo brindado para el desarrollo del presente estudio al haber permitido utilizar sus instalaciones y equipos de panificación para desarrollar todas las pruebas experimentales necesarias para la presente investigación.

Al Sr. Bach. Edgar Guerrero Trinidad por su permanente apoyo y participación como técnico especialista en panificación y masas de panadería, y por sus conocimientos prácticos que permitieron subsanar algunas dificultades operativas que se presentaron durante la realización del presente estudio.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE.....	1
TABLAS DE CONTENIDO.....	3
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	8
1.2 Formulación del problema .....	11
1.3 Objetivos .....	11
1.4 Limitantes de la investigación.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Marco.....	15
2.2.1 Teórico.....	15
2.2.2 Conceptual.....	17
2.3 Definición de términos básicos.....	19
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	23
3.1 Hipótesis.....	23
3.2 Definición conceptual de las variables.....	23
3.3 Operacionalización de las variables.....	24
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	25
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	25
4.2 Método de investigación.....	25
4.3 Población y muestra.....	27
4.4 Lugar del estudio y período desarrollado.....	28
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información... ..	28
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	30

CAPÍTULO V: RESULTADOS .....	31
5.1 Resultados descriptivos .....	31
5.2 Resultados inferenciales .....	45
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados. ..	58
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	62
6.3 Responsabilidad ética.....	67
CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES .....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	79
Matriz de consistencia.....	79

## TABLAS DE CONTENIDO

<b>Relación de tablas:</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1 : Operacionalización de las variables en estudio	24
Tabla 2 : Diseño de la investigación	25
Tabla 3 : Contenido de agua absorbida, en tres repeticiones, para diferentes contenidos de quinua roja perlada	32
Tabla 4 : Relación entre cantidad de quinua roja perlada y promedio de agua absorbida	33
Tabla 5 : Cantidad de agua agregada a masa panadera con diferente sustitución de harina de maiz	34
Tabla 6 : Cantidad de agua absorbida por masa panadera con diferente sustitución de harina de trigo	35
Tabla 7 : Valores de volumen, peso y volumen específico de panes con quinua roja perlada, h. maiz y pan Ciabatta	37
Tabla 8 : Valores de Aw de panes elaborados con quinua roja perlada harina de maiz y pan Ciabatta	38
Tabla 9 : Valores de humedad de panes elaborados con quinua roja perlada, harina de maiz y pan Ciabatta	39
Tabla 10 : Análisis químico proximal del pan con quinua roja perlada, harina de maiz y pan Ciabatta	40
Tabla 11 : Formula base de pan celiaco con quinua	40
Tabla 12 : Pruebas experimentales 1 de pan celiaco con quinua roja perlada y harina de maiz	41
Tabla 13 : Pruebas experimentales 2 de pan celiaco con quinua roja perlada Y harina de maiz	42
Tabla 14 : Pruebas experimentales de pan celiaco con total utilización de Quinua roja perlada, harina de maiz sin maicena y con Psyllium	43

<b>Relación de figuras:</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1 : Esquema fisiopatológico de la enfermedad celiaca	18
Figura 2 : Relación entre el contenido de agua absorbida y quinua añadida	33
Figura 3 : Relación del agua añadida a masa panadera con diferente porcentaje de harina de maiz	34
Figura 4 : Relación de agua absorbida por masa panadera con diferente porcentaje de sustitución de harina de maiz	35
Figura 5 : Diseño de pruebas experimentales	44

<b>Relación de anexos</b>	<b>Pág.</b>
Anexo A : Matriz de consistencia	79
Anexo B : Muestras de quinua hidratadas	80
Anexo C : Muestras de Humedad depositada por la quinua hidratada	80
Anexo D : Masa de tres variedades de quinua durante mezclado	81
Anexo E : Masa panadera de tres variedades de quinua en molde antes de horneado	81
Anexo F : Rebanadas de pan de tres variedades de quinua	81
Anexo G : Muestras de pan elaborado con quinua blanca en diferentes proporciones con molde	82
Anexo H : Muestras de pan elaborado con quinua blanca en diferentes proporciones sin molde	82
Anexo I : Corte transversal en rebanadas, de pan con quinua blanca	83
Anexo J : Muestras de pan con quinua roja perlada en diferente proporción con y sin leche.	83
Anexo K : Muestras de pan con quinua roja perlada con leche, después de fermentado y antes de horneado	84

Anexo L	: Muestras de pan con quinua roja perlada sin leche, después de fermentado y antes de horneado	84
Anexo M	: Rebanadas de pan con quinua roja perlada y con harina de maiz	85
Anexo N	: Pan con quinua roja perlada y harina de maiz, sin adición de maicena	85
Anexo O	: Masas panaderas con quinua roja perlada y harina de maiz, sin adición de maicena en amasadora	86
Anexo P	: Rebanadas de pan para celíacos con quinua roja perlada y Harina de maiz, sin adición de maicena	86
Anexo Q	: Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva de masa panadera con harina de trigo, con quinua 60%-harina maiz 40% (Q60M40), con quinua roja perlada (Q100) y harina maiz (M100).	87
Anexo R	: Volumen específico de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada (Q100) y con harina de maiz (M100) y mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40) y Quinua 40% h. maiz 60%(Q40M60).	87
Anexo S	: Actividad de agua (Aw) de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada (Q100) y con harina de maiz (M100) y mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40) y Quinua 40% con h. maiz 60%(Q40M60).	88
Anexo T	: Humedad de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada y con harina de maiz (M100) y mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40) y Quinua 40% h. maiz 60%(Q40M60).	89
Anexo U	: Contenido de proteína de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada (Q100) y con harina de maiz (M100) mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40).	89
Anexo V	: Informe de Ensayo N° 00101-01-2023. Análisis químico pan para celíacos: 100% quinua roja perlada y 0% harina de maiz.	90
Anexo W	: Informe de Ensayo N° 00101-02-2023. Análisis químico pan para celíacos: 0% quinua roja perlada y 100% harina de maiz.	91
Anexo X	: Informe de Ensayo N° 00101-02-2023. Análisis químico pan para celíacos: 60% quinua roja perlada y 40% harina de maiz.	92

## **RESUMEN**

Se elaboró pan libre de gluten con quinua roja perlada y harina de maiz. Se estudió el comportamiento, y se comparó la capacidad de absorción de agua (CAAS), el volumen específico (Ve), Actividad de agua (Aw), humedad y la composición química (Cq) con el pan Ciabatta elaborado integralmente con harina de trigo. La masa panaria del pan absorbió del 95 al 210 % de agua. El Ve, fue 3.7 a 4,0 veces menor que el Ve de, Ciabatta, la Aw y humedad fue del 17,2% y 31% mayor que las del pan Ciabatta. El contenido proteico fue igual o mayor que la del Ciabatta. El contenido de gluten del pan elaborado fue menor de 10 mg/kg.

Palabras clave: Quinua roja perlada, harina de maiz, pan sin gluten, Psyllium

## **ABSTRACT**

Gluten-free bread was made with pearly red quinoa and cornmeal. The behavior was studied, and the water absorption capacity (CAAS), the specific volume (Ve), water activity (Aw), humidity and the chemical composition (Cq) were compared with Ciabatta bread made entirely with wheat flour. The bread dough absorbed from 95 to 210% of water. The Ve was 3.7 to 4.0 times lower than the Ve of Ciabatta, the Aw and humidity were 17.2% and 31% higher than those of Ciabatta bread. The protein content was equal to or greater than that of Ciabatta. The gluten content of the elaborated bread was less than 10 mg/kg.

Keywords: Red pearl quinoa, cornmeal, gluten-free bread, Psyllium

## INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los productos alimenticios más antiguos utilizados por el hombre y es considerado como el alimento básico tradicional en la canasta familiar del poblador peruano; sin embargo, debido a la harina de trigo -que se utiliza como materia prima- y a los insumos empleados en su elaboración, se constituye solo en un producto que proporciona una importante fuente de carbohidratos y como complemento de otros alimentos: el desayuno y en las comidas.

El pan es uno de los alimentos de mayor consumo en nuestro país y forma parte de la dieta tradicional o cultura gastronómica en Europa, Medio Oriente, India, América y Oceanía (Buendía Medina, 2016).

El pan es un alimento básico y uno de los alimentos más consumidos por la humanidad. La existencia de variedades de pan radica en la propiedad única de la harina de trigo para formar gluten que en presencia de agua forma una masa gomosa de excelentes propiedades reológicas (Cavain, 2002).

Los productos horneados a base de harina de trigo son uno de los productos alimenticios más consumidos en todo el mundo, ocupando dentro de este grupo un lugar predominante, el pan (Sánchez, Osella, & Torres, 2008).

Sin embargo, existe un determinado sector de la población que presenta problemas de intolerancia a las prolaminas presentes en el gluten del trigo, avena, cebada y centeno (TACC) (Sánchez H.D., 2002).

Por lo indicado, nuestra industria panadera debe de desarrollar productos para cubrir la demanda de dicha población, satisfaciendo sus necesidades y requerimientos nutricionales y contribuir a los nuevos estilos de vida saludable.

Actualmente la totalidad de los productos de panificación, pastelería y pastas que se elaboran en el Perú tienen como materia prima a la harina de trigo; sin embargo, no se está atendiendo a la población antes indicada, denominada: población celiaca.

La enfermedad celiaca (EC) se caracteriza por ser un proceso sistémico de naturaleza autoinmune, de etiología desconocida, que afecta de forma principal, aunque no exclusivamente, al aparato digestivo. El sustrato morfológico de la enfermedad es la presencia de una inflamación crónica y difusa de la mucosa del intestino delgado asociado a múltiples manifestaciones clínicas (Polanco, 1995). Actualmente, el único tratamiento terapéutico posible es la eliminación del gluten de la dieta (Cappa, 2016)

El porcentaje de alimentos y bebidas sin gluten en el mercado se ha incrementado; así, en el periodo de 2013 a 2015 pasó del 7,9% al 11,8% y se prevé que Europa sea el mercado alimentario con mayor proyección de crecimiento (Bustamante, 2017).

En la actualidad existe una fuerte tendencia a consumir alimentos que no contengan proteínas u otro componente alergénico en su dieta diaria. Así mismo, es importante indicar que el 65% de los consumidores compran alimentos libres de alergénicos porque los consideran más saludables, el 27% para perder peso, el 11% por cuestiones relacionadas con el estado de salud (inflamación y depresión) y el 20% por otras razones (Witczak, 2016)

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

La industria de panificación a nivel mundial y en el Perú es importante pues el pan es considerado como complemento en la alimentación de sus habitantes y este producto -en sus diferentes presentaciones, sabores, formas y tamaños- se ha constituido como uno de los elementos que siempre se encuentran en la mesa de los consumidores.

En el entorno sudamericano, los países que más consumen pan son Argentina, Uruguay y Chile. El mercado peruano se viene incrementando de manera continua.



En Perú el consumo de pan se viene incrementando año a año; pero, tiene como uno de sus principales problemas su dependencia -del mercado internacional- en harina de trigo que es su principal ingrediente; sin embargo, la población peruana -especialmente la rural o provinciana- consumen panes regionales tradicionales elaboradas con otros ingredientes diferentes a la harina de trigo, pero su producción y comercialización -por diversos motivos- solo tienen alcance local y no a nivel nacional.

Uno de los problemas que tiene el pan blanco tradicional -elaborado con harina de trigo refinada- es la deficiencia en sales minerales y en vitaminas, especialmente de vitaminas del complejo B, las cuales se pierden durante la eliminación de la cáscara del grano de trigo; esta deficiencia contribuye a la aparición de diversas enfermedades; así se estima que el 25 % de la población adulta de los Estados Unidos padece de deficiencia de vitamina B<sub>12</sub> (Mercola.com, 2015).

La industria de la panificación -en el Perú- tiene una tendencia de crecimiento positivo; así, el Instituto de Estudios Socioeconómicos indica que el consumo anual per cápita de pan en el Perú es de 35 Kg considerado bajo si se compara con otros países de la región como Chile, que es de 85 Kg, Argentina de 65 Kg y Uruguay de 62 Kg; pero, el Perú ha mostrado un crecimiento en los últimos años (IEES, 2018). Sin embargo, los productos de panificación existentes en el mercado son solo una importante fuente de carbohidratos, con deficiencia en componentes nutritivos y que no atienden a poblaciones vulnerables, con problemas de salud o de desnutrición cuyo volumen se incrementa día a día.

La prevalencia ponderada de la enfermedad celiaca (EC) en el Perú es de 1,2% de su población, estimándose que el número de personas que viven con dicha enfermedad es similar al promedio mundial (Baldera K., 2020).

La eliminación del gluten, en la elaboración de productos de panificación que utilizan como base el trigo afecta significativamente en su estructura, volumen y textura.



Lo indicado ocasiona serias dificultades en el diseño de las formulaciones para elaborar productos libres de gluten, pues el producto final presentaría atributos físico-organolépticos y con un valor nutricional significativamente diferentes a los productos elaborados con trigo. Así mismo, los niveles de aceptación por parte del consumidor podrían verse afectados.

El procedimiento más común para mejorar la calidad de los productos de panificación sin gluten es modificar las propiedades del almidón y su estructura molecular ya que es el principal ingrediente de las materias sin gluten y con ello influir directamente en los procesos de gelatinización y retrogradación (Padalino, 2016).

En el Perú el consumo per cápita del pan es de 35 kg, lo que equivale aproximadamente a 3 unidades de pan diario (Comercio, 2017); así mismo, existe una Asociación de celíacos que promueve la producción y comercialización de alimentos libres de gluten, entre ellos el pan y derivados, pues tienen dificultades para encontrar proveedores de alimentos libres de gluten.

En el mercado se ofertan -de manera restringida- productos como galletas, queques y algunos postres elaborados con fécula de maíz y arroz con aditivos que coadyuvan a mejorar algunas de sus características organolépticas; sin embargo, sus costos no están al alcance de la población de clase media baja.

Por lo indicado, nuestra industria panadera debe de desarrollar productos para cubrir la demanda de dicha población, satisfaciendo sus necesidades y requerimientos nutricionales y contribuir a los nuevos estilos de vida saludable. Actualmente la totalidad de los productos de panificación, pastelería y pastas que se elaboran en el Perú tienen como materia prima a la harina de trigo; sin embargo, no se está atendiendo a la población antes indicada, denominada: población celíaca.

La visualización de la problemática indicada, con la posibilidad de utilizar materias primas -diferentes al trigo- pero que dispongamos en nuestro territorio, motivó la realización del presente estudio que se resume -parcialmente- en la formulación del siguiente problema.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general:

¿Es posible elaborar panes para celíacos con harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y harina de maíz (*Zea mays*) cuyas características físicas de capacidad de absorción de agua subjetiva, volumen y composición química sean similares a la de los panes con harina de trigo?

A partir del problema general indicado, podemos desagregar algunos problemas específicos, entre ellos:

### 1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de quinua es similar a las indicadas características del pan elaborado con harina de trigo?
- b. ¿La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de maíz es similar a las indicadas características del pan elaborado con harina de trigo?
- c. ¿La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con una mezcla de harina de quinua y harina de maíz son similares a las características del pan elaborado con harina de trigo?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Elaborar un pan para celíacos con harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y harina de maíz (*Zea mays*); y evaluar las características físicas de capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan en comparación con las mismas propiedades de un pan elaborado con harina de trigo.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Evaluar comparativamente la capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de quinua con las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.



- b. Evaluar comparativamente la capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de maíz con las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.
- c. Evaluar comparativamente la capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con la mezcla de harina de maíz y quinua con las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.

#### 1.4 Limitantes de la investigación

El presente estudio se limitó a elaborar un pan sustituyendo totalmente la harina de trigo que normalmente se utiliza en su elaboración por quinua roja en grano, harina de maíz y por una mezcla de los dos ingredientes -antes indicados- y realizar una evaluación subjetiva de la capacidad de absorción de agua de dichas sustituciones en función a su manipulación manual y con equipos de la masa panadera, el volumen y la composición química comparativa con el pan con harina de trigo.

Por lo indicado se indican las limitantes tecnológicas, temporales y espaciales -en las que se desarrolló el presente estudio- que se indican:

- a) **Tecnológica**. El presente estudio evaluó la capacidad de absorción de agua. por parte de la masa panadera, con la sustitución de la harina de trigo utilizando como indicador la “capacidad de absorción de agua subjetiva” del manipulador de la masa, sin utilizar evaluaciones instrumentales, evaluar el volumen específico y la composición química de los panes elaborados.
- b) **Temporal**. El estudio se realizó en un periodo temporal de siete meses que se vio afectado por las limitaciones de movilización y traslado personal debido a situación de aislamiento social parcial propio de la pandemia.
- c) **Espacial**, Esta limitante está relacionada con la limitante temporal. Las pruebas experimentales se desarrollaron solo en las instalaciones del taller de panificación de la empresa INDEPRO ALIMENTARIA E.I.R.L. y en el laboratorio de química del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA) de la UNAC.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1. Internacionales

Estudios realizados en la elaboración de productos de panificación -incorporando granos andinos, como son la quinua, kiwicha y cañihua- para pacientes con dietas sin gluten, concluyeron que son alimentos que representan una alternativa segura a los granos que contienen gluten y que además tienen un elevado valor nutricional, siendo una buena fuente de proteínas de alto valor biológico además de ser ricos en minerales (Martínez, 2015).

Estudios de optimización realizados en la elaboración y formulación de panes aptos para celíacos, afirman la importancia de añadir en dichas formulaciones componentes proteicos de diferentes fuentes para elevar el contenido nutricional; así como, el uso de hidrocoloides para mimetizar la función tecnológica del gluten y obtener productos de panadería con excelentes características reológicas (Mezaize S., 2009).

Los panes elaborados sin o libres de gluten, generalmente son rechazados en una evaluación sensorial; sin embargo, investigaciones realizadas han demostrado que, la adición de fibra dietética en la formulación de dichos panes elaborados a base de harina de arroz integral, el grado de satisfacción y aceptación sensorial por parte de los consumidores potenciales fue de un 90%, obteniéndose; asimismo, un pan con alto contenido de fibra dietética, que permitió incrementar el aporte de fibra en los individuos celíacos de un sector de Buenos Aires, Argentina (Polanco A, 2010).

Los panes libres de gluten necesitan utilizar -para su elaboración- sustancias poliméricas que mimeticen las características visco elásticas del gluten (Houben A., 2012). Como compuestos poliméricos se pueden utilizar ingredientes como el almidón de yuca, almidón de maíz (maicena) y goma xantán, que actúan como agentes estructurantes y enlazadores de agua. Estudios realizados, reportan la utilización de los indicados almidones (Tejero, 2013) (Vargas P. & Hernández, 2012).



El agregado de monoglicéridos a los productos panificados a base de fécula de mandioca no modifica de manera apreciable las características físicas: volumen específico, porcentaje de pérdida de peso y propiedades texturales (firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza), por lo que no se justifica su utilización (Milde L., 2009)

### **2.1.2. Nacionales:**

Se determinó la vida en anaquel de pan libre de gluten a base de harina de quinua envasados en polietileno y polipropileno. Las muestras del pan libre de gluten se almacenaron 6 días bajo condiciones ambientales a 20°C y 89% HR; se efectuaron controles de acidez y recuento microbiológico según RM N° 1020-2010/ MINSA. Se determinó -para el deterioro microbiológico- una reacción de primer orden con  $R^2$  de 0,99 para pan envasado en polietileno y de 0,93 para polipropileno. La vida útil en función al valor referencial de 1000 ufc/g del pan libre de gluten envasado en polipropileno es 3,27 días y en polietileno 4,13 días (Toro Rodriguez G., 2014).

Se conocen tres factores que explican la fisiopatología de la enfermedad celiaca (EC): genéticos, ambientales e inmunológicos (Zegarra Samamé, 2018). Para nuestro estudio solo consideramos parcialmente los dos aspectos finales.

Se elaboró un pan celiaco a base de harinas de quinua y maíz, fécula de mandioca y utilizando como coadyuvantes tecnológicos goma xantán, clara de huevo y lecitina. El pan presento un score químico teórico perfecto, buena esponjosidad y características fisicoquímicas que se estandarizaron (Humedad de 25.41% y pH de 6.18) (Urbina Padilla J., 2014).

La harina de yuca se puede emplear para reemplazar la harina de arroz, maíz y trigo, así como en formulaciones alimentarias (mezclas, pastas, pan), como aglutinador y extensor de dulces, papillas para bebés, sopas deshidratadas y condimentos porque su sabor es imperceptible (Unchupaico Zamalloa, 2018).



Se elaboró un pan para celíacos a partir de una formulación básica para elaborar pan y a partir de ella se determinaron los porcentajes de harina de arroz, maíz y garbanzo del 60, 20 y 20% respectivamente que tuvieron la mayor aceptabilidad (Bazán Arribasplata, 2019).

Se elaboró un pan de molde libre de gluten con 70% de harina de arroz y 30% de harina de papa con un 2% de mezcla de goma xantán y goma de tara (2:1) con los mejores resultados de volumen y un 80,0% de aceptación por consumidores intolerantes al gluten (Vera Rodriguez, 2017).

Se realizó la formulación óptima de un pan libre de gluten utilizando harina de quinua, harina de papa y agua, que mejore el volumen, la estructura de la miga y contenido proteico, aplicando el método de diseño de mezclas. Obteniéndose una composición de 33,04% de harina de quinua, 20,0% de almidón de papa y 46,96% de agua, obteniéndose un volumen específico de 1,9 cm<sup>3</sup>/gr, estructura alveolar de 34,54 alvéolos/mm<sup>2</sup> y 8,7% de proteínas (Pacheco Alfaro, 2016).

Los granos andinos son una gran opción para elaborar panes sin gluten, además son una gran tendencia actual en las dietas humanas ya que son granos sin gluten y cuentan con excelente valor nutricional.

La enzima transglutaminasa es usada en la industria de la panificación para mejorar la calidad del pan a nivel de su estructura de la miga, firmeza y elasticidad, permitiendo mejorar también sus propiedades sensoriales (Enriquez Mamani, 2020).

## **2.2 Marco**

### **2.2.1 Teórico**

La masa de panificación se puede definir como una mezcla de harina y agua, obtenida por acción mecánica. En los productos de panadería, el amasado y el horneado son los pasos más importantes que influyen en la calidad del producto final. El pan es el producto que resulta de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, agua potable, con o sin adición de sal, fermentada por microorganismos propios de la fermentación panaria.



La enfermedad celiaca (EC) no solo se presenta en los países desarrollados, su presencia esta incrementada en regiones del mundo en desarrollo, como el norte de África y en la India donde contribuye de manera importante en la morbilidad y la mortalidad de niños (Polanco A, 2010).

El uso de masa madre en el proceso tradicional para la producción de pan, utilizando la fermentación biológica de la masa, ha mantenido su importancia, ya que mejora la calidad del pan mediante la inhibición de microorganismos de deterioro -que alarga la vida útil-, aumenta el volumen del pan, retrasa el estancamiento, mejora el sabor del pan y mejora la calidad nutricional basada en un índice glucémico reducido (Kaditzky & Vogel, 2008) (Thiele, S., & Gänzle, 2004)

Se estima que la prevalencia de la EC se encuentra entre el 0,5% y 1,0% de la población mundial (Fassano A. y Catassi, 2001) (Fassano A., 2003).

La enfermedad celiaca es de 2 a 3 veces más común en mujeres que en hombres; sin embargo, esta relación disminuye después de los 65 años (Green P., 2001).

Estudios recientes indican que la prevalencia de esta enfermedad es semejante en regiones de America del norte como en Latinoamérica (Green P. & Cellier, 2007)

El enriquecimiento de panes sin gluten con diferentes tipos de fibra: maíz, avena, trigo y cebada, de granulometría fina  $< 32\mu\text{m}$  con concentraciones de 3, 6 y 9%, comprobó que los panes con mayor volumen que presentaron una miga más suave, una corteza más crujiente y con un color oscuro más atractivo, que el pan utilizado como control, fueron los enriquecidos con fibra de maíz y de avena. Los panes que mejor puntuación de panel de catadores obtuvieron fueron los panes enriquecidos con fibra de maíz al 3% (Sabanis D., 2009).



### 2.2.2 Conceptual

La enfermedad celíaca (EC) se caracteriza por la insuficiencia que presenta el intestino delgado del ser humano para asimilar el gluten (Urbina J., 2014), que es una proteína presente en cereales como el trigo, el centeno, la cebada y probablemente en la avena que ocasiona una inadecuada absorción de los macro y micronutrientes presentes en los alimentos (Cueto Rúa E., 2002) (Green Peter H.R., 2007).

La celiaquía es una enfermedad ocasionada por el gluten que es una proteína rica en los aminoácidos prolina y glutamina y está presente en cereales como el trigo, cebada, centeno y avena en la forma de proteínas: gliadina, hordeína, secalina y avenina, respetivamente; aunque, esta última raramente desencadena la enfermedad celíaca, existe la posibilidad de su contaminación con las prolaminas del trigo (Craig D., 2007). (Sociedad Española de Gastroenterología, 2004)

Una “dieta sin gluten” no significa, necesariamente, que los alimentos no puedan contener gluten, sino que esta cantidad tiene que estar por debajo de un determinado punto de corte.

El Codex Alimentarius, regula estos límites a nivel internacional, estableciendo la cantidad de gluten límite, que puede contener un alimento, para ser considerado como alimento libre de gluten y lo define como aquel que, además, de no tener ningún rastro de trigo, cebada, centeno y avena en su composición, cumpla con el requisito de que la cantidad máxima de gluten admisible, que el alimento debe contener es menos de 20 ppm (Codex Alimentarius, 2008).

La Unión Europea, en el 2012, aceptó como normativa lo establecido en el CODEX STAN 118/1979, indicando que “los productos aceptados como libres de gluten puedan contener uno o más ingredientes, que sustituyan los cereales prohibidos, pero con un nivel de gluten que no supere 20 ppm en los alimentos”. Cada uno de los países europeos adaptó dicha normativa a su propia realidad (Pellicer K., 2014).



La gliadina -presente en el trigo, es rica en prolina y glutamina, que son dos aminoácidos resistentes a la digestión enzimática en el borde en cepillo del intestino delgado. Estas fracciones activan la señalización de la zonulina, que es una proteína que regula la permeabilidad de las células que forman parte de la pared del tubo digestivo, provocando por consiguiente el aumento de la permeabilidad intestinal a macromoléculas, lo cual ocasiona que la prolina o la glutamina - presentes en el trigo- ingresen a la submucosa intestinal desencadenando un proceso inflamatorio (Fasano, 2005). En la figura 1 se muestra esquemáticamente el proceso indicado.

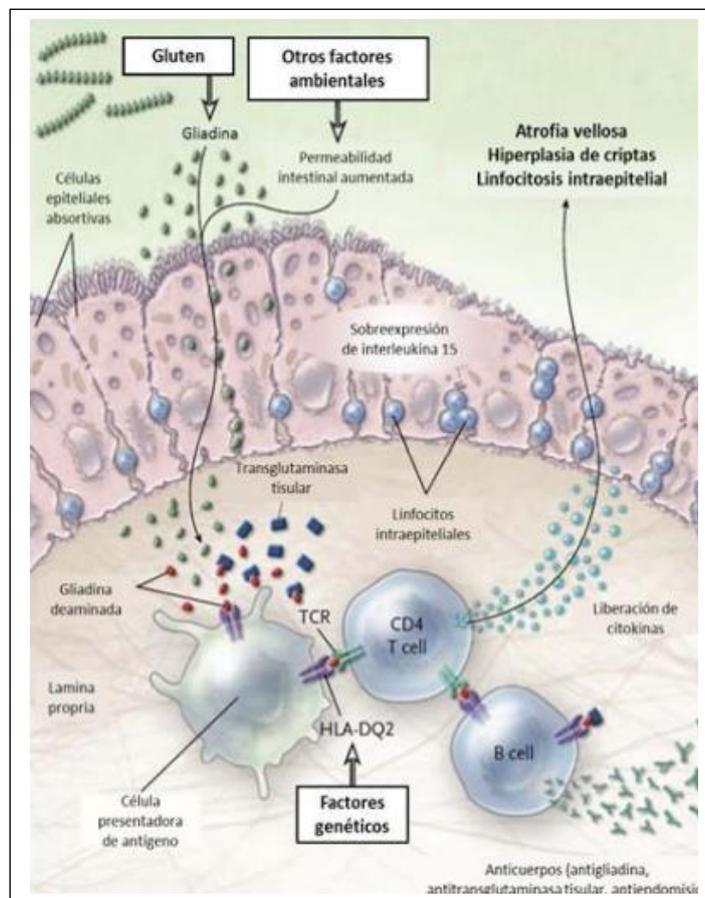


Figura 1. Esquema fisiopatológico de la enfermedad celíaca.  
 Fuente: Adaptado de Green, P y Cellier, C. (2007).  
 Tomado de: Zegarra Samamé, 2018.

En resumen, la explicación de lo que sucede en la figura 1 la podemos indicar como sigue:

*[Firma manuscrita]*

- a. El gluten es digerido a péptidos, principalmente en forma de gliadina, en el intestino delgado. La gliadina provoca cambios a través de la inmunidad innata y adaptativa en el epitelio, produciendo linfocitos citotóxicos que dañan los enterocitos causando proteínas de stress en su superficie (Fasano A. N., 2000)
- b. Cuando se incrementa la permeabilidad intestinal de macromoléculas, provocada por la zonulina; entonces, las fracciones del gluten (gliadina y prolina) ingresan a la submucosa intestinal desencadenando el proceso inflamatorio (Fasano A. , 2005).
- c. Lo anterior indicado ocasiona la atrofia de los vellos intestinales e hiperplasia de criptas, y al aumento de linfocitos B con la consecuente producción de anticuerpo (Green Peter H.R., 2007).

Hidrocoloides como la goma de garrofin, la goma guar, la goma xantana y el agar se han utilizado como sustitutos del gluten en el desarrollo de panes de harina de arroz dirigidos a la población celíaca o con intolerancia al gluten (Lazaridou A., 2007). El volumen específico de estos panes aumentó en presencia de hidrocoloides excepto en el caso de la goma xantana. Sin embargo (Gambus H., 2007), obtuvo mayor volumen en el pan libre de gluten en presencia de xantana,

### 2.3 Definición de términos básicos

- a) **El pan:** El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible, y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae* (Madrid, 2001) (Callejo, 2002).

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*.

- b) **La masa de panificación:** Es la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.



La esponja o “poolish” es el sistema universalmente empleado en la elaboración del pan francés y especialmente en el pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30-40% del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina (Mesas, 2002).

c) **La masa madre:** La masa madre es un tipo de levadura 100% natural. Es un fermento compuesto por harina de trigo u otro cereal y agua. No contiene levaduras comerciales. La misma mezcla de ambos ingredientes propicia la reproducción de microorganismos capaces de fermentar la masa (Chapela., 2020).

d) **El gluten:** Es uno de los componentes más representativos e importantes en la industria panificadora, pues cuando se mezcla con el agua es capaz de formar una masa viscoelástica que retiene el gas producido en la etapa de fermentación. Esta propiedad “tecno-funcional” se debe a que el gluten presenta dos proteínas: la gliadina y la glutelina (Belitz H.D., 2009).

La calidad de la harina de trigo se determina en función de la cantidad y calidad de la gliadina y glutelina (Steffolani, 2010). La gliadina le otorga extensibilidad y viscosidad a la masa, un exceso de esta fracción debilita al gluten e impide la retención del gas durante la fermentación, haciendo que la masa colapse en lugar de esponjarse. Por otro lado, las gluteninas contribuyen con la elasticidad y cohesividad de la masa; un exceso de estas impide la expansión de la masa y en consecuencia la disminución del volumen del producto final (Badui Dergel, 2006. 4ta. ed.) (Pompa, 2013).

e) **Alimentos libres de gluten:** Son productos alimenticios para personas con intolerancia al gluten, constituidos por uno o más ingredientes procedentes del trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas que, hayan sido tratados de forma especial para eliminar el gluten, no contengan un nivel de gluten superior a los 100 mg/kg en los alimentos tal como se venden al consumidor final. Los productos que tengan “contenido muy reducido de gluten”, se consideran como “alimentos exentos de gluten” si el contenido de gluten no sobrepasa los 20 mg/kg en total, medido en los alimentos tal como se venden al consumidor final (CE. N°41/2009, 2009).



- f) **Cereales y granos libres de gluten:** Los cereales libres de gluten disponibles para la elaboración de panes sin gluten son: el arroz, maíz, trigo sarraceno, tef, kamut®. Se ha observado un notable incremento del uso de harina de arroz en la formulación de productos libres de gluten por sus características organolépticas y su hipoalergenicidad (Rosell, 2006),
- g) **Hidrocoloides:** Los hidrocoloides son aditivos esenciales en la producción de panes libres de gluten, puesto que pueden mimetizar en cierta medida la funcionalidad del gluten, proporcionando viscosidad o propiedades viscoelásticas a la masa panadera. En la industria de la panificación, los hidrocoloides contribuyen a mejorar:
- a. La textura de los alimentos,
  - b. Su capacidad de retención de agua,
  - c. A retrasar su envejecimiento y
  - d. A incrementar la calidad de los productos durante su almacenamiento (Rosell C. y Gómez P., 2011).
- h) **Volumen de Hinchamiento (VH):** Es la relación que existe entre el volumen de una muestra de harina por su correspondiente peso. También se le conoce como Swelling Capacity (CS) (Valencia, 2006).
- i) **Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva (CAAS):** Es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa apropiada para la preparación de una tortilla (Flores-Farias, 2002).
- j) **Volumen específico del pan (Ve):** Es una de las características importantes en los productos de panadería, ya que nos indica cualitativa y cuantitativamente el efecto de las materias primas e insumos utilizados en una determinada formulación. Para calcular el volumen específico de los productos horneados, se divide el volumen del pan sobre el peso de este (CGA, 2000).
- k) **Volumen del pan:** El volumen (ml) del pan fue establecido por desplazamiento de semillas con algunas modificaciones. Se determina la masa del pan, en gramos, y el volumen (ml) del pan sumergido en un lecho de semillas contenido en un recipiente. El volumen del pan (VP), en ml se calculó mediante la ecuación siguiente (Sánchez H. G., 2008):



$$VP = \frac{m (g)}{Da \left(\frac{g}{ml}\right)}$$

- l) **Psyllium:** Los materiales a base de Psyllium son en su mayoría solubles en agua y se pueden usar como espesantes, auxiliares de suspensión, estabilizadores, agentes aglutinantes, emulsionantes, aditivos en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética, por nombrar algunas alternativas ecológicas a los materiales sintéticos tradicionales (Akbar et al., 2012, citado por (Vijay Kumar T. & Manju Kumari, 2014).

El Psyllium es considerado una fibra dietética natural compuesta de fibra soluble e insoluble. Tiene muchos beneficios, entre los que podemos destacar la prevención frente al síndrome de intestino irritable, cáncer de colon o colitis ulcerosa. Por su efecto contra el estreñimiento, su consumo es recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Europea de Medicamentos (EMA). Así mismo, tiene efectos prebióticos, debido a que el Psyllium es un polisacárido bioactivo que se compone de una cadena ramificada de arabinosilano: Polímero rico en arabinosa (23%), Xilosa (75%) y trazas de glucosa, manosa y galactosa. Además de tener propiedades nutricionales y metabólicas, posee múltiples características funcionales tecnológicas: Capacidad de absorber gran cantidad de agua, retenerla y formar una masa viscosa y pegajosa y debido a su gran poder gelificante, mejora las propiedades físicas de las masas sin gluten (Belorio M. & Gómez, 2020).

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis General

El pan para celíacos elaborado con harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y harina de maíz (*Zea mays*) presenta características físicas de capacidad de absorción de agua subjetiva, volumen y composición química comparativamente mayores que las del pan elaborado con harina de trigo

#### 3.1.2 Hipótesis específicas

H<sub>1</sub>: La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con quinua son mayores que las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.

H<sub>2</sub>: La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de maíz son mayores que las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.

H<sub>3</sub>: La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con la mezcla de harina de maíz y quinua son mayores que las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.

### 3.2 Definición conceptual de las variables

VARIABLES INDEPENDIENTES :

- Formulación del pan celiaco

VARIABLES DEPENDIENTES:

- La Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva (CAAS).
- El volumen específico del pan (Ve)
- La Composición química del pan

#### Formulación del pan celiaco:

- Porcentaje de harina de quinua y harina de maíz utilizado en elaboración de pan celiaco



### La Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva (CAAS):

- Cantidad de agua (mL) por cada 100 gramos de harina.

### El Volumen del pan (V):

- El número de ml que ocupa el pan elaborado con harina de quinua, harina de maíz y una mezcla de ambas.

### La Composición Química del pan celiaco:

- Contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, ceniza, humedad, acidez y gluten.

## 3.3 Operacionalización de las variables

En la tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables independiente y dependiente.

### 3.3.1 Definición operacional de las variables

Tabla 1

*Operacionalización de las variables en estudio*

INDICADOR	TIPO	DIMENSIÓN	ÍNDICE	MÉTODO-TÉCNICA
<b>Variable Independiente:</b> * Formulación del pan celiaco	Cuantitativo	Porcentaje de harinas	Variación de la harina	%
<b>Variables Dependientes:</b> * Capacidad de Absorción Subjetiva de Agua	Cuantitativo	Porcentaje de agua absorbida	Cantidad de agua absorbida	g H <sub>2</sub> O/100 g de harina
* Volumen específico	Cuantitativo	Evaluación volumétrica	Cantidad de harina	cm <sup>3</sup> /g
* Composición química:	Cuantitativo	Porcentaje	Cantidad	g/100 g. g/100 g. g/100 g. g/100 g. Por calculo g/100 g. mg/Kg
a. Proteína				
b. Grasa				
c. Humedad				
d. Ceniza				
e. Carbohidratos				
f. Acidez				
f. Gluten				

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 Tipo y diseño de la investigación

El presente estudio de acuerdo con lo indicado por Campbell y Stanley es una investigación aplicada, explicativa, cuantitativa y experimental (Campbell, 1995).

- Aplicada, su propósito fue resolver un problema de naturaleza práctica y aplicar los resultados obtenidos.
- Explicativa, porque midió cuantitativamente las variables y estudió las relaciones que existen entre ellas.
- Cuantitativa, porque el problema fue cuantificado, y
- Experimental, porque obtuvo resultados de la manipulación de las variables provocadas pero que fueron no totalmente controlados.

El diseño de la investigación de presenta en la tabla 2.

Tabla 2  
*Diseño de la investigación*

Experimento	Matriz de Experimentación		Plan de Experimentación	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Porcentaje de harina de quinua (%)	Porcentaje de harina de maíz (%)
1	a	b	100	0
2	b	a	0	100
3	c	d	40	60
4	d	c	60	40

Fuente: Elaboración propia

### 4.2 Método de investigación

En el presente trabajo se enmarcó en el método empírico experimental, pues su objetivo fue determinar el comportamiento de la masa panadera elaborada con sustitución total de la harina de trigo por quinua roja en grano y harina de trigo en proporciones de: quinua: 100%, quinua: harina de maíz 60:40 y 40:60 y harina de maíz: 100%. Determinar si ello afecta a la absorción de agua, el volumen del pan y en la composición química del pan que incluye el contenido de gluten.



Para la determinación de la variable respuesta se empleó:

a. La evaluación de la “capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS)”, que es la cantidad de agua que la harina absorbe para obtener una masa con una consistencia adecuada evaluada para la elaboración del pan.

Para ello se pesó 100 g de harina y se agregó agua gradualmente mientras se realiza el amasado manual y lentamente, hasta obtener una masa de buena consistencia, tal como lo indica Flores-Farías, R. (2002) en su estudio *Characterization of commercial nixtamalized maize flours*.

b. El volumen específico del pan ( $V_e$ ), en (ml/g) se calculó mediante el modelo matemático: Volumen-Masa de Streer, 1981.

c. La composición química del pan elaborado se obtuvo del resultado de los análisis realizados por los laboratorios: Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. (SAT SAC).

La determinación de las variables de composición química del pan con algas deshidratadas se realizó con los siguientes métodos:

- |                  |  |
|------------------|--|
| a. Humedad       | : AOAC 935.39A(2019) // AOAC 935.36(2019)                        |
| b. Proteínas     | : AOAC 935.39C(2019) //AOAC 950.36(2019)//<br>AOAC 984.13A(2019) |
| c. Grasas        | : AOAC 935.39(2019) // AOAC 922.06(2019)                         |
| d. Carbohidratos | : Por calculo  |
| e. Cenizas       | : AOAC 935.39B(2019) // AOAC 923.03(2019)                        |
| f. Energía total | : Por calculo  |
| g. Acidez        | : NTP 206.008 (Revisado del 2021)                                |
| h. Gluten        | : AOAC 2012.01(2019).  |

Para el desarrollo de las pruebas experimentales se siguieron los siguientes pasos:

1. Obtención de la quinua y la harina de maiz.
2. Los granos de quinua fueron sometidos -previo a la operación de mezclado con los ingredientes que intervienen en la formulación- a remojo con agua pura, el día anterior al de su incorporación a la mezcla panadera.
3. Los ingredientes fueron pesados por separado, cada batería de muestras, tanto los ingredientes secos -conformada por harinas, sal, azúcar, levadura, hidrocoloides etc., como los ingredientes húmedos: leche, huevos y agua.



4. Durante el proceso de mezclado, el agua se adicionó después de haber adicionado la leche y huevos. El agua se adicionó a la masa panadera lentamente, pues de manera paralela se realizaba la evaluación del comportamiento de la masa por el técnico panadero, quién manualmente indicaba si las características de adhesividad y liga -de la masa- permitirían su maquinabilidad por la mezcladora-amasadora.

Para cada muestra, se pesó una determinada cantidad de agua la cual se fue adicionando a la masa y el especialista evaluó si ésta tiene las características físicas de adhesividad similar a la masa panadera base. Se evaluó el peso final de agua y por diferencia se obtuvo la cantidad de agua agregada y absorbida por la masa.

5. La masa obtenida fue procesada en la mezcladora de espiral controlando la temperatura y la estructura del alvéolo. Posteriormente, se realizó el proceso de boleado o formateado manualmente en mesa de trabajo, y se colocó en los moldes.

6. En los anexos K y L, se muestra el pan en molde antes de ser sometido a horneado con los diferentes porcentajes de harina de quinua roja perlada y harina de maiz.

7. En los anexos G, H, y J, se presenta el pan de molde después de haber sido horneado, donde se puede observar la coloración final del producto.

#### **4.3 Población y muestra**

La población de estudio lo constituyó las mezclas con diferentes porcentajes de adición de quinua en grano y harina de maiz, que sustituyeron el total de harina de trigo utilizada en la formulación de la masa base elaborada, para tres tratamientos.

Cada tratamiento de mezcla fue de cuatro mil quinientos gramos (4,500 g) o cuatro kilos y medio (4,50 Kg) para cada una de las repeticiones, haciendo un total de 13,500 g (13.50 Kg) por cada tratamiento, haciendo un total general de cincuenta y cuatro mil quinientos gramos (54,000 g.) o cincuenta y cuatro kilos (54.0 Kg). Para cada tratamiento se elaboraron 27 panes de 0,500 kg.



### Determinación de la muestra

El tamaño de la muestra ( $n$ ), para una población finita se obtuvo con la siguiente relación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- $n$  : Número de unidades de cada muestra
- $N$  : Tamaño de población finita
- $Z_{\alpha}^2$  : Nivel de confianza ( $1.96^2$ )
- $p$  : Probabilidad que ocurra el evento
- $q$  : Probabilidad que no ocurra el evento ( $1-p$ )
- $e$  : Error de estimación máximo aceptado (3%)

La muestra para evaluar fue de 23 panes por tratamiento, considerando que el número de panes elaborados en cada una de las muestras fue relativamente pequeño, para el número de muestras evaluadas se consideró la totalidad de los panes elaborados para cada una de las pruebas realizadas.

#### 4.4 Lugar del estudio y periodo desarrollado

Las pruebas experimentales, se desarrollaron en el taller de panificación de la empresa INDEPRO ALIMENTARIA E.I.R.L. que estuvo inicialmente programada como unidad alterna y complementaria al taller de panificación del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA) de la UNAC, cuyos ambientes no pudieron ser utilizados debido al problema de inmovilidad social por el COVID 19.

El periodo de desarrollo de las pruebas fue entre los meses de junio a diciembre de 2022.

#### 4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Las muestras de pan obtenidos con las mezclas de quinua en grano y harina de maíz, que sustituyeron totalmente a la harina de trigo fueron evaluadas cualitativa y cuantitativamente, en función a las condiciones existentes por las condiciones aislamiento social actuales.



A cada una de las muestras se le evaluó su capacidad de absorber agua y su efecto en la manipulación manual y de máquinas de la masa panadera, debido a su adhesividad y facilidad de trabajo.

#### **a. Materiales**

- Bowls para remojo de quinua
- Vaso de precipitado
- Bowls de pesado
- Moldes de pan
- Bandejas de horneado de aluminio
- Quinua perlada (variedades negra, roja y blanca)
- Harina de maíz
- Maicena
- Azúcar
- Levadura
- Polvo de hornear
- Sal
- Agua
- Aceite
- Leche
- Hidrocoloides:
  - CMC,
  - Goma Xantán (Xantana),
  - Psyllium
- Bolsas plásticas.

#### **b. Equipos**

- Horno de secado Tecnogas
- Mezcladora Hobart en espiral, HSL 180.
- Cámara de fermentación Tecnogas
- Termómetro digital infrarrojo "Benetech" GM 550.
- Divisora de masa.



- Balanza digital Henkel BC-30.
- Equipo para Actividad de Agua. NOVASINA, LABSwift-aw.
- Balanza de humedad: AND, modelo MX-50, 0,01%
- Balanza digital: ACZET, CY 3102, (0,01g).

#### 4.6 Análisis y procesamiento de datos

Para el análisis estadístico se utilizó un análisis inferencial de promedios de distribuciones normales con desviación desconocida de cuatro tratamientos con las repeticiones de acuerdo con lo establecido por Douglas C. Montgomery, aplicando la prueba de “t” de Student con un nivel de significancia del 5% (Montgomery, 2004) donde se establece, como pruebas de hipótesis y estadísticos de evaluación, lo que se indica:

$$\begin{array}{l}
 H_0: X_1 = X_2 \\
 H_0: X_1 \neq X_2 ; \text{ es decir,} \\
 \left[ \begin{array}{l}
 X_1 < X_2 \\
 \circ \\
 X_1 > X_2
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Utilizando como estadísticos:

$$S_p^2 = (n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2 / n_1 + n_2 - 2$$

$$S_p = \sqrt{S_p^2}$$

y

$$t_0 = (X_1 - X_2) / S_p \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$$



## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1 Resultados descriptivos

#### 5.1.1 De los niveles de absorción de agua por la quinua roja perlada.

1) Como resultado de las pruebas experimentales preliminares, se observó que los niveles de absorción de agua en las tres variedades de quinua fue la siguiente:

- a. Mayor absorción : La quinua blanca,
- b. Mediana absorción : La quinua roja, y
- c. Menor absorción : La quinua negra.

Así mismo, en el proceso de batido -maquinabilidad de la masa panadera- se observó que la resistencia al batido fue mayor en la quinua blanca, luego la roja y finalmente la negra. Al parecer esta resistencia se debió a los niveles de agua que absorbieron las variedades de quinua.

Es decir, pareciera que la resistencia a la maquinabilidad de la masa en la mezcladora-batidora, es directamente proporcional a la cantidad de agua absorbida por la quinua.

- a. En el anexo B, se presentan las muestras de las tres variedades de quinua hidratadas: Quinua roja (1), quinua negra (2) y quinua blanca (3).
- b. En el anexo C, se presentan las muestras de agua depositada por las masas de la quinua roja (1), negra (2) y blanca (3) hidratadas.
- c. En el anexo D, se presentan las masas con las tres variedades de quinua: roja (Q.R.), negra (Q.N.) y blanca (Q.B.) durante el proceso de mezclado.
- d. En el anexo E, se presentan las masas con las tres variedades de quinua: roja (Q.R.), negra (Q.N.) y blanca (Q.B.) en moldes antes de horneado.
- e. En el anexo F, se muestran las rebanadas de pan elaborado con las tres variedades de quinua: roja (Q.R.), negra (Q.N.) y blanca (Q.B.).



Por lo indicado, y considerando la presentación física organoléptica del pan, se decidió trabajar con quinua roja, dejando pendiente para futuros estudios a las otras variedades de quinua.

- 2) Los gránulos de quinua roja se dejaron en remojo con agua, desde el día anterior, en el momento de la realización de la prueba se realizó la separación del agua con un tamiz, observándose que las cantidades de agua absorbida, para tres repeticiones.

Los valores de cada repetición de agua absorbida en función de la cantidad de quinua roja perlada, en las pruebas se muestran en la tabla 3.

Los valores promedio de agua absorbida para cada cantidad de quinua roja perlada, se muestran en la tabla 4.

Tabla 3  
Cantidad de agua absorbida, en tres repeticiones, para diferentes cantidades de quinua roja perlada añadida.

Cantidad de quinua roja perlada		Cantidad de agua absorbida	Promedio	Desviación
(g)		(g)		
R E P E T I C I O N E S	10,0	5,52	5,47	0,0644
		5,40		
		5,50		
	30,0	16,30	16,43	0,1259
		16,45		
		16,55		
	40,0	21,70	21,77	0,1608
		21,65		
		21,95		
	48,0	26,15	26,17	0,1259
		26,30		
		26,05		
60,0	32,55	32,67	0,1259	
	32,65			
	32,80			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 4  
*Relación entre cantidad de quinua roja perlada y promedio de agua absorbida*

Cantidad de quinua roja perlada (g)	Promedio de agua absorbida (g)
10.00	5,47
30.00	16.43
40.00	21.77
48.00	26.17
60.00	32.67

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 se representa gráficamente la relación que existe entre la cantidad promedio de agua que absorbió la quinua roja en grano. Se presenta la ecuación de correlación correspondiente.

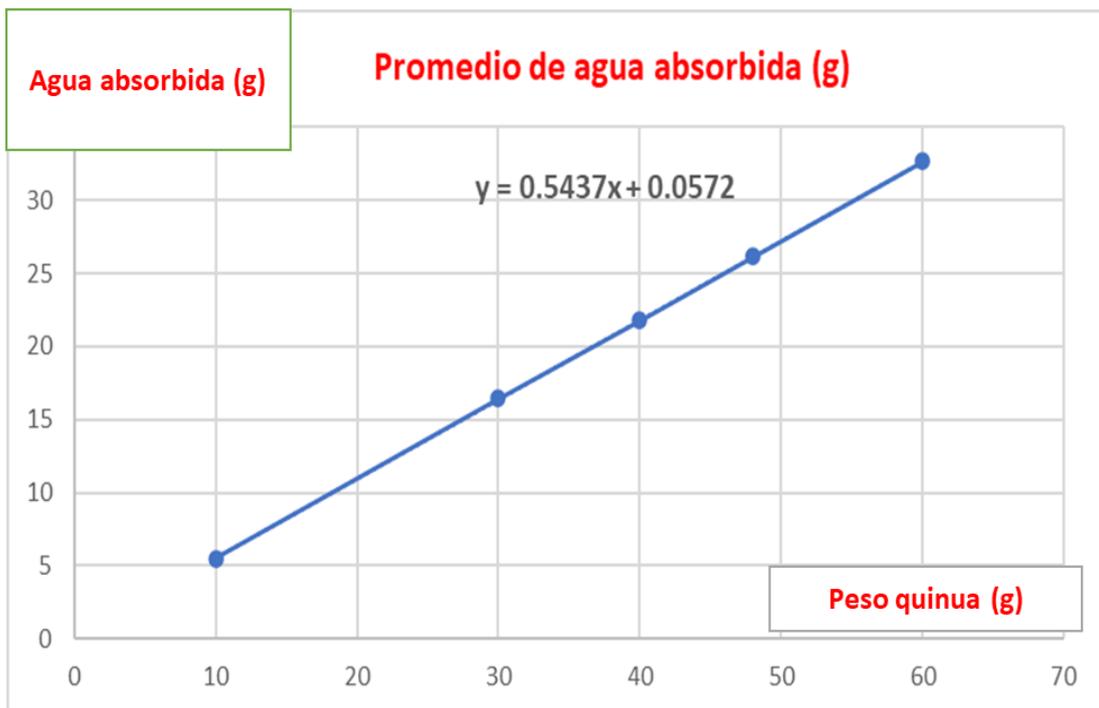


Figura 2. Relación entre la cantidad de agua absorbida (y) y quinua añadida (x).  
 Fuente: Elaboración propia

*[Firma]*

### 5.1.2 De los niveles de absorción de agua por parte de la harina de maiz

En la tabla 5 se muestra la cantidad de agua utilizada en la preparación de una masa panadera con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de maiz amiláceo obtenido por Javier Pino Gutiérrez.

Tabla 5  
*Cantidad de agua agregada en masa panadera con diferente sustitución de Harina de maíz*

Porcentaje de sustitución H. de maiz (%)	Cantidad de agua utilizada (ml)
0.0	500.0
10.0	500.0
20.0	475.0
30.0	450.0

Fuente: (Pino Gutierrez, 2011)

Con la información indicada se construyó el gráfico de la figura 3, donde se observa la tendencia negativa de agua adicionada a la masa panadera a medida que los niveles de sustitución de la harina de trigo por harina de maiz se incrementaba.

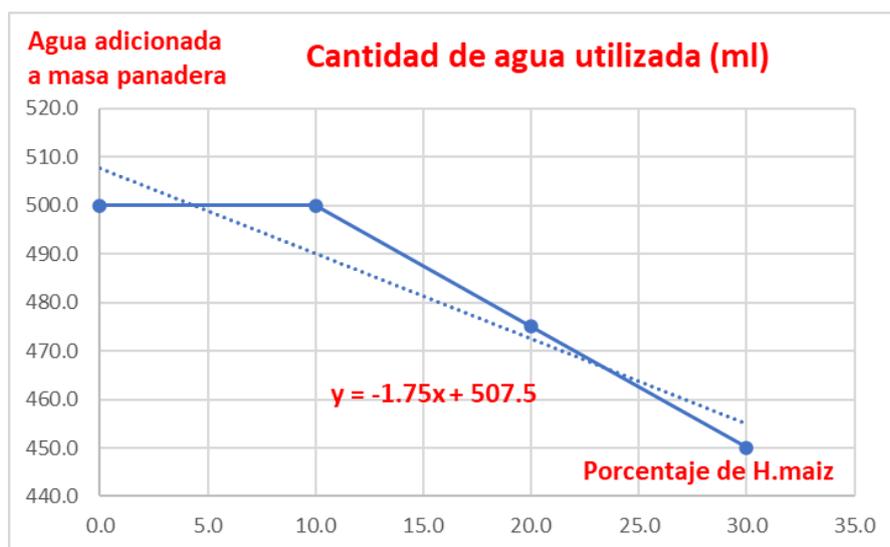


Figura 3. Relación del agua adicionada a masa panadera con diferente porcentaje de harina de maiz.

En función de la ecuación de tendencia de la gráfica se puede inferir que cuando la masa panadera tenga un porcentaje de sustitución del 100 % de la harina de trigo por harina de maiz la cantidad de agua adicionada a la masa será solo de 332.50 ml.

En la tabla 6 se muestra la absorción de agua (ml) por la masa en función a los diferentes porcentajes de sustitución de la harina de trigo por la harina de maiz amiláceo obtenido por Javier Pino Gutiérrez.

Tabla 6  
Cantidad de agua absorbida por masa panadera con diferente sustitución de Harina de maiz

Porcentaje de sustitución H. de maiz (%)	Absorción de agua por masa (ml)
0.0	386.0
10.0	383.0
20.0	378.0
30.0	361.0

Fuente: (Pino Gutierrez, 2011)

Con la información indicada se construyó el gráfico de la figura 4, donde se observa la tendencia negativa de agua absorbida por la masa panadera a medida que los niveles de sustitución de la harina de trigo por harina de maiz se incrementaba.

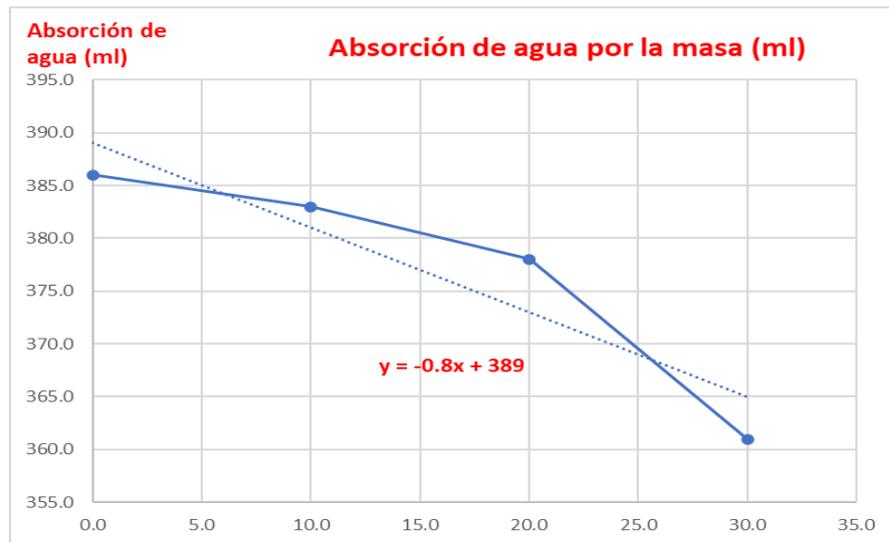


Figura 4. Relación del agua absorbida por la masa panadera con diferente porcentaje de sustitución harina de maiz.

*Javier Pino*

En función de la ecuación de tendencia de la gráfica se puede inferir que cuando la masa panadera tenga un porcentaje de sustitución del 100 % de la harina de maíz, la cantidad de agua absorbida será de 309 ml.

### **5.1.3 De los volúmenes del pan con quinua roja perlada, harina de maíz y con harina de trigo**

El volumen de las unidades de pan se obtuvo por el método de “Desplazamiento de semillas” de la American Association of Cereal Chemistry (AACC. Método 10.05-01) (AACC, 1998), y para calcular el volumen específico se utilizó el modelo matemático volumen-masa de Streer que es el resultado de dividir el volumen del pan en  $\text{cm}^3$  entre la masa del pan expresada en gramos (g).

En la tabla 7 se presentan los valores del volumen de pan con quinua, maíz y del pan Ciabatta con un peso y el cálculo de volumen específico promedio. Los valores de masa se obtuvieron con la balanza Aczet, modelo CY 3102, en el laboratorio del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao.

### **5.1.4 De la Actividad de agua del pan con quinua roja perlada, harina de maíz y con harina de trigo**

La actividad de agua ( $A_w$ ) de un alimento, en este caso del pan, representa la cantidad de agua disponible en el pan y que puede ser utilizada para acelerar su proceso de deterioro por parte de la carga microbiana presente en el ambiente del producto, en este caso por los hongos, que es la carga biológica que tiene a los productos de panificación como su sustrato preferido.

En la tabla 8 se presentan los valores de actividad de agua ( $A_w$ ) de los panes elaborados con quinua roja perlada, harina de maíz y del pan Ciabatta que se comercializa en el mercado local.



Tabla 7

Valores de Volumen, peso y volumen específico de pan con quinua, roja perlada, harina de maiz y pan Ciabatta

Producto	muestras	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Masa (g)	Volumen específico (Ve) (cm <sup>3</sup> /g)	Promedio Ve (cm <sup>3</sup> /g)
Pan con 100% quinua (Prueba 1: Q10M0)	m <sub>1</sub>	68.712	9.30	7.3884	14.7478
	m <sub>2</sub>	83.027	6.62	12.5418	
	m <sub>3</sub>	143.150	7.27	19.6905	
	m <sub>4</sub>	108.794	8.68	12.5339	
	m <sub>5</sub>	114.512	6.64	17.2458	
	m <sub>6</sub>	148.876	7.80	19.0867	
Pan con 60% quinua roja perlada y 40% harina de maiz (Prueba 2: Q60M40)	m <sub>1</sub>	60.123	5.77	10.4199	13.7303
	m <sub>2</sub>	91.616	6.39	14.3374	
	m <sub>3</sub>	85.890	7.00	12.2700	
	m <sub>4</sub>	57.260	5.15	11.1184	
	m <sub>5</sub>	114.52	6.70	17.0925	
	m <sub>6</sub>	143.15	8.35	17.1437	
Pan con 40% quinua roja perlada y 60% harina de maiz. (Prueba 3: Q40M60)	m <sub>1</sub>	61.266	5.70	10.7484	14.3786
	m <sub>2</sub>	94.479	6.32	14.9492	
	m <sub>3</sub>	86.463	6.88	12.5673	
	m <sub>4</sub>	62.986	5.15	12.2303	
	m <sub>5</sub>	120.246	6.70	17.9472	
	m <sub>6</sub>	148.876	8.35	17.8295	
Pan con harina de maiz 100% (Prueba 4:Q0M10)	m <sub>1</sub>	80.164	7.00	11.4520	13.6239
	m <sub>2</sub>	62.986	6.14	10.2583	
	m <sub>3</sub>	74.438	4.67	15.9396	
	m <sub>4</sub>	80.164	5.61	14.2895	
	m <sub>5</sub>	68.712	5.39	12.7481	
	m <sub>6</sub>	80.164	4.7	17.0562	
Pan Ciabatta	m <sub>1</sub>	200.410	4.15	48.2916	54.9103
	m <sub>2</sub>	206.136	3.23	63.8192	
	m <sub>3</sub>	177.506	3.40	52.2076	
	m <sub>4</sub>	200.410	4.98	40.2430	
	m <sub>5</sub>	229.040	3.56	64.3371	
	m <sub>6</sub>	251.944	4.16	60.5635	

Fuente: Elaboración propia

Los valores de actividad de agua (Aw) del pan con quinua roja perlada, harina de maiz y pan Ciabatta se obtuvieron con el equipo para medir la actividad de agua (Aw) NOVASINA modelo LABSwift-aw, en el laboratorio del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao.



Tabla 8

Valores de Actividad de Agua de pan elaborado con quinua roja perlada, harina de maíz y pan Ciabatta

Producto	muestras	Actividad de agua (Aw)	Actividad de agua promedio
Pan con 100% quinua (Prueba 1: Q10M0)	m <sub>1</sub>	0.970	0.9713
	m <sub>2</sub>	0.972	
	m <sub>3</sub>	0.970	
	m <sub>4</sub>	0.973	
	m <sub>5</sub>	0.971	
	m <sub>6</sub>	0.972	
Pan con 60% quinua roja perlada y 40% harina de maíz (Prueba 2: Q60M40)	m <sub>1</sub>	0.971	0.9698
	m <sub>2</sub>	0.971	
	m <sub>3</sub>	0.968	
	m <sub>4</sub>	0.972	
	m <sub>5</sub>	0.970	
	m <sub>6</sub>	0.967	
Pan con 40% quinua roja perlada y 60% harina de maíz. (Prueba 3: Q40M60)	m <sub>1</sub>	0.968	0.9685
	m <sub>2</sub>	0.969	
	m <sub>3</sub>	0.969	
	m <sub>4</sub>	0.969	
	m <sub>5</sub>	0.968	
	m <sub>6</sub>	0.968	
Pan con harina de maíz 100% (Prueba 4: Q0M10)	m <sub>1</sub>	0.971	0.9700
	m <sub>2</sub>	0.972	
	m <sub>3</sub>	0.970	
	m <sub>4</sub>	0.971	
	m <sub>5</sub>	0.967	
	m <sub>6</sub>	0.969	
Pan Ciabatta	m <sub>1</sub>	0.834	0.8285
	m <sub>2</sub>	0.839	
	m <sub>3</sub>	0.835	
	m <sub>4</sub>	0.818	
	m <sub>5</sub>	0.820	
	m <sub>6</sub>	0.825	

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5 De la Humedad del pan con quinua roja perlada, harina de maíz y con harina de trigo

El contenido de agua de un alimento tiene una relación con la actividad de agua de este; por ello, en la tabla 9 se presentan los valores de humedad de los panes elaborados con quinua roja perlada, harina de maíz, y del pan Ciabatta que se comercializa localmente.



El porcentaje de humedad de los panes motivo del presente estudio se obtuvieron con la balanza de humedad marca AND modelo MX - 50, del laboratorio de análisis químico del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao.

Tabla 9  
*Valores de humedad del pan elaborado con quinua roja perlada  
 harina de maiz y pan Ciabatta*

Producto	muestras	Humedad (%)	Humedad promedio (%)
Pan con 100% quinua (Prueba 1: Q10M0)	m <sub>1</sub>	49.40	48.62
	m <sub>2</sub>	47.42	
	m <sub>3</sub>	49.05	
Pan con 60% quinua roja perlada y 40% harina de maiz (Prueba 2: Q60M40)	m <sub>1</sub>	47.07	44.78
	m <sub>2</sub>	47.23	
	m <sub>3</sub>	40.05	
Pan con 40% quinua roja perlada y 60% harina de maiz(Prueba 3: Q40M60)	m <sub>1</sub>	46.31	47.00
	m <sub>2</sub>	47.96	
	m <sub>3</sub>	46.73	
Pan con harina de maiz 100% (Prueba 4:Q0M10)	m <sub>1</sub>	52.7	51.10
	m <sub>2</sub>	50.9	
	m <sub>3</sub>	49.7	
Pan Ciabatta	m <sub>1</sub>	14.76	14.41
	m <sub>2</sub>	14.33	
	m <sub>3</sub>	14.13	

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.6 Del análisis químico proximal del pan con quinua y maíz

En la tabla 10 se muestra la composición porcentual del pan elaborado con quinua roja perlada, harina de maíz, cuyo análisis, que incluyen la determinación de gluten, fueron realizados por el laboratorio Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. (SAT SAC). La composición del pan Ciabatta se obtuvo de las **tablas** peruanas de composición de alimentos (Reyes García M., 2017).



Tabla 10  
Análisis químico proximal del pan con quinua roja perlada y harina de maíz.

Ensayo	(g/100g)			
	Pan (Q10M0)	Pan (Q60M40)	Pan (Q0M10)	Pan Ciabatta (*)
Proteína (N x 6.25)	8,99	12,41	14,55	9,20
Grasa	7,29	11,13	12,84	3,50
Humedad	42,53	48,31	55,52	32,1
Ceniza	2,98	2,63	2,81	1,70
Carbohidratos	38,21	25,52	14,28	55,0
Acidez titulable	0,10	0,25 – 0,27	0,52 – 0,56	2,50
Gluten	< 10 mg/kg	< 10 mg/Kg	< 10 mg/kg	-----
Actividad de agua	0,9713	0,97,00	0.9698	0,8285(**)
Energía (Kcal)	254,41	251,89	230,88	288,30

Fuente: Informe de Ensayo N° DT-00101-01, 02 y 03 - 2023

(\*) Tablas peruanas de composición de alimentos. MINSA (2017)

(\*\*) Laboratorio IIEA de la UNAC.

### 5.1.7 De las formulaciones desarrolladas en la elaboración de los panes con quinua roja perlada y harina de maíz.

En la tabla 11 se presenta la formulación base desarrollada con las tres variedades de quinua perlada: quinua negra, quinua roja y quinua blanca.

Tabla 11  
Formula base de pan celiaco con quinua

Ingredientes	Peso	
	(gr)	(%)
Maizena	0.500	26.46
Quinua perlada	0.300	15.87
Goma Xantán	0.010	0.53
Miel	0.025	1.32
Sal	0.020	1.06
Levadura	0.035	1.85
leche	1.000	52.91
<b>Total</b>	<b>1.890</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los panes elaborados se muestran en los anexos E y F.

En la tabla 12, se presentan las pruebas experimentales desarrolladas con quinua blanca perlada y harina de maiz en diferentes proporciones, y utilizando como hidrocoloides -que sustituyan la función de realiza el gluten de la harina de trigo- al Carboxil Metil Celulosa (CMC) y a la goma xantán (Xantana).

Los resultados obtenidos se presentan en los anexos G y H del presente informe.

Así mismo, en el anexo I se observa un corte transversal del pan terminado elaborado con quinua blanca.

Tabla 12  
*Pruebas experimentales 1 de pan celiaco con quinua roja perlada y harina de maíz*

Componente	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g
Quinua	2.5	10.0	7.5	30.0	10.0	40.0	12.0	48.0	15.0	60.0
H. Maíz	2.5	10.0	2.5	10.0	5.0	20.0	8.0	32.0	10.0	40.0
Maicena	95.0	380.0	90.0	360.0	85.0	340.0	80.0	320.0	75.0	300.0
<b>Total Harina</b>	<b>100.0</b>	<b>400</b>								
Levadura	1.0	4.00	1.0	4.00	1.0	4.00	1.0	4.00	1.0	4.00
Polvo de hornear	2.0	8.00	2.0	8.00	2.0	8.00	2.0	8.00	2.0	8.00
CMC	1.0	4.00	1.0	4.00	1.0	4.00	1.0	4.00	1.0	4.00
Sal	0.5	2.00	0.5	2.00	0.5	2.00	0.5	2.00	0.5	2.00
Azúcar	10.0	40.00	10.0	40.00	10.0	40.00	10.0	40.00	10.0	40.00
Aceite	10.0	40.00	10.0	40.00	10.0	40.00	10.0	40.00	10.0	40.00
Agua	51.36	205.4	54.09	216.35	55.45	221.80	56.54	226.16	58.18	232.70
Goma Xantán	2.0	8.00	2.0	8.00	2.0	8.00	2.0	8.00	2.0	8.00

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 13, se muestran las pruebas experimentales de pan celiaco elaboradas con quinua roja perlada y harina de maíz en las que se trabajó con un hidrocoloide diferente: El Psyllium y se adicionó leche con la finalidad de mejorar el color y por ende su presentación organoléptica. Los resultados de los panes obtenidos con las indicadas formulaciones e hidrocoloide se muestran en el anexo J.

Tabla 13  
Pruebas experimentales 2 de pan celiaco con quinua roja perlada y harina de maíz

Componente	Prueba 1: Q15M10Mz75		Prueba 2: Q25M0Mz75		Prueba 3: Q0M25Mz75	
	%	g	%	g	%	g
Quinua	15,0	60.0	25.0	100.0	0.0	00.0
H. Maíz	10,0	40.0	0.0	00.0	25.0	100.0
Maicena	75.0	300.0	75.0	300.0	75.0	300.0
<b>Total Harina</b>	<b>100.0</b>	<b>400</b>	<b>100.0</b>	<b>400</b>	<b>100.0</b>	<b>400</b>
Levadura	2.0	8.00	2.0	8.00	2.0	8.00
Polvo de hornear	3.0	12.00	3.0	12.00	3.0	12.00
Sal	1.0	4.00	1.0	4.00	1.0	4.00
Azúcar	10,0	40,00	10,0	40,00	10,0	40,00
Aceite	10.0	40.00	10.0	40.00	10.0	40.00
Psyllium	3.0	12,00	3.0	12.00	3.0	12.00
Leche	10.0	103.20	10.0	103.20	10.0	103.20
Huevo	30,0	309.60	30,0	309.60	30,0	309.60
Agua	60.0	619.20	60.0	619.20	60.0	619.20

Fuente: Elaboración propia

Q15M10Mz75: Quinua 15%, Maiz 10% y Maicena 75%; Q25M0Mz75: Quinua 15%, Maiz 0% y Maicena 75%; y Q0M25Mz75: Quinua 0%, Maiz 25% y Maicena 75%.

Las pruebas indicadas, mostraron de manera comparativa la diferencia en la coloración como atributo de la masa, cuando se le adicionó de leche y cuando no se adicionó dicho ingrediente, lo cual se puede visualizar en los anexos K y L, antes de horneado y en el anexo J se observan las mismas muestras anteriores pero después de horneado.



Al realizar un corte transversal a los moldes de pan elaborado, se observa la presentación que tienen los panes en el anexo M.

Para concluir esta etapa del estudio se diseñó y elaboró un pan con una total sustitución de la harina de trigo, sin utilizar como vehículo de gelificación a la maicena.

Se utilizó el hidrocoloide Psyllium en sustitución del CMC y la goma Xantana, con el cual se había obtenido buenos resultados para retener los gases de fermentación en la masa panadera pero sin eliminar la maicena.

Por lo indicado, se diseñaron nuevas formulaciones en las que se utilizaran únicamente quinua roja perlada y harina de trigo. Las formulaciones utilizadas se muestran en la tabla 14 y en el anexo N se observan los panes elaborados.

Tabla 14  
*Pruebas experimentales de pan celiaco con utilización total de quinua roja perlada y harina de maíz, sin maicena y con Psyllium*

Componente	Prueba 1: Q10M0		Prueba 2: Q60M40		Prueba 3: Q40M60		Prueba 4: Q0M10	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Quinua	100,0	300,0	60,0	180,0	40,0	120,0	0,0	00,0
H. Maíz	00,0	00,0	40,0	120,0	60,0	180,0	100,0	300,0
Total harina	100,0	300,0	100,0	300,0	100,0	300,0	100,0	300,0
Levadura	2,0	6,00	2,0	6,00	2,0	6,00	2,0	6,00
Polvo de hornear	3,0	9,00	3,0	9,00	3,0	9,00	3,0	9,00
Sal	1,5	4,50	1,5	4,50	1,5	4,50	1,5	4,50
Azúcar	10,0	30,00	10,0	30,00	10,0	30,00	10,0	30,00
Aceite	10,0	30,00	10,0	30,00	10,0	30,00	10,0	30,00
Psyllium	3,0	9,00	3,0	9,00	3,0	9,00	3,0	9,00
Leche	10,0	30,00	10,0	30,00	10,0	30,00	10,0	30,00
Huevo	30,0	90,00	30,0	90,00	30,0	90,00	30,0	90,00
Agua	95,0	285,00	161,7	485,10	161,7	485,10	211,7	635,10

Fuente: Elaboración propia

Q10M0: Quinua 100% y maíz 0%; Q60M40: Quinua 60% y maíz 40%; Q40,60: Quinua 40% y maíz 60%; y Q0M10: Quinua 0% y maíz 100%.





## 5.2 Resultados inferenciales

### 5.2.1 De los niveles de absorción de agua por la quinua roja perlada

De los valores de la tabla 14, se observa que la masa panadera con el 100% de quinua roja perlada, sin adición de harina de maiz ni maicena (prueba 1: Q10M0) absorbió 95% partes de agua con respecto al total de quinua y maiz utilizados. Para las masas panaderas con el 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz (prueba 2: Q60M40); así como para la masa con el 40% de quinua y 60% de harina de maíz (prueba 3: Q40M60), la cantidad de agua adicionada fue del 161,7 % respecto del total de ambos productos.

Cuando se realizaron pruebas de absorción de agua, solo por la quinua roja perlada sin otro ingrediente adicional, se observó que el porcentaje de agua absorbida fue del 54,0 % al 55,0% siendo los valores más bajos de 54,4% y el más alto de 54,8%, tal como se observa en la data de tabla 4.

Con la data experimental se construyó la gráfica de correlación entre ambas variables calculándose la ecuación de correlación:  $y = 0,05437x + 0,0572$ .

### 5.2.2 De los niveles de absorción de agua por parte de la harina de maiz

En la tabla 14, se observa que en la elaboración de la masa panadera con el 100% de harina de maiz, sin adición de quinua roja perlada ni maicena (prueba 4: Q0M10), la cantidad de agua que se adicionó fue del 211,7% respecto al total de la harina utilizada.

De las pruebas realizadas por Pino Gutiérrez, J (2011), se puede observar que los niveles de agua que absorbe la masa panadera -con diferentes niveles de sustitución de la harina de trigo por harina de maíz amiláceo- disminuye a medida que se incrementa los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de maiz, tal como se observa en la tabla 6. La ecuación de correlación obtenida fue:  $y = -0,8x + 389$ .

La diferencia entre los dos tratamientos indicados se puede deber a que en la masa panadera del pan para celíacos, indicado en la tabla 14 se utilizó como hidrocoloide al Psyllium que tiene una gran capacidad de absorción de agua.



### **5.2.3 De los volúmenes del pan con quinua roja perlada, harina de maíz y con harina de trigo**

Las muestras de pan elaboradas fueron evaluadas respecto al volumen de estas por el método de “desplazamiento de semillas” de la American Association of Cereal Chemistry (AACC. Método 10.05-01); sin embargo, una evaluación volumétrica del pan no constituye una variable de respuesta apropiada pues el volumen depende de diversos factores, entre los cuales se mencionan: el contenido de agua, el agua que retiene la masa o sus ingredientes, peso etc.

Por lo indicado, se evaluó el volumen específico de las muestras utilizando el modelo matemático Volumen-Masa de Streer, cuyos valores se indican en la tabla 7 y en donde se visualiza que el volumen específico ( $V_e$ ) del pan Ciabatta -elaborado íntegramente con harina de trigo- es 3,72; 3,90; 3,82; y 4,03 mayor que el volumen específico ( $V_e$ ) de los panes de las pruebas: Q10M0, Q60M40, Q40M60 y Q0M10, respectivamente.

Es decir, los panes con quinua roja perlada y harina de maiz son más densos, compactos o pesados que la del pan Ciabatta, pues tienen una humedad en promedio 3,32 veces mayor que el pan tradicional de trigo.

### **5.2.4 De la Actividad de agua del pan con quinua roja perlada, harina de maíz y con harina de trigo**

La tabla 8 muestra los valores de actividad de agua ( $A_w$ ) de las muestras de pan elaborado con quinua roja perlada y harina de maiz tienen mayor disponibilidad de agua que el pan Ciabatta, observándose que las muestras: Q10M0, Q60M40, Q40M60 y Q0M10 tienen una  $A_w$  de 0.9733, 0.9698, 0.9685 y 0.9700, respectivamente, valores que superan en 17% a la actividad de agua del pan Ciabatta.

Lo indicado es concordante con sus correspondientes volúmenes específicos, pues la masa se encuentra más compacta y por ende ha desarrollado un menor volumen cuyos valores se observan en la tabla 7.

Así mismo, lo indicado es coherente con los valores de humedad que reportan en las muestras: Q10M0, Q60M40, Q40M60 y Q0M10 cuyos valores se observan en la tabla 9.



### **5.2.5 De la Humedad del pan con quinua roja perlada, harina de maíz y con harina de trigo**

La humedad de los panes elaborados con quinua roja perlada y harina de maiz -con las pruebas Q10M0, Q60M40, Q40M60 y Q0M10 de la tabla 14- cuyos valores se observan en la tabla 9, es de 3,0 a 3,5 veces mayor que la del pan Ciabatta. Lo indicado, es el resultado de la mayor capacidad de absorción de agua de las masas panaderas indicadas en comparación con la masa de trigo utilizada para elaborar el pan tradicional: Ciabatta.

### **5.2.6 De las Características fisicoquímicas del pan para celíacos, elaborado con quinua roja perlada y harina de maiz.**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados por los laboratorios Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. (SAT S.A.C.) -que se presentan en los anexos V, W y X- a las muestras: Q10M0, Q60M40 y Q0M10 (codificados como MAQUI 010, MAQUI 046 y MAQUI 100, respectivamente) indican que:

- a. El contenido porcentual de proteína fue de 8,99; 12,41 y 14,55 g/100g, observándose un incremento en proporción directa con el porcentaje de harina de maiz adicionado. Los resultados indican que el contenido proteico fue igual o mayor que el contenido de proteína del pan Ciabatta reportado en la tabla de composición de alimentos del MINSA 2017 (Reyes García, Gómez-Sánchez Prieto, & Espinoza Barrientos, 2017).
  
- b. El contenido de grasa fue de 7,29 g/100g, en la muestra de pan Q10M0 y de 11,13 y 12,84 g/100 g para las muestras de pan Q60M40 y Q0M10. Es decir, el contenido de grasa aumento a medida que se incrementó el porcentaje de harina de maiz adicionada.  
En todos los casos, el contenido de grasa de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz elaborados fue mayor que el contenido graso del pan Ciabatta reportado en la tabla de composición de alimentos del MINSA 2017. Los valores indicados se pueden observar en la tabla 10.



- c. La humedad observada en los panes elaborados con total sustitución de la harina de trigo por quinua roja perlada y por harina de maíz o por una mezcla del 60 % y 40% de ellos fue superior en 10 a 13 unidades respecto a la humedad del pan Ciabatta reportado por el MINSA en la tabla de composición de alimentos del 2017.
- d. La acidez titulable de los panes elaborados con quinua roja perlada y maíz fue de 0,10; 0,25 – 0,27 y 0,52 – 0,56 g/100g (expresada como ácido sulfúrico en base a una humedad del 30 al 35%); es decir, fue de 25, 10 y 5 veces menor que la acidez del pan Ciabatta reportado por el MINSA en la tabla de composición de alimentos del 2017.
- e. El contenido de gluten de las muestras de pan elaborado con quinua roja perlada y harina de maíz fue < 10,0 mg/Kg; lo cual cumple con las exigencias establecidas por el Codex Alimentarius en el 2008 y por las exigencias de la Unión Europea en el 2012, que acepta lo normado por el CODEX STAN 118/1979 de un máximo de 20 ppm.
- f. La energía observada en los panes elaborados con quinua roja perlada y harina de maíz fue ligeramente menor que la proporcionada por el pan Ciabatta, la cual proviene de las proteínas y de las grasas; a diferencia que en el pan Ciabatta proviene de los carbohidratos.

### **5.2.7 De las formulaciones desarrolladas en la elaboración de los panes con quinua roja perlada y harina de maíz.**

En el anexo O, se presenta a la masa de pan para celíacos con quinua roja perlada y harina de maíz que sustituye a la harina de trigo. La masa fue elástica, un poco más pegajosa que la masa tradicional, pero se puede trabajar tanto en máquina como en mesa para darle la forma de presentación final del producto.

- a. Las formulaciones iniciales -indicadas en la tabla 11- se desarrollaron con la finalidad de obtener una “masa base” de pan celíaco utilizando quinua perlada como sustituto de la harina de trigo, y observar el comportamiento de la masa panadera utilizando goma Xantán como agente que proporcione la viscosidad y elasticidad que coadyuve a su capacidad de retención de los gases de fermentación que cumple el gluten.



Se sustituyó la harina de trigo con el 15,87% de quinua perlada y 26,46% de maicena. Se utilizaron tres variedades de quinua: roja, negra y blanca; siendo la primera de ellas la que mejores resultados obtuvo, tal como se observa en los anexos D, E y F, respectivamente. La capacidad de absorción de agua subjetiva promedio, entre la quinua negra, roja y blanca, fue entre 50% y 55% de agua adicional.

- b. Teniendo como base la masa formulada, se desarrollaron cinco (05) pruebas -cuyas formulaciones se indican en la tabla 12- en la que del total de la harina utilizada se modificó la participación de la maicena con porcentajes del 95%, 90%, 85%, 80% y 75%. El saldo de dichos porcentajes fue completo con una proporción de quinua blanca perlada: harina de maiz, cuyas relaciones fueron de: 2,5%:2,5%; 7,5%:2,5%; 10,0%:5,0%; 12,0%:8,0% y 15,0%:10,0%, respectivamente. El producto final obtenido se observa en los anexos G y H.

El pan celiaco obtenido fue demasiado pálido, con una corteza muy seca y quebradiza, aunque la esponja de la masa -que se observa en la figura 12 del anexo I- fue aceptable.

- c. Con las pruebas indicadas, en el literal anterior, la formulación de la prueba 5 proporcionó los mejores resultados y sirvió de base para diseñar las subsiguientes muestras que se indican en la tabla 13. Del total de la harina utilizada en la elaboración del pan celiaco el 75,0% fue de maicena y el complemento del 25% estuvo conformado por la quinua roja perlada y harina de maiz. En la indicada mezcla, la proporción de participación de quinua roja perlada: harina de maiz fue de: 60%:40%; 100%;0% y 0%:100% (para las pruebas 1, 2 y 3 respectivamente de la tabla 13). Los hidrocoloides CMC y goma Xantán fueron sustituidos por el Psyllium; así mismo, se adicionó leche y huevo con la finalidad de coadyuvar en la mejora del color y emulsificación de la masa.

Los resultados del pan elaborado se pueden observar en los anexos J, K, y L.



El desarrollo de la masa fue similar a las masas de pan elaborados con harina de trigo tal como se observa en el corte transversal de las unidades de pan elaborado indicado en el anexo M.

Con los avances indicados, se pretendió elaborar el pan para celíacos con la participación única de quinua roja perlada y /o harina de maiz, pero sin adicionarle maicena. Para ello se desarrollaron las formulaciones indicadas en la tabla 14: Q10M0, Q60M40, Q40M60 y Q0M10 con proporciones de quinua roja perlada: Harina de maiz de 100%:0%; 60%:40%; 40%:60%, y 0%:100%, respectivamente. Como resultado de ellas se obtuvo los productos que se observan en el anexo N.

El pan elaborado íntegramente con harina de maiz tiene un buen desarrollo y viscosidad durante su trabajo en máquina -tal como se observa en la figura del anexo O; sin embargo, el pan presenta una esponja débil que se visualiza cuando se observa el corte transversal (rebanadas) del pan -en la figura del anexo P- en cuya parte superior existe un vacío que no fue llenado con la masa debido a esta se precipitó al fondo del molde.

### 5.2.8 De la evaluación de las hipótesis del estudio

a. De la capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS) la masa panadera tradicional con trigo y la masa elaborada con sustitución de quinua roja granulada y harina de maiz se obtuvieron los siguientes resultados:

**i. Entre masa panadera base con harina de trigo, ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y la masa con 100% de quinua roja perlada, ( $\bar{X}_{Q100\%}$ ):**

$$H_0: \bar{X}_{t100\%} = \bar{X}_{Q100\%}$$

$$H_a: \bar{X}_{t100\%} < \bar{X}_{Q100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,9129 y el valor  $t_0 = -45,973$  y con el nivel de significancia de 0,05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, la capacidad de absorción de agua subjetiva de la masa con quinua roja perlada es mayor que el agua que absorbe la masa de harina de trigo, con el 5,00% de significancia.



- ii. **Entre masa panadera base con harina de trigo, ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y la masa con 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz, ( $\bar{X}_{Q60\%M40\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q60\%M40\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q60\%M40\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,9238 y el valor  $t_0 = -133,643$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la cantidad de agua absorbida por la masa de harina de trigo ( $t_{100\%}$ ) es menor que el agua que absorbe la masa con el 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz. La mezcla de quinua y maiz absorbe más agua que la harina de trigo, con el 5,00% de significancia.

- iii. **Entre masa panadera base con harina de trigo, ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y la masa con 100% de harina de maiz ( $\bar{X}_{M100\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{M100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{M100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,9469 y el valor  $t_0 = -194,827$ ; con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la cantidad de agua absorbida por la masa de harina de trigo ( $t_{100,0\%}$ ) es menor que la masa con el 100% de sustitución de harina de maiz, con el 5,00% de significancia.

Los valores de la hipótesis para la CAAS entre la masa de harina de trigo, de maiz, quinua roja perlada y mezcla de ambas se encuentran en la tabla del anexo Q.

- b. Del volumen específico del pan Ciabatta elaborado con la masa panadera tradicional con trigo y el pan elaborado en base a masa con sustitución de quinua roja granulada y harina de maiz se obtuvieron los siguientes resultados:

- i. **Entre el volumen específico del pan Ciabatta elaborado con masa panadera de harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y el pan elaborado en base a masa con 100% de quinua roja perlada, ( $\bar{X}_{Q100\%}$ ):**



$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} > X_{Q100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 7,615 y el valor  $t_0 = 9,134$  y con el nivel de significancia de 0,05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, el volumen específico del pan Ciabatta, elaborado íntegramente con harina de trigo (t100%) es mayor que el volumen específico del pan elaborado con el 100% de quinua roja perlada (Q100%).

- ii. **Entre el volumen específico del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo, ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y el pan elaborado en base a masa con 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz, ( $\bar{X}_{Q60\%M40\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q60\%M40\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} > X_{Q60\%M40\%}$$

Se obtuvo la desviación de 7,139 y el valor  $t_0 = 9,990$  y con el nivel de significancia de 0,05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, el volumen específico del pan Ciabatta, elaborado íntegramente con harina de trigo (t100%) es mayor que el volumen específico del pan elaborado con el 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz (Q60%M40%).

- iii. **Entre el volumen específico del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo, ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y el pan elaborado en base a masa con 40% de quinua roja perlada y 60% de harina de maíz ( $\bar{X}_{Q40\%M60\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q40\%M60\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} > X_{Q40\%M60\%}$$

Se obtuvo la desviación de 7,159 y el valor  $t_0 = 9,806$  y con el nivel de significancia de 0,05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, el volumen específico del pan Ciabatta elaborado con de harina de trigo (t100%) es mayor que el volumen específico del pan elaborado con masa con el 40% de quinua roja perlada y 60% de harina de maiz (Q40%M60%).



- iv. **Entre el volumen específico del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo, ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y el pan elaborado en base a masa con 100% de harina de maiz ( $\bar{X}_{M100\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{M100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} > X_{M100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 7,077 y el valor  $t_0 = 10,104$  y con el nivel de significancia de 0,05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, el volumen específico del pan Ciabatta, elaborado íntegramente con harina de trigo (t100%) es mayor que el volumen específico del pan elaborado con el 100% de harina de maiz (M100%).

Los valores de la hipótesis para el volumen específico ( $V_e$ ) entre el pan elaborado con harina de trigo, de maiz, quinua roja perlada y mezcla de ambas se encuentran en la tabla del anexo R.

- c. De la actividad de agua del pan Ciabatta elaborado con masa panadera tradicional de harina de trigo y la actividad de agua del pan elaborado con sustitución de quinua roja granulada y harina de maiz se obtuvieron los siguientes resultados:

- i. **Entre la actividad de agua ( $A_w$ ) del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y la actividad del agua ( $A_w$ ) del pan elaborado la masa con 100% de quinua roja perlada, ( $\bar{X}_{Q100\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,006 y el valor  $t_0 = -39,876$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la actividad de agua del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es menor que la actividad de agua del pan elaborado con el 100% de sustitución de quinua roja perlada (Q100%).



- ii. **Entre la actividad de agua (Aw) del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y la actividad de agua (Aw) del pan elaborado en base a masa con 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz, ( $\bar{X}_{Q60\%M40\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q60\%M40\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q60\%M40\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,006 y el valor  $t_0 = -38,881$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la actividad de agua del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo ( $t_{100\%}$ ) es menor que la actividad de agua del pan elaborado con masa con el 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz ( $Q_{60\%}M_{40\%}$ ).

- iii. **Entre la actividad de agua (Aw) del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y el pan elaborado en base a masa con el 40% de quinua roja perlada y 60% de harina de maíz ( $\bar{X}_{Q40\%M60\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q40\%M60\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q40\%M60\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,006 y el valor  $t_0 = -37,771$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la actividad de agua del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo ( $t_{100\%}$ ) es menor que la actividad de agua del pan elaborado con masa con el 40% de quinua roja perlada y 60% de harina de maiz ( $Q_{40\%}M_{60\%}$ ).

- iv. **Entre la actividad de agua (Aw) del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y la actividad de agua (Aw) del pan elaborado en base a masa con el 100% de harina de maiz ( $\bar{X}_{M100\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{M100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{M100\%}$$



Se obtuvo la desviación de 0,006 y el valor  $t_o = -39,067$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la actividad de agua del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100,0%) es menor que la actividad de agua del pan elaborado con el 100% de harina de maiz (M100%).

Los valores de la hipótesis para la actividad de agua ( $A_w$ ) entre el pan elaborado con harina de trigo, de maiz, quinua roja perlada y mezcla de ambas se encuentran en la tabla del anexo S.

- d. De la humedad del pan Ciabatta elaborado en base a masa panadera tradicional con trigo y la humedad del pan elaborado con masa con sustitución de quinua roja granulada y harina de maiz se obtuvieron los siguientes resultados:

- i. **Entre la humedad del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y la humedad del pan elaborado en base a masa con 100% de quinua roja perlada, ( $\bar{X}_{Q100\%}$ ):**

$$H_o: X_{t100\%} = X_{Q100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,7811 y el valor  $t_o = -53,650$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la humedad del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es menor que la humedad del pan elaborado con el 100% de sustitución de quinua roja perlada (Q100%).

- ii. **Entre la humedad del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y la humedad del pan elaborado en base a masa con 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz, ( $\bar{X}_{Q60\%M40\%}$ ):**

$$H_o: X_{t100\%} = X_{Q60\%M40\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q60\%M40\%}$$

Se obtuvo la desviación de 2,9080 y el valor  $t_o = -12,793$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la humedad del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es menor que la humedad del pan elaborado con masa con el 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz (Q60%M40%).

- iii. **Entre la humedad del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y la humedad del pan elaborado en base a masa con 40% de quinua roja perlada y 60% de harina de maíz ( $\bar{X}_{Q40\%M60\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q40\%M60\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q40\%M60\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,6477 y el valor  $t_0 = -61,634$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la humedad del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es menor que la humedad del pan elaborado con masa con el 40% de quinua roja perlada y 60% de harina de maíz (Q40%M60%).

- iv. **Entre la humedad del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y la humedad del pan elaborado en base a masa con 100% de harina de maíz ( $\bar{X}_{M100\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{M100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{M100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 1,0917 y el valor  $t_0 = -41,165$  y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, la humedad del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es menor que la humedad del pan elaborado con el 100% de harina de maíz (M100%).

Los valores de la hipótesis para la humedad entre el pan de harina de trigo, de maíz, quinua roja perlada y mezcla de ambas se encuentran en la tabla del anexo T.

- e. De la composición química del pan Ciabatta elaborado en base a masa panadera tradicional con trigo y la humedad del pan elaborado con masa con sustitución de quinua roja granulada y harina de maíz se obtuvieron los siguientes resultados:

- i. **Entre el contenido de proteínas del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ) y el contenido de proteínas del pan elaborado en base a masa con 100% de quinua roja perlada, ( $\bar{X}_{Q100\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q100\%}$$



Se obtuvo la desviación de 0,0481 y el valor  $t_{0=}$  3,732 y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_0$ ; es decir, el contenido de proteínas del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es igual que el contenido de proteínas del pan elaborado con el 100% de sustitución de quinua roja perlada (Q100%).

- ii. **Entre el contenido de proteínas del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y el contenido de proteínas del pan elaborado en base a masa con 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz, ( $\bar{X}_{Q60\%M40\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{Q60\%M40\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{Q60\%M40\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,0158 y el valor  $t_{0=}$  -248,644 y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, el contenido de proteínas del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es menor que el contenido de proteínas del pan elaborado con masa con el 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz (Q60%M40%).

- iii. **Entre el contenido de proteínas del pan Ciabatta elaborado con masa panadera con harina de trigo ( $\bar{X}_{t100\%}$ ), y el contenido de proteínas del pan elaborado en base a masa con 100% de harina de maiz ( $\bar{X}_{M100\%}$ ):**

$$H_0: X_{t100\%} = X_{M100\%}$$

$$H_a: X_{t100\%} < X_{M100\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,0178 y el valor  $t_{0=}$  -367,981 y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la  $H_a$ ; es decir, el contenido proteico del pan Ciabatta elaborado con harina de trigo (t100%) es menor que el contenido proteico del pan elaborado con el 100% de harina de maiz (M100%).

Los valores de la hipótesis para el contenido de proteína entre el pan de harina de trigo, de maiz, quinua roja perlada y mezcla de ambas se encuentran en la tabla del anexo U.



## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

a. Sobre la primera hipótesis específica del estudio y considerando que la evaluación del pan para celíacos estudiado se realizó comparativamente con la del pan Ciabatta -elaborado íntegramente con harina de trigo- se obtuvo la siguiente información:

i. De la capacidad de absorción de agua subjetiva.

En la masa panadera elaborada íntegramente con quinua roja perlada como sustituto de la harina de trigo para elaborar panes para celíacos:

- La masa panadera de 100% de quinua y 0% de harina de maiz, absorbió un mínimo de 95,0% de agua respecto a las harinas. Lo cual se debió a la mayor absorción de la quinua roja perlada y del Psyllium.

ii. Del Volumen específico.

Se observó una correlación negativa entre el volumen específico que desarrolló el pan después de su horneado.

- El pan elaborado íntegramente con quinua roja perlada desarrolló un volumen 26,86 % menor que el pan Ciabatta.

Es necesario precisar que durante el proceso de fermentación el volumen desarrollado por el pan fue similar que un pan Ciabatta, el cual se mantuvo durante el proceso de horneado, pero cuando esta operación concluyó la masa perdió fuerza y se formó un bolsón de aire en la parte superior del pan.

iii. De la Actividad de agua.

- La actividad de agua ( $A_w$ ) del pan elaborado con quinua roja perlada observada fue del 0,9713 que representa 1,1723 veces mayor que la del pan Ciabatta.

iv. De la humedad.

- La humedad que se observó en el pan elaborado con quinua roja perlada fue de 48.62%, que es 3,374 veces mayor que la del pan Ciabatta.



- v. De la composición química del pan
- Con respecto al contenido de proteínas se observó que el pan para celíacos elaborado con el 100% de quinua roja perlada tuvo una cantidad de proteínas similar a la del pan Ciabatta.
  - La acidez del pan elaborado con el 100% de quinua roja perlada fue 25 veces menor que la del pan Ciabatta.
  - En cuanto al contenido de grasa el pan elaborado con quinua tuvo 2,1 mayor que el pan Ciabatta.
  - El contenido de carbohidratos del pan con 100% de quinua roja perlada fue 1,4 veces menor que la del pan Ciabatta.
  - La cantidad de ceniza del pan elaborado fue 1,75 veces mayor que la del pan Ciabatta.
  - La energía fue menor en 34,19 Kcal. De los cálculos realizados la energía del pan Ciabatta procede de la mayor cantidad de carbohidratos que tiene, en tanto que en el pan de quinua procede de la proteína y lípidos.

b. Respecto a la segunda hipótesis específica:

i. De la capacidad de absorción de agua subjetiva.

La absorción de agua por la masa panadera elaborada íntegramente con harina de maíz, en sustitución de la harina de trigo:

- Para masa panadera de 100% de harina de maíz y 0% de quinua roja perlada, la masa panadera con maíz absorbió un mínimo de 210,0% de agua respecto a la harina.

ii. Del Volumen específico.

Se observó una correlación negativa entre el volumen específico que desarrolló el pan después de su horneado.

- El pan elaborado íntegramente con harina de maíz desarrolló un volumen 13,62 % menor que el pan Ciabatta.



Es necesario precisar que durante el proceso de fermentación el volumen desarrollado por el pan fue similar que un pan Ciabatta, el cual se mantuvo durante el horneado y se mantuvo al finalizar esta operación; sin embargo, se observó una masa muy húmeda y por ende demasiado pesada para soportar la deformación de los alveolos formados durante la fermentación.

iii. De la Actividad de agua.

- La actividad de agua ( $A_w$ ) del pan elaborado con harina de maiz observada fue del 0,9700 que representa 1,171 veces mayor que la del pan Ciabatta.

iv. De la humedad.

- La humedad que se observó en el pan elaborado solo con harina de maiz fue de 51.10%, que es 3,55 veces mayor que la del pan Ciabatta.

v. De la composición química del pan

- Con respecto al contenido de proteínas se observó que el pan para celíacos elaborado con el 100% de harina de maiz tuvo una cantidad de proteínas 14,55 g/100g muestra que representa el 58.15% más respecto a la del pan Ciabatta.
- La acidez del pan elaborado con el 100% de harina de maiz fue de 4,5 a 4,8 veces menor que la del pan Ciabatta.
- En cuanto al contenido de grasa el pan elaborado con íntegramente con harina de maiz fue de 4,7 mayor que el pan Ciabatta.
- El contenido de carbohidratos del pan con 100% de harina de maiz fue 4,11 veces menor que la del pan Ciabatta.
- La cantidad de ceniza del pan elaborado fue 1,65 veces mayor que la del pan Ciabatta.
- La energía fue menor en 57,62 Kcal, respecto al pan Ciabatta. De los calculos realizados la energía del pan Ciabatta procede de la mayor cantidad de carbohidratos que tiene, en tanto que en el pan de quinua procede de la proteína y lípidos.



c. Sobre la tercera hipótesis específica del estudio y se obtuvo lo siguiente:

i. De la capacidad de absorción de agua subjetiva para una mezcla conformada por quinua roja perlada y harina de maiz, en proporciones de 60%:40% y 40%:60% respectivamente, lo siguiente:

- Las masas panaderas indicadas, absorbieron un mínimo del 160% de agua respecto al total de las harinas.

ii. Del Volumen específico.

Se observó una correlación negativa entre el volumen específico que desarrolló el pan después de su horneado.

- Las masas panaderas, cuyas proporciones se indican líneas arriba, tuvieron un desarrollo de volumen de 4 cuatro veces menor que el pan Ciabatta.

Es necesario precisar que durante el proceso de fermentación el volumen desarrollado por el pan fue similar que un pan Ciabatta, el cual se mantuvo durante el proceso de horneado, pero cuando esta operación concluyó la masa perdió fuerza y se formó un bolsón de aire en la parte superior del pan y la corteza.

iii. De la Actividad de agua.

- La actividad de agua ( $A_w$ ) del pan elaborado con una mezcla de quinua roja perlada y harina de maiz en proporciones del 60%:40% y 40%:60% fue del 0,9698 y 0.9685 que representa el 1,171 y 1,169 veces mayor que el pan Ciabatta.

iv. De la humedad.

- La humedad que se observó en el pan con quinua roja perlada y harina de maiz fue de 44.78% y 47,00%, que represento el 3,10 y 3,26 veces mayor que la del pan Ciabatta.

v. De la composición química del pan

- Con respecto al contenido de proteínas se observó que el pan para celíacos elaborado con el 60% de quinua roja perlada y 40% de harina de maiz fue del 34,89% menor que a la del pan Ciabatta.



- La acidez del pan elaborado con el 60% de quinua roja perlada y 40% maiz fue 10 veces menor que la del pan Ciabatta.
- En cuanto al contenido de grasa el pan elaborado con quinua y maiz tuvo 3,18 mayor que el pan Ciabatta.
- El contenido de carbohidratos del pan con 60:40 de quinua roja perlada: h. maiz fue 2,15 veces menor que la del pan Ciabatta.
- La cantidad de ceniza del pan elaborado fue 1,55 veces mayor que la del pan Ciabatta.
- La energía del pan con quinua y maiz fue menor en 36,6 Kcal. De los calculos realizados la energía del pan Ciabatta procede de la mayor cantidad de carbohidratos que tiene, en tanto que en el pan de quinua procede de la proteína y lípidos.

## **6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares**

- a. Respecto a los niveles de sustitución de harina de maíz y de harina de quinua, estudios de la UNALM, reportado por Pino Gutiérrez, J.J. 2011 y por (Reynoso Z. y Lastarria, 1994) indican que los niveles máximos de sustitución de la harina de maíz y de quinua en la elaboración de panes es del 20%; sin embargo, en el presente trabajo se ha visto que es posible sustituir porcentajes mayores, llegando al 100, especialmente en el caso de la harina de maiz.
- b. En el presente estudio se sustituyó totalmente la harina de trigo por harina de maíz en la elaboración de masas panarias, lo cual supera los límites máximos del 30% reportados por Pino Gutiérrez, J en 2011, indicando que la proteína de la harina de maíz le permite formar una masa más adherente, lo cual; sin embargo, afecta la suavidad de la miga volviéndola más compacta y ocasionando una disminución del volumen del pan durante el proceso de horneado, como consecuencia de una mayor retención de agua. El estudio realizado muestra que la masa con harina de maiz tiene una gran capacidad de absorber agua, llegando a niveles de 210% con una disminución de



4,02 veces el volumen en comparación con el volumen de pan Ciabatta. Sin embargo, es necesario indicar que la gran capacidad de retención de agua puede deberse al Psyllium utilizado con la finalidad de minimizar los efectos del gluten de la harina de trigo, que en el estudio no se utilizó.

- c. La utilización de diversos ingredientes -en la industria de la panificación que no utiliza harina de trigo en su formulación- con el objetivo de minimizar la no utilización de gluten o para sustituirlo parcial o totalmente, se ha convertido en un singular reto tecnológico, pues el gluten es un compuesto proteico que interviene en la formación estructural de la miga de los productos de panificación.

Estudios realizados por diversos autores han propuesto la utilización de diversos insumos, entre ellos; almidones modificados, productos lácteos, hidrocoloides que se complementen con harinas de cereales, tubérculos, granos andinos y otros que no tienen gluten.

El objetivo es que estos ingredientes puedan imitar las propiedades viscoelásticas del gluten en la masa de pan, y por lo tanto resultan en una mejor estructura, sensación en la boca, aceptabilidad y vida útil de estos productos (McCarthy D.F., 2005)

En el presente trabajo, inicialmente se utilizó Carboximetilcelulosa (CMC) y goma Xantán, pero finalmente se utilizó el Psyllium, con resultados bastante halagadores.

- d. Los batidos con hidrocoloides tuvieron mejor consistencia que los batidos sin hidrocoloides, y la utilización de la goma Xantán dio resultados más eficientes (Sciarini L.S, 2013), en nuestro caso, la goma Xantán fue utilizada con buenos resultados; sin embargo, ampliamos el uso de otro hidrocoloide: Psyllium con muy buenos resultados, pero es necesario desarrollar mayores pruebas experimentales con el Psyllium que tiene una gran capacidad de absorción de agua.



- e. Estudios reportados por Sciarini, L.S. 2013, indican que existe una relación directa entre la Velocidad específica del pan y la consistencia del batido, proporcionándole a la miga mayor blandura, lo cual tiene relación con la consistencia de la masa para retener los gases de la fermentación; por lo tanto, el pan presenta una miga con lóbulos grandes. Lo indicado por Sciarini es concordante con los resultados obtenidos en la prueba desarrollada con quinua roja perlada, sola y con maíz, pero teniendo como complemento a la maicena.
- f. A medida que se incrementa el porcentaje de quinua blanca, en la formulación del pan, manteniendo constante el porcentaje de harina de papa, se incrementó la cantidad de agua agregada a la masa, pero el volumen específico disminuyó (Pacheco Alfaro A. , 2016). Lo indicado, es coherente parcialmente con los resultados que se obtuvieron en el presente estudio y se visualizaron en los panes elaborados -con quinua roja perlada, con harina de maiz y con una mezcla de ambos- en los cuales a mayor cantidad de quinua, existe mayor absorción de agua por la masa, se vuelve mas pesada; por ende, el volumen específico del pan se incrementa.
- g. La cualidad principal del pan a base de trigo es el resultado de las propiedades especiales de las proteínas de gluten (gluteninas y gliadinas) las que proveen a la harina una alta capacidad de absorción de agua; cohesividad, viscosidad, elasticidad y capacidad de retención de gas a la masa; y al pan le proporciona el volumen característico y una miga porosa. Lo indicado es extremadamente difícil de imitar. Usualmente los almidones y harinas no tóxicas para enfermos celíacos: maíz, arroz y papa son tomados como base para elaborar productos libres de gluten. Los hidrocoloides actúan como ligantes de agua, mejoran las propiedades reológicas y retrasa la retrogradación del almidón (Wieser H., 2012).

Lo indicado es concordante con nuestro estudio que utilizó harina de maiz y quinua roja perlada, sin adición de maicena y utilizando Psyllium, obtuvo resultados prometedores, que faltan se complementados.



- h. Alvarez-Jubete et al. (2009) indicó que el volumen del pan depende de factores: la viscosidad de la masa, relación amilosa/amilopectina, la presencia de componentes de superficie activa y/o la agregación de proteínas tras el calentamiento. Así mismo, demostró que es posible elaborar panes libres de gluten a partir de una harina no convencional, con alta y buena calidad proteica como es la harina de quinua, constituyendo una excelente alternativa de nutrición para personas celíacas. En base a lo indicado, las pruebas realizadas en el presente estudio -para elaborar un pan para celíacos- utilizó, no harina de quinua sino quinua roja perlada, con buenos resultados.
- i. A diferencia del volumen específico de 1,9 cm<sup>3</sup>/g, del pan para celíacos, utilizando harina de quinua que obtuvo el pan elaborado por Alvarez-Jubete et al. (2009). El volumen específico del pan elaborado con cañihua reportado por Zegarra Samamé (2018) fue de 3.20 a 3.65 cm<sup>3</sup>/g; comparativamente, el pan que se obtuvo en el presente estudio tuvo un volumen específico de 13,75 cm<sup>3</sup>/g, debido a que la masa absorbió mucha agua y bajo desarrolló en volumen.
- j. El contenido de proteína del pan con cañihua y reportado por (Zegarra Samamé, 2018) fue de 11,22 g/100 g, comparándolo con la proteína obtenida en el pan del presente estudio: Q10M0, Q60M40 Y Q0M10 fueron de 8,99; 12,41 y 14,55 respectivamente.  
Así mismo, la acidez que se reportó para el pan con cañihua fue de 0,06 en comparación con la acidez de pan con quinua roja perlada y con harina de maiz que fue de 0,10 a 0,56.
- k. El contenido de humedad del pan con quinua roja perlada y harina de maiz para Q10M0, Q60M40 y Q0M10 fue de 42,53%; 48,31% y 55,52% respectivamente, en comparación a la humedad máxima del 35,0% para panes del que reporta el MINSA en su resolución N° 1020-2010-MINSA.
- l. Renzetti y Arendt (2009) sugieren que una disminución en la consistencia mejora el desarrollo de las masas debido a una menor resistencia a la expansión durante la fermentación (Renzetti, 2009).



- m. Marco y Rosell (2008), por otro lado, sostienen que mayores consistencias conllevan a panes con mayor volumen, ya que un aumento en la viscosidad de la masa o batido aumenta la capacidad de retención del CO<sub>2</sub> formado durante la fermentación (Marco C. & Rosell, 2008)
- n. Los porcentajes de energía proveniente de las proteínas de los panes Q10M0, Q60M40 y Q0M10 fueron de: 14,13%, 19,70 y 25,20 respectivamente; la energía proveniente de las grasas fue: 25,47%; 39,77 y 50,05% y finalmente la energía que proviene de los carbohidratos fueron: 60,07%; 40,53%; 24,74%. De ellas las que proviene solo de la quinua roja perlada cumple con las exigencias de una dieta saludable donde las proteínas aporten al menos el 15% de energía, menos del 35% de grasa y más del 50% de hidratos de carbono (Bueno Lozano, 2019).
- o. Diversos investigadores han evaluado el efecto de diferentes hidrocoloides como agentes aglutinantes y alternativas de gluten en el pan hecho de almidón de maíz de acuerdo a lo reportado por Mohammadi et al en 2015, se han aplicado diferentes métodos, incluido el uso de enzimas, para obtener una red similar al gluten con respecto a la capacidad de retención de gas y el desarrollo de calidad del producto final (Mohammadi, 2015), en nuestro caso utilizamos el Psyllium, que dieron buenos resultados.
- p. Martínez et al (2020), menciona que los granos andinos son semillas comestibles, se conoce como tales debido a que su apariencia física es similar, además son una gran tendencia actual en las dietas humanas ya que son granos sin gluten y cuentan con excelente valor nutricional (Martínez-Villaluenga, 2020), en nuestro caso utilizamos a la quinua, con buenos resultados.

### **6.3 Responsabilidad ética**

El presente estudio se desarrolló en concordancia a los dispositivos legales que existen en la Universidad Nacional del Callao para la realización de proyectos de investigación; así como a lo establecido en el código de ética del docente universitario de la UNAC y cumpliendo lo indicado en el código de Conducta Responsable del Investigador del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC).

El presente trabajo de investigación lo he desarrollado libre y voluntariamente, con los recursos tangibles e intangibles que tenía a mi disposición y que la Universidad Nacional del Callao y la empresa INDEPRO EIRL me facilitó.

La información y datos obtenidos fueron reales, y las pruebas experimentales desarrolladas fueron diseñadas considerando que el (los) producto(s) manipulados y obtenidos se destinan a mejorar la calidad de vida de una población que no puede acceder -a productos similares- con las mismas condiciones que la población normal. Indico; así mismo, que en el desarrollo de las pruebas experimentales no se utilizaron animales. La población celíaca en el Perú se está incrementando año tras año a niveles superiores del 1,5% y es necesario que tengan acceso a productos similares a los que acceden la población normal, por ello es responsabilidad de nuestros países y de instituciones como las universidades, buscar nuevas alternativas para la producción de alimentos en los niveles industrial, semi industrial, artesanal o utilizando las tecnologías que cada población tenga a su disponibilidad y que cubran dicha demanda.

Por ende, es responsabilidad ética de quienes formamos parte de la comunidad académica la de diseñar productos alternativos a los que disponibles en el mercado y de enseñar a elaborarlos a la población.



## CONCLUSIONES

En la actualidad, se pueden encontrar en el mercado diversos panes aptos para celíacos; sin embargo, éstos suelen ser de calidad inferior a los mismos productos a base de trigo, porque poseen una estructura densa y seca, con un volumen bajo y una alta dureza de la miga (Gujral H.S., 2003).

Una de las preguntas que generalmente surge, cuando diseña productos para una población en especial es: ¿Cuál es la formulación óptima para elaborar panes libres de gluten de buena calidad sensorial y tecnológica?. Lamentablemente, la respuesta no es única. Los resultados dependen enormemente de las materias primas utilizadas, de su origen y de su procesamiento (Sciarini L.S, 2013)

En base a los resultados alcanzados a la fecha del presente estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. La capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS) de la quinua roja perlada es del 50%-55% del peso de la quinua.
2. Los valores del volumen específico ( $V_e$ ) en  $\text{cm}^3/\text{g}$  de los panes elaborados con quinua roja perlada y harina de maiz fueron menores que el  $V_e$  del pan Ciabatta, con los valores:
  - a. Q10M0 : 14,75  $\text{cm}^3/\text{g}$ .
  - b. Q60M40 : 13,73  $\text{cm}^3/\text{g}$ .
  - c. Q40M60 : 14,38  $\text{cm}^3/\text{g}$ .
  - d. Q0M10 : 13,63  $\text{cm}^3/\text{g}$ .
  - e. P. Ciabatta : 54,91  $\text{cm}^3/\text{g}$ .
3. Los valores de la actividad de agua ( $A_w$ ) de los panes elaborados con quinua roja perlada y harina de maiz fueron mayores que la  $A_w$  del pan Ciabatta, con los valores:
  - a. Q10M0 : 0,9713
  - b. Q60M40 : 0,9698
  - c. Q40M60 : 0,9685
  - d. Q0M10 : 0,9700
  - e. P. Ciabatta : 0,8285
4. Los valores de Humedad (H) de los panes elaborados con quinua roja perlada y harina de maiz fueron mayores que la humedad del pan Ciabatta, con los valores:

- a. Q10M0 : 48,63 %
- b. Q60M40 : 44,78 %
- c. Q40M60 : 47,00 %
- d. Q0M10 : 51,10 %
- e. P. Ciabatta : 14,41 %

5. Los valores del análisis químico proximal de los panes elaborados con quinua roja perlada y harina de maíz, y del pan Ciabatta, fueron:

Ensayo	(g/100g)			
	Pan (Q10M0)	Pan (Q60M40)	Pan (Q0M10)	Pan Ciabatta
Proteína (N x 6.25)	8,99	12,41	14,55	9,20
Grasa	7,29	11,13	12,84	3,50
Humedad	42,53	48,31	55,52	32,1
Ceniza	2,98	2,63	2,81	1,70
Carbohidratos	38,21	25,52	14,28	55,0
Acidez titulable	0,10	0,25 – 0,27	0,52 – 0,56	2,50
Gluten	< 10 mg/kg	< 10 mg/Kg	< 10 mg/kg	-----
Actividad de agua	0,9713	0,97,00	0.9698	0,8285(**)
Energía (Kcal)	254,41	251,89	230,88	288,30

6. Las formulaciones desarrolladas fueron:

Material	Formulaciones (%)			
	Q10M0	Q60M40	Q40M60	Q0M10
Quinua roja perlada	100,0	60,0	40,0	0,0
Harina de maíz	0,0	40,0	60,0	100,0
Total de harina	100,0	100,0	100,0	100,0
Levadura	2,0	2,0	2,0	2,0
Polvo de hornear	3,0	3,0	3,0	3,0
Sal	1,5	1,5	1,5	1,5
Azúcar	10,0	10,0	10,0	10,0
Aceite	10,0	10,0	10,0	10,0
Psyllium	3,0	3,0	3,0	3,0
Leche	10,0	10,0	10,0	10,0
Huevos	30,0	30,0	30,0	30,0
Agua	95,0	161,70	161,70	485,10

Q: Quinua, M: Maiz, 10=100%, 40=40%, 60=60% y 0=0%

7. La cantidad de agua absorbida por la masa panadera fue:

- a. Q10M0 : 95,00 %
- b. Q60M40 : 161,70 %
- c. Q40M60 : 161,70 %

d. Q0M10 : 485,10 %.



8. La relación de Volumen específico ( $V_e$ ) entre el pan Ciabatta ( $P_c$ ) y Pan elaborado con quinua y harina de maiz fue:
- a.  $P_c: P_{Q10M0} = 1:3,72$
  - b.  $P_c: P_{Q60M40} = 1:3,90$
  - c.  $P_c: P_{Q40M60} = 1 :3,82$
  - d.  $P_c: P_{Q0M10} = 1 :4,03$
9. La actividad de agua ( $A_w$ ) de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz fue en promedio 17% mayor la  $A_w$  del pan Ciabatta.
10. La humedad de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz fue en promedio 3,0-3,5 veces mayor la humedad del pan Ciabatta.
11. El contenido de proteínas de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz fue en promedio igual o mayor el contenido proteico del pan Ciabatta.
12. El contenido graso de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz fue en promedio mayor el contenido graso del pan Ciabatta.
13. La humedad de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz fue en promedio mayor la humedad del pan Ciabatta.
14. La acidez de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz fue en promedio menor que la acidez del pan Ciabatta.
15. Todas las muestras de los panes con quinua roja perlada y harina de maiz tuvieron un contenido de gluten menor a 10 mg/kg de muestra.

## RECOMENDACIONES

1. Para mejorar los resultados del estudio para obtener un pan para celíacos en base a quinua roja perlada y harina de maiz o una mezcla de ambas sería conveniente realizar las siguientes evaluaciones:
  - a. Identificar cual es la capacidad de absorción de agua del hidrocoloide Psyllium utilizado en la formulación, tanto de manera independiente como en mezcla solo con la harina de maiz y con la quinua roja perlada.
  - b. Realizar un estudio complementario, diseñando formulaciones en las que debemos de adicionar un determinado porcentaje de maicena con la finalidad de verificar cuanto de cuerpo se le puede adicionar a la masa panadera que permita llenar el espacio libre superior de la corteza.

- c. Realizar un estudio orientado a reducir la humedad interior de la masa panadera después de su horneado, de manera que el tiempo de vida del pan se incremente, el volumen específico disminuya.
- d. Evaluar el agregado de harinas sucedáneas sin gluten y el porcentaje correctivo en la taza de hidratación para la masa panadera baja en azúcar y grasa.
- e. Evaluar una menor hidratación para la masa panadera, con otro procedimiento de fermentación, para un proceso de elaboración de los panes de manera artesanal o elaborados a mano.
- f. Realizar estudios para evaluar formular panes con el agregado de harinas aromáticas multicereal para contra restar la alta hidratación de la masa panadera y permita la maniobra de formato durante el corte-división de la masa y manipulación de la masa para una correcta fermentación panadera.
- g. Evaluar el control de la humedad del pan con técnicas que utilizan productos pregelatinizados o con la incorporación de mejoradores de masa o enzimas para el mejoramiento de la calidad sensorial y microbiológica.
- h. Estudiar las condiciones y variables de horneado del pan para celíacos enriquecidos pues estas afectan fundamentalmente los factores de aceptabilidad, debido a las condiciones de transferencia de calor en la bóveda de horneado y a las características térmicas del horno.
- i. Realizar estudios de transferencia térmica en los de los diversos tipos de hornos panaderos en los diferentes procesos y ecosistemas de producción, pues los estudios existentes solo miden las variables del proceso en áreas geográficas ubicadas entre los 0 - 500 msnm.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. (1998). *AACC METHOD (10-05.01): Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement*. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
- Alvarez-Jubete, L. A. (2009). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and technology*, 230(3), 437-445. doi:<http://doi.org/10.1007/s00217-009-1184-z>
- Badui Dergel, S. (2006. 4ta. ed.). *Química de los Alimentos*. Mexico d.f.: Perason Education.
- Baldera K., C.-M. D. (2020). Seroprevalencia poblacional de la Enfermedad celiaca en zonas urbanas del Perú. *Perú Med Exp Salud Pública. Universidad Cayetano Heredia*, 63-66.
- Bazán Arribasplata, S. (2019). *Optimización del proceso de elaboración de pan celíaco utilizando harina de arroz, maíz y garbanzo*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Tesis titulación Profesional.
- Belitz H.D., G. W. (2009). *Food Chemistry*. Munich, Alemania: Springer. doi:[10.1007/978-3-540-69934-7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7)
- Belorio M. & Gómez, M. (2020). Psyllium: a useful functional ingredient in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(2), 1-12. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1822276>
- Buendía Medina, M. y. (2016). *Panadería y Pastelería Comercial*. Lima: Macro E.I.R.L.
- Bueno Lozano, M. B. (2019). Pan, cereales integrales y salud. *Boletín de la Sociedad de Pediatría de Aragón, La Rioja y Soria*, 19(2), 49-53.
- Bustamante, M. F.-G. (2017). Evolution of gluten content in cereal-based gluten-free products: An overview from 1998 to 2016. *Nutrients*, 21.
- Callejo, M. (2002). *Industria de cereales y derivados*. Madrid: AMV-Mundi-Prensa.

- Campbell, D. S. (1995). *Diseños Experimentales y Cuasi Experimentales en la Investigación Social*. Buenos Aires, Argentina: Amarrotu, editores. ISBN: 950-518-042-X.
- Cappa, C. B.-á. (2016). Effect of high pressure processing on the baking aptitude of corn starch and rice flour. *LWT*, 20-27.
- Cavain, P. S. (2002). *Fabricación de pan*. Zaragoza, España: Acribia S.S.
- CE. N°41/2009, R. (21 de 01 de 2009). Reglamento de Comunidad Europea. . *Sobre composición y etiquetado de productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten.*, págs. 00003-00005.
- CGA, C. &. (05 de 01 de 2000). *AACC Approved Methods of Analysis. Method 10-05.01 Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement*. Obtenido de <http://methods.aaccnet.org/summaries/10-05-01.aspx>.
- Chapela. (15 de diciembre de 2020). <https://chapela.es/que-es-la-masa-madre/>.
- Codex Alimentarius, O. d. (2008). *CODEX STAN 118-1979*. Codex-FAO-OMS.
- Comercio, E. (02 de abril de 2017). Perú, séptimo consumidor de pan en América Latina [en línea]. *El Comercio*, 2014, págs. <http://elcomercio.pe/economía/peru/peru-septimo-consumidor-pan-americalatina-176595>.
- Craig D., R. G. (2007). Advances in celiac disease. *Curr Opin Gastroenterol [Internet] [Fecha de acceso 12 de febrero 2022]*, 142-148. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/145662582>.
- Cueto Rúa E., y. N. (2002). La enfermedad celíaca. *Nestlé Nutrition*, 5-13.
- Enriquez Mamani, L. y. (2020). *Panes sin gluten: Una revisión*. Juliaca, Perú: Universidad Peruana Unión, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.
- Fasano, A. (2005). Celiac disease in the pediatric population. *Gastroenterology*, 128(4), 68-73.



- Fasano, A. N. (2000). Zonulin, a newly discovered modulator of intestinal permeability and its expression in celiac disease. (I. M. Health, Ed.) *Lancet*, 355(9214), 1518-1519.
- Fassano A. y Catassi, C. (2001). Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: An evolving spectrum. *Gastroenterologia*, 120, 636-651.
- Fassano A., B. I. (2003). Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States. *Archives of Internal Medicine*, 163(3), 286-292. doi:10.1001/archinte.163.3.286
- Flores-Farias, R. M.-B.-M. (2002). Characterization of commercial nintamalized maize flours. *Agrociencia*, 36(5), 557-567.
- Gambus H., S. M. (2007). The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria. Universidad of Cracow.*, 6(3), 61-74.
- Green P. & Cellier, C. (2007). Celiac disease. *Engl J Med*, 357, 1731-1743. doi:10.1056/NEJMra071600
- Green P., S. S. (2001). Characteristics of adult celiac disease in the USA: Results of a National survey. *American Journal Gastroenterology*, 96(1), 126-131. doi:10.1111/j.1572-0241.2001.03462.x
- Green Peter H.R., & C. (2007). Celiac Disease. *N. Engl. Journal Med.*, 1731-1743.
- Gujral H.S., H. M. (2003). Starch hydrolyzing enzymes for retarding the staling for rice bread. *Cereal Chemistry*, 80, 750-754.
- Houben A., H. A. (15 de 6 de 2012). *Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview*. (R. paper, Ed.) Recuperado el 20 de mayo de 2022, de European Food Research and Technology: 10.1007/s00217-012-1720-0
- IEES, I. d. (18 de julio de 2018). <http://www.sni.org.pe/julio-2018-reporte-sectorial-panaderia/>.



- Kaditzky, S., & Vogel, R. (2008). Optimization of exopolysaccharide yields in sourdoughs fermented by lactobacilli. *Europe Food Research Technology*, 291-299.
- Lazaridou A., D. D. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, (79), 1033-1047.
- Madrid, A. &. (2001). *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias* . Madrid: AMV-Mundi-Prensa.
- Marco C. & Rosell, M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten free breads. *European Food Research and Technology*., 227, 1205-1213.
- Martínez, A. (2015). *Valoración de nuevos alimentos/cereales en los pacientes con dieta sin gluten*. Valladolid, España: Tesis de Grado. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid.
- Martinez-Villaluenga, C. P.-L. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- McCarthy D.F., G. E. (2005). Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chemical*, 609-615.
- Mercola.com. (03 de 07 de 2015). *Tome control de su salud*. Obtenido de <http://espanol.mercola.com/boletin-de-salud/como-el-pan-de-harina-blanca-refinada-afecta-su-salud.aspx>
- Mesas, J. &. (2002). El pan y su proceso de elaboración. (S. M. Alimentos, Ed.) *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 307-313.
- Mezaize S., C. S.-B. (2009). Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. *J. Food Science*, 74(3), 140-146.
- Milde L., G. K. (2009). *Pan de fecucla de mandioca con leche. Comportamiento físico al adicionar un emulsificante*. Argentina: Universidad de Misiones.



- Mohammadi, M. A.-H. (2015). Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. *Journal of Industry and Engineering Chemistry.*, 21, 1398-1402. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2014.06.013
- Montgomery, D. C. (2004). *Control Estadístico de Calidad*. México: Limusa WEiley.
- Pacheco Alfaro, A. (2016). *Elaboracion de panes sin gluten utilizando harina de quinua (Chenopodium quinoa wild) y almidón de papa (Solanum tuberosum)*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria de La Molina. Tesis titulación profesional.
- Padalino, L. C. (2016). Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*, 87.
- Pellicer K., H. B. (2014). *Actualización en la legislación de alimentos para celíacos*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Pino Gutierrez, J. (2011). *Caracterización fisicoquímica de la harina de maiz criollo (Zea mays amyloacea) y su aplicación en la elaboración de pan*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín. Facultad Ing. Agroindustrial.
- Polanco A, y. R. (2010). *SEGHNP-AEP, coordinador. Protocolos de gastroenterología, hepatología y nutrición*. Madrid, España.: Ergon. 2da. edición.
- Polanco, I. &. (1995). Enfermedad celíaca. *Pediatría Integral*, 124.
- Pompa, M. G. (2013). Comparative analysis of gluten proteins in three durum wheat cultivars by a proteomic approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11), 2606-2617.
- Renzetti, S. &. (2009). Effect of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: From Textural and rheological properties to biochemistry and microstructure. *Journal of Cereal science*, 50, 22-28.
- Reyes García M., G.-S. P. (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Lima, Perú: Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud.
- Reynoso Z. y Lastarria, H. y. (1994). *Panificación básica*. Lima.: UNALM.
- Rosell C. y Gómez P., M. (2011). Hidrocoloides en panadería. *Re. Molinería y panadería*(1205-1206), 16-24.

- Rosell, C. &. (2006). *Rice. In: Bakery products. Science and Technology* (1era. ed. ed.). (Y. Hui, Ed.) Iowa, USA.: Blackwell Publishing.
- Sabanis D., L. D. (2009). Effecto of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *Food Sci. Technology.*, 1380-1389.
- Sánchez H.D., O. C. (2002). Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. *Journal Food Science*, 416-419.
- Sánchez, H. R., Osella, C., & Torres, R. &. (2008). Elaboración de pan sin gluten con harinas de arroz extrudidas. *Ciencia Tecnología de Alimentos*, 109-116.
- Sciarini L.S, &. P. (Enero-Junio de 2013). Como elaborar panes libres de gluten:Un desafío tecnológico. *Nexo agropecuario*, 1(1), 18-20.
- Sociedad Española de Gastroenterología, H. y. (2004). *Tratamiento en Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica*. Madrid, España: Ergol. 3era. ed.
- Steffolani, M. (2010). *Efecto de las enzimas pentosanasa, glucosa oxidasa y transglutaminasa en productos de panificación*. Buenos Aires. Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Tesis doctoral.
- Tejero, F. (2013).  
<http://www.franciscotejero.com/tecnica/sistemas%20de%20produccion/pan%20sin%20gluten%20para%20celiacos.htm>. *Pan sin gluten para celíacos [sede web]*. (A. T. Panificación, Ed.) Madrid, España.
- Thiele, C., S., G., & Gänzle, M. (2004). Gluten hydrolysis and depolymerization during sourdough fermentation. *Journal Agriculture Food Chemical*, 307-314.
- Toro Rodriguez G., A. V. (2014). Determinación de vida útil en anaquel de pan libre de gluten a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) envasado en polietileno y polipropileno. *Ciencia & Desarrollo. Tacna*, 68-71.



- Unchupaico Zamalloa, M. (2018). *Estudio comparativo entre la papa (Solanum tuberosum) y de la yuca (Manihot esculenta) como alternativas de sustitución de la harina de trigo en la elaboración de panes y pasteles*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Facultad de Agropecuaria y Nutrición. Escuela Profesional de Industria Alimentaria y Nutrición.
- Urbina Padilla J., A. R. (2014). *Elaboración de petit-panes para celíacos y caracterización físicoquímica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Industrias Alimentarias.
- Valencia, F. &. (2006). Caracterización físicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, 13(2)*, 54-60.
- Vargas P. & Hernández, D. (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampi: Propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Revista: Tecnología en marcha*, 37-45.
- Vera Rodríguez, D. (2017). *Elaboración de pan de molde sin gluten embolsado a base de harina de arroz (Oryza saliva) y harina de papa (Solanum tuberosum) y uso de hidrocoloides*. Callao, Lima, Perú: Universidad Nacional del Callao, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos.
- Vijay Kumar T. & Manju Kumari, T. (November de 2014). Recent trends in hidrogels based on psyllium polysaccharide: a review. (Elsevier, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 82(1), 1-15. doi:doi.org/10.1016/j.clepro.2014.06.066
- Wieser H., K. K. (2012). AACC International Society. *Cereal Foods World*, 57(5), 201-248.
- Witczak, M. Z. (2016). Starch and starch derivatives in gluten.free systems- A review. *Journal of Cereal Science.*, 46-57.
- Zegarra Samamé, S. (2018). *Elaboración de un pan apto para celíacos a base de harina de Chenopodium pallidicaule Aelle (cañihua) y evaluación de su aceptabilidad sensorial*. Lima. Perú: Escuela de posgrado Universidad San Ignacio de Loyola. Doctorado en Nutrición.



## ANEXOS

### Anexo A.

#### Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Población
<p><u>Problema general:</u> ¿Es posible elaborar panes para celíacos con harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa willd</i>) y harina de maíz (<i>Zea mays</i>) cuyas características físicas de capacidad de absorción de agua subjetiva, volumen y composición química sean similares a la de los panes con harina de trigo?</p> <p><u>Problemas específicos:</u> a. ¿La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de quinua es similar a las indicadas características del pan elaborado con harina de trigo?  b. ¿La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de maíz es similar a las indicadas características del pan elaborado con harina de trigo?</p>	<p><u>Objetivo general:</u> Elaborar un pan para celíacos con harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa willd</i>) y harina de maíz (<i>Zea mays</i>); y evaluar las características físicas de capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan en comparación con las mismas propiedades de un pan elaborado con harina de trigo.</p> <p><u>Objetivos específicos</u> a. Evaluar comparativamente la capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de quinua con las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo  b. Evaluar comparativamente la capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de maíz con las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.</p>	<p><u>Hipótesis general:</u> El pan para celíacos elaborado con harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa willd</i>) y harina de maíz (<i>Zea mays</i>) presenta características físicas de capacidad de absorción de agua subjetiva, volumen y composición química comparativamente mayores que las del pan elaborado con harina de trigo</p> <p><u>Hipótesis específicas:</u> H<sub>1</sub>: La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con quinua son mayores que las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.  H<sub>2</sub>: La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con harina de maíz son mayores que las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.</p>	<p><u>Tipo:</u> La investigación fue: a.- Aplicada, porque tiene como propósito resolver un problema de naturaleza práctica aplicando sus resultados.</p> <p><u>Método:</u> Experimental.</p>	<p><u>Población:</u> La población de estudio lo constituyó trece mil quinientos gramos (13,500 g) de masa panadera para cada uno de cuatro tratamientos, haciendo un total de 54 kilos.</p> <p><u>Muestra:</u> De cada repetición por tratamiento, se evaluaron 9 panes de 500 gramos cada uno.</p> 

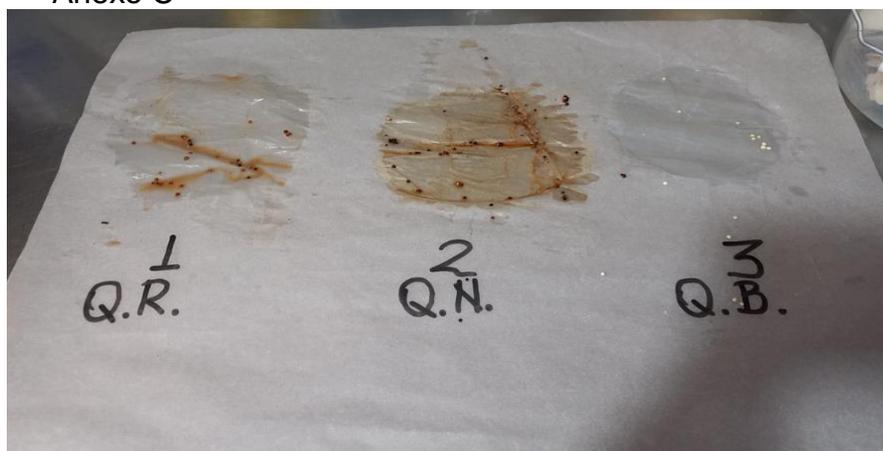
<p>c. ¿La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con una mezcla de harina de quinua y harina de maíz son similares a las características del pan elaborado con harina de trigo?</p>	<p>c. Evaluar comparativamente la capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con la mezcla de harina de maíz y quinua con las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.</p>	<p>H<sub>3</sub>: La capacidad de absorción de agua subjetiva, el volumen y la composición química del pan para celíacos elaborado con la mezcla de harina de maíz y quinua son mayores que las respectivas características del pan elaborado con harina de trigo.</p>		
--	---	--	--	---

Anexo B.



Muestras de quinua hidratadas: roja (1), negra (2) y blanca (3).  
Fuente: Elaboración propia

Anexo C



Muestras de humedad depositada por la quinua: roja (1), negra (2) y blanca (3) hidratadas.

Fuente: Elaboración propia



#### Anexo D.



Masa de las tres variedades de quinua: roja (Q.R.), negra (Q.N.) y blanca (Q.B.) durante el mezclado.  
Fuente: Elaboración propia

#### Anexo E.



Masas con las tres variedades de quinua: roja (Q.R.), negra (Q.N.) y blanca (Q.B.) en moldes antes de horneado.  
Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo F



Rebanadas de pan con las tres variedades de quinua: roja (Q.R.), negra (Q.N.) y blanca (Q.B.).  
Fuente: Elaboración propia

## Anexo G



Muestras de pan elaborado con quinua blanca en cinco diferentes proporciones, con molde.  
Fuente: Elaboración propia

## Anexo H



Muestras de pan elaborado con quinua blanca en cinco diferentes proporciones, sin molde.  
Fuente: Elaboración propia

Anexo I



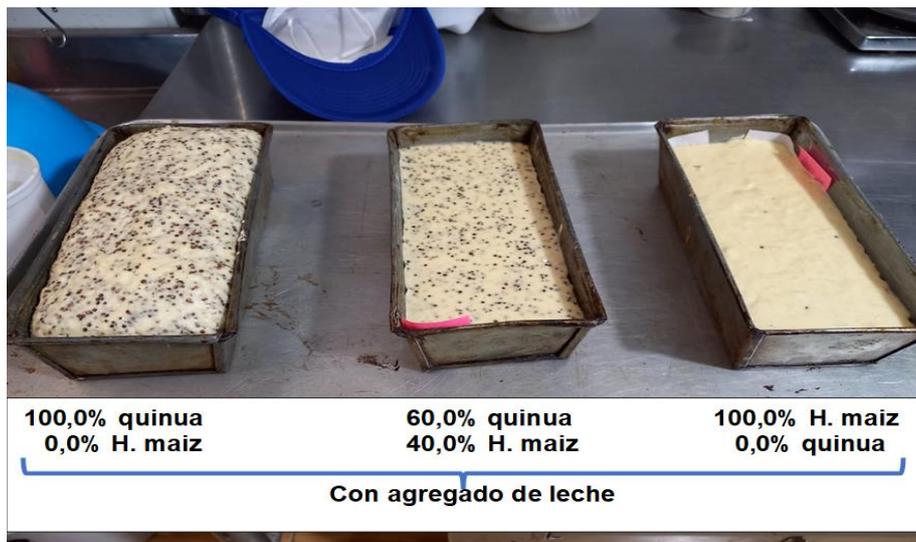
Corte transversal, en rebanada, de pan con quinua blanca.  
Fuente: Elaboración propia.

Anexo J



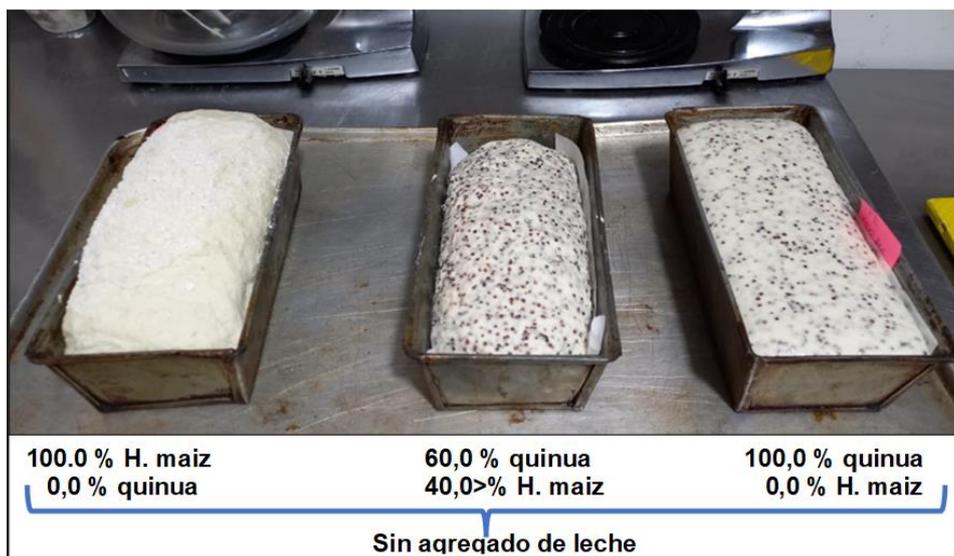
Muestras de pan con quinua roja perlada en tres diferentes proporciones con y sin adición de leche.  
Fuente: Elaboración propia.

## Anexo K



Muestras de pan con quinua roja perlada, con adición de leche, después de fermentado y antes de horneado.  
Fuente: Elaboración propia

## Anexo L



Muestras de pan con quinua roja perlada, sin adición de leche, después de fermentado y antes de horneado.  
Fuente: Elaboración propia.

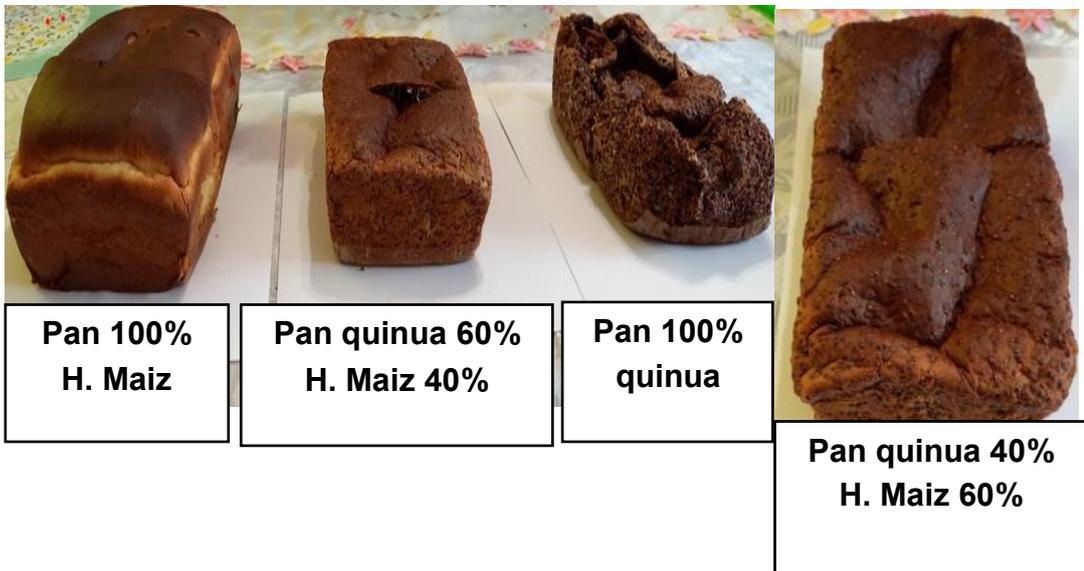
Anexo M



Rebanadas de pan celiaco con adición de leche		
100,0% quinua	60,0% quinua	100,0% H, maiz
0,0% H. maiz	40,0% H. maiz	0,0% quinua

Rebanadas de pan con quinua roja perlada y con harina de maiz.  
Fuente: Elaboración propia

Anexo N



**Pan 100%  
H. Maiz**

**Pan quinua 60%  
H. Maiz 40%**

**Pan 100%  
quinua**

**Pan quinua 40%  
H. Maiz 60%**

Pan con quinua roja perlada y harina de maiz sin maicena.  
Fuente: Elaboración propia

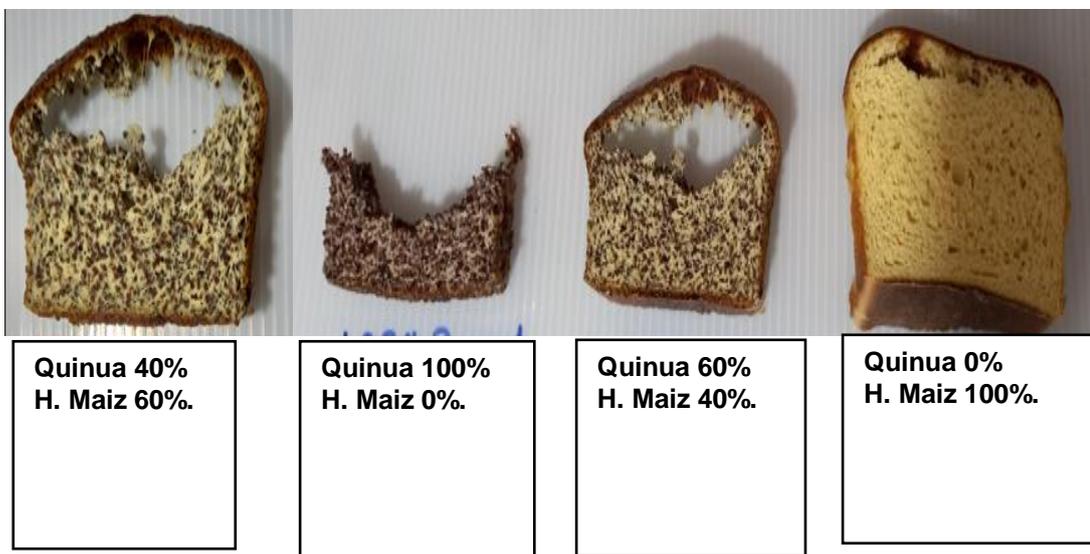
## Anexo O



Masa panadera con quinua roja perlada y harina de maiz sin maicena en amasadora.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo P



Rebanadas de pan celíaco con quinua roja perlada y harina de maiz sin maicena

Fuente: Elaboración propia

## Anexo Q

CAPACIDAD ABSORCION AGUA SUBJETIVA (CAAS)								
CAAS <sub>m</sub> Trigo (1)	CAAS <sub>mq</sub> Q100 (2)	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
62.2	95.0							
60.3	94.8	60.77	95.03	1.2662	0.2517	0.8333	0.9129	-45.973
59.8	95.3							
CAAS <sub>m</sub> Trigo (1)	CAAS <sub>mq</sub> Q60M40 (2)	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
62.2	161.8							
60.3	161.2	60.77	161.57	1.2662	0.3215	0.8533	0.9238	-133.643
59.8	161.7							
CAAS <sub>m</sub> Trigo (1)	CAAS <sub>mq</sub> M100 (2)	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
62.2	211.7							
60.3	211.6	60.77	211.40	1.2662	0.4359	0.8967	0.9469	-194.827
59.8	210.9							

Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva de masa panadera con harina de trigo (h. trigo), con quinua 60%-harina maiz 40% (Q60M40), con quinua roja perlada (Q100) y harina maiz (M100).

## Anexo R

VOLUMEN ESPECÍFICO (Ve)								
Ve Pan Ciabatta	Ve Pan Q100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
48.2916	7.3884							
63.8192	12.5418							
52.2076	19.6905	54.9103	14.7479	9.659	4.763	57.9858	7.615	9.134
40.2430	12.5339							
64.3371	17.2458							
60.5635	19.0867							
Ve Pan Ciabatta	Ve Pan Q60M40	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
48.2916	10.4199							
63.8192	14.3374							
52.2076	12.2700	54.9103	13.7303	9.659	2.941	50.9671	7.139	9.990
40.2430	11.1184							
64.3371	17.0925							
60.5635	17.1437							
Ve Pan Ciabatta	Ve Pan Q40M60	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
48.2916	10.7484							
63.8192	14.9492							
52.2076	12.5673	54.9103	14.3787	9.659	3.035	51.2477	7.159	9.806
40.2430	12.2303							
64.3371	17.9472							
60.5635	17.8295							
Ve Pan Ciabatta	Ve Pan M100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
48.2916	11.4520							
63.8192	10.2583							
52.2076	15.9396	54.9103	13.6240	9.659	2.623	50.0831	7.077	10.104
40.2430	14.2895							
64.3371	12.7481							
60.5635	17.0562							

Volumen específico de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada (Q100) y con harina de maiz (M100) y mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40) y Quinua 40% h. maiz 60%(Q40M60).

Fuente: Elaboración propia

Anexo S

ACTIVIDAD DE AGUA (Aw)								
Aw Pan Ciabatta	Aw Pan Q100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
0.834	0.970							
0.839	0.972							
0.835	0.970	0.8285	0.9713	0.009	0.001	0.0000	0.006	-39.876
0.818	0.973							
0.820	0.971							
0.825	0.972							
Aw Pan Ciabatta	Aw Pan Q60M40	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
0.834	0.971							
0.839	0.971							
0.835	0.968	0.8285	0.9698	0.009	0.002	0.0000	0.006	-38.881
0.818	0.972							
0.820	0.970							
0.825	0.967							
Aw Pan Ciabatta	Aw Pan Q40M60	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
0.834	0.968							
0.839	0.964							
0.835	0.964	0.8285	0.9668	0.009	0.002	0.0000	0.006	-37.771
0.818	0.969							
0.820	0.968							
0.825	0.968							
Aw Pan Ciabatta	Aw Pan PM100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Sp <sup>2</sup>	Sp	t <sub>o</sub>
0.834	0.971							
0.839	0.972							
0.835	0.970	0.8285	0.9700	0.009	0.002	0.0000	0.006	-39.067
0.818	0.971							
0.820	0.967							
0.825	0.969							

Actividad de agua (Aw) de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada (Q100) y con harina de maiz (M100) y mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40) y Quinua 40% h. maiz 60%(Q40M60).

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo T

HUMEDAD (H)								
H Pan Ciabatta	H Pan Q100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$S_1$	$S_2$	$Sp^2$	Sp	$t_o$
14.76	49.40							
14.33	47.42	14.41	48.62	0.3219	1.0567	0.6101	0.7811	-53.650
14.13	49.05							
H Pan Ciabatta	H Pan Q60M40	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$S_1$	$S_2$	$Sp^2$	Sp	$t_o$
14.76	47.07							
14.33	47.23	14.41	44.78	0.3219	4.1000	8.4567	2.9080	-12.793
14.13	40.05							
H Pan Ciabatta	H Pan Q40M60	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$S_1$	$S_2$	$Sp^2$	Sp	$t_o$
14.76	46.31							
14.33	47.96	14.41	47.00	0.3219	0.8575	0.4195	0.6477	-61.634
14.13	46.73							
H Pan Ciabatta	H Pan M100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$S_1$	$S_2$	$Sp^2$	Sp	$t_o$
14.76	52.7							
14.33	50.9	14.41	51.10	0.3219	1.5100	1.1918	1.0917	-41.165
14.13	49.7							

Humedad de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada y con harina de maiz (M100) y mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40) y Quinua 40% h. maiz 60%(Q40M60).

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo U

PROTEINA								
H Pan Ciabatta	H Pan Q100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$S_1$	$S_2$	$Sp^2$	Sp	$t_o$
9.20	8.99							
9.22	9.05	9.20	9.05	0.0200	0.0651	0.0023	0.0481	3.732
9.18	9.12							
H Pan Ciabatta	H Pan Q60M40	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$S_1$	$S_2$	$Sp^2$	Sp	$t_o$
9.20	12.40							
9.22	12.42	9.20	12.41	0.0200	0.0100	0.0003	0.0158	-248.644
9.18	12.41							
H Pan Ciabatta	H Pan M100	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$S_1$	$S_2$	$Sp^2$	Sp	$t_o$
9.20	14.55							
9.22	14.56	9.20	14.55	0.0200	0.0153	0.0003	0.0178	-367.981
9.18	14.53							

Contenido de proteína de pan Ciabatta (trigo) y pan con quinua roja perlada (Q100) y con harina de maiz (M100) mezcla de ambas: Quinua 60% y h. maiz 40%(Q60M40).

Fuente: Elaboración propia

Anexo V



**Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.**

JR. ALBERANTE GUSSE Nº 2588 LIMA - LIMA - LANCE - TELEFONO: 288-6288  
E-mail: satperu@satperu.com ; tecnico@satperu.com www.satperu.com

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-009**



**INFORME DE ENSAYO N° DT-00101-01-2023**

PRODUCTO : Pan de quinua perlada,  
SOLICITADO POR : CACERES PAREDES JOSE RAMON  
DIRECCIÓN : Jr. Marte 357, Urb. Las Brisas - Lima  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-01-08  
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-01-08  
FECHA DE INFORME : 2023-01-18  
SOLICITUD N° : SOT-00080-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Código: MAQLI-010  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto Hornado / Temperatura Ambiente  
PRESENTACIÓN : Bolsa de polipropileno transparente sellada, con sticker.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 800 Gramos.  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIGENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Via / Resultado
Acidez Titulable (g/100g)	0,10 (Expresado en ácido sulfúrico en base al 35% de la humedad) 0,10 (Expresado en ácido sulfúrico en base al 30% de la humedad)
(*) Carbohidratos (g/100g)	38,21
Cenizas (g/100g)	2,98
(*) Determinación de gluten (mg/kg)	< 18; Límite de cuantificación = 18 mg/kg
(*) Energía total (kcal/100g)	254,41
Grasa (g/100g)	7,29
Humedad (g/100g)	42,53
Proteína (Nx6,25) (g/100g)	8,99

(\*) LOS MÉTODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

**MÉTODOS**

- Acidez Titulable : NFP 208.028 (1978) (Revisada 2021) Productos de Panadería. Determinación del porcentaje de acidez titulable
- (\*) Carbohidratos : Por Cálculo
- Cenizas : AOAC 930.388, 21th Ed. (2018) / AOAC 930.03, 21th Ed. (2018); Baked Products / Ash w/Flour
- (\*) Determinación de gluten : AOAC 2013.01, 21th Ed. (2018); Gluten as a Measure of Gluten in Flour and Corn Based Foods. Enzyme Immunoassay Method Based on a Specific Monoclonal Antibody to the Potentially Celiac Toxin Amino Acid Prolamine sequences.
- (\*) Energía total : Por Cálculo
- Grasa : AOAC 930.390, 21th Ed. (2018) / AOAC 930.08, 21th Ed. (2018); Baked products / Fat in Flour with hydrolysis method.
- Humedad : AOAC 930.394, 21th Ed. (2018) / AOAC 930.38, 21th Ed. (2018); Baked products. Solids (total) in moist
- Proteína : AOAC 930.39C, 21th Ed. (2018) / AOAC 990.36, 21th Ed. (2018) / AOAC 990.13A, 21th Ed. (2018); Baked products / Protein in moist / Protein (crude) in animal feed and pet food. Copper catalyzed Kjeldahl Method.

**Notas**  
Contacto: José Cáceres, Correo: jrcaceres@satperu.com

Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS**  
**JEFE DIVISION TECNICA**  
**C.I.P.N° 298**



Firmado digitalmente por:  
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros  
Fecha: 18/01/2023 21:16

Informe de Ensayo N° 00101-01-2023. Análisis químico de pan para celiacos, con 100% quinua roja perlada y 0% harina de maíz.  
Fuente: SAT-SAC.



**Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.**

JK ALIBRANTE QUISPE N° 2880 LIMA - LIMA - LIMA - TELÉFONO 011-4280  
 E-mail: [sapero@satperu.com](mailto:sapero@satperu.com) / [termina@satperu.com](mailto:termina@satperu.com) / [www.satperu.com](http://www.satperu.com)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-009**



**INFORME DE ENSAYO N° DT-00101-02-2023**

PRODUCTO : Pan de maiz  
 SOLICITADO POR : CACSRES PAREDES JOSE RAMON  
 DIRECCIÓN : Jr. Matuc 357 Urb. Las Brisas - Lima  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-01-09  
 FECHA DE ANÁLISIS : 2023-01-09  
 FECHA DE INFORME : 2023-01-19  
 SOLICITUD N° : SDT-00089-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Código: MACLS 100  
 ESTADO / CONDICIÓN : Producto Home made / Temperatura Ambiente  
 PRESENTACIÓN : Bolsa de polipropileno transparente sellada, con stickers  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 750 Gramos  
 CANTIDAD DE MUESTRA ORIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Via / Resultado
Acidez Titulable (g/100g)	0.52 (Expresado en ácido sulfúrico en base al 35% de la humedad) 0.56 (Expresado en ácido sulfúrico en base al 30% de la humedad)
(*) Carbohidratos (g/100g)	14.28
Cenizas (g/100g)	2.81
(*) Determinación de gluten (mg/kg)	< 10: Límite de cuantificación = 10 mg/kg
(*) Energía total (kcal/100g)	220.88
Grasa (g/100g)	13.84
Humedad (g/100g)	55.52
Proteína (N*6.25) g/100g)	14.55

(\*) LOS MÉTODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

**MÉTODOS**

- Acidez Titulable : MTP 200.028 (1978) (Revisada 2007) Procedimiento de Peróxido. Determinación del porcentaje de acidez titulable
- (\*) Carbohidratos : Por Cálculo
- Cenizas : AOAC 930.398, 21st Ed. (2018) / AOAC 930.03, 21st Ed. (2018) Baked Products / Ash of Flour
- (\*) Determinación de gluten : AOAC 2012.07, 21st Ed. (2018). Starch as a Measure of Gluten in Rice and Corn Based Foods. Single Enzyme Immunoassay Method Based on a Specific Monoclonal Antibody to Be Potentially Oat, Tritic, Amaranth, and Sorghum
- (\*) Energía total : Por Cálculo
- Cenizas : AOAC 930.398, 21st Ed. (2018) / AOAC 930.03, 21st Ed. (2018) Baked products / Fat in Flour using hydrolysis method
- Humedad : AOAC 930.398, 21st Ed. (2018) / AOAC 930.38, 21st Ed. (2018) Baked products. Solids (total) in flours
- Proteína : AOAC 930.39C, 21st Ed. (2018) / AOAC 960.36, 21st Ed. (2018) / AOAC 960.13A, 21st Ed. (2018) Baked products / Protein in flours / Protein (total) in animal feed and pet food. Cooper catalyzed Kjeldahl Method

**Notas**

Contacto: José Cáceres, Correo: [josecaceres@satperu.com](mailto:josecaceres@satperu.com)

Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra programada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**QUIM. CLODILE HUAPAYA HERREROS**  
**JEFE DIVISION TÉCNICA**  
 C.G.P. N° 236



Firmado digitalmente por:  
 Quim. María Clotilde Huapaya Herrera  
 Fecha: 19/01/2023 21:16

Informe de Ensayo N° 00101-02-2023. Análisis químico de pan para celíacos, con 100% de harina de maíz y 0% quinua roja perlada.  
 Fuente: SAT-SAC.



**Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.**  
JL SUFRANTE GUANO N° 2589 LIMA - LIMA - LIMA - TELÉFONO: 226-9288  
 E-mail: asesor@satperu.com ; tecnica@satperu.com ; www.satperu.com



**INACAL**  
DA Perú  
 ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
 Registro N° 12-201

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-009**

**INFORME DE ENSAYO N° DT-00101-03-2023**

**PRODUCTO** : Pan de quinua perlada y harina de maíz  
**SOLICITADO POR** : CACERES PAREDES, JOSE RAMON  
**DIRECCION** : Jr. Mate 357, Urb. Las Brisas - Lima  
**FECHA DE RECEPCION** : 2023-01-09  
**FECHA DE ANALISIS** : 2023-01-09  
**FECHA DE INFORME** : 2023-01-19  
**SOLICITUD N°** : 307-00060-2023

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA** : Código INACAL 948  
**ESTADO Y CONDICION** : Producto Homogeneizado / Temperatura Ambiente  
**PRESENTACION** : Bolsa de polipropileno transparente sellada, con sticker  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 600 Gramos  
**CANTIDAD DE MUESTRA ORIENTE** : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Via / Resultado
Acidez Titulable (g/100g)	0.25 (Expresado en ácido sulfúrico en base al 33% de la humedad) 0.27 (Expresado en ácido sulfúrico en base al 30% de la humedad)
(*) Carbohidratos (g/100g)	26.52
Cenizas (g/100g)	2.62
(*) Determinación de gluten (mg/kg)	< 10: Limite de cuantificación = 10 mg/kg
(*) Energía total (kcal/100g)	291.89
Grasa (g/100g)	11.12
Humedad (g/100g)	48.31
Proteína (N*6.25) (g/100g)	12.81

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

**MÉTODOS**

Acidez Titulable	:	MP 206-008 (2019) (Revisada 2021) Productos de Panadería. Determinación del porcentaje de acidez titulable
(*) Carbohidratos	:	Por Cálculo
Cenizas	:	AOAC 901.398, 21st Ed. (2019) / AOAC 823.03, 21st Ed. (2019). Baked Products / Ash of Flour
(*) Determinación de gluten	:	AOAC 2012.01, 21st Ed. (2019) / Gluten as a Measure of Gluten in Rice and Corn Based Foods. Enzyme Immunoassay Method Based on a Specific Monoclonal Antibody to Its Potentially Oligo- Tritic-Amino Acid Polypeptide sequences.
(*) Energía total	:	Por Cálculo
Grasa	:	AOAC 991.382, 21st Ed. (2019) / AOAC 820.06, 21st Ed. (2019) Baked products / Fat in Flour and Hydrolyzed methyl
Humedad	:	AOAC 901.398, 21st Ed. (2019) / AOAC 901.38, 21st Ed. (2019). Baked products. Solids (Total) in Flour
Proteína	:	AOAC 991.382, 21st Ed. (2019) / AOAC 992.36, 21st Ed. (2019) / AOAC 991.13A, 21st Ed. (2019) Baked products / Protein in Flour / Protein (crude) in animal feed and pet food. Casper colorimetric (Kjeldahl) Method.

**Notas**

Centrado: José Cáceres, Correo: [asesor@satperu.com](mailto:asesor@satperu.com)

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra representada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS**  
**JEFE DIVISION TECNICA**



**D.O.P. N° 298**

Firmado digitalmente por:  
 Quim. Clotilde Huapaya Herrera  
 Fecha: 19/01/2023 21:16

Informe de Ensayo N° 00101-03-2023. Análisis químico de pan para celiacos, con 60% quinua roja perlada y 40% harina de maíz.  
 Fuente: SAT-SAC.

**FIRMA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO**



.....  
**Prof. José Ramón Cáceres Paredes**  
**Docente Responsable**

