

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN  
FISICOQUÍMICA DE PAN CON SUSTITUCIÓN  
PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE  
QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) Y KIWICHA  
(*Amaranthus caudatus l.*) GERMINADAS”**

Presentado por:

**JHOMIRA QUINTANA PECEROS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



Presentado por:

**JHOMIRA QUINTANA PECEROS**

**“ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA  
DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE  
TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa  
willd*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.)**

Asesor:

**Ing. Mg. CELIA ROCIO YAURIS SILVERA**

CO-ASESOR:

**Ing. Mg. RONALD PÉREZ SALCEDO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ**

**2020**



## APROBACIÓN DEL ASESOR

Quien suscribe:

Mg. Celia Rocio Yauris Silvera por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, JHOMIRA QUINTANA PECEROS ha culminado satisfactoriamente el Proyecto de Tesis intitulado: "ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus l.*) GERMINADAS" para optar el Título Profesional de Ingeniera agroindustrial.

Andahuaylas, 15 de diciembre de 2020.

---

Mg. Celia Rocio Yauris Silvera  
**Asesora de Tesis**

---

Br. Jhomira Quintana Peceros  
**Tesista**



## APROBACIÓN DEL CO-ASESOR

Quien suscribe:  
Mg. Ronald Pérez Salcedo por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, JHOMIRA QUINTANA PECEROS ha culminado satisfactoriamente el Proyecto de Tesis intitulado: "ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus l.*) GERMINADAS" para optar el Título Profesional de Ingeniera agroindustrial.

Andahuaylas, 15 de diciembre de 2020.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS  
Mg. Ronald Pérez Salcedo  
DOCENTE

---

Mg. Ronald Pérez Salcedo  
**Co-Asesor de Tesis**

---

Br. Jhomira Quintana Peceros  
**Tesista**



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENCIDAD

Yo, Jhomira Quintana Peceros, identificada con DNI N° 70378746 de la Escuela Profesional de ingeniería Agroindustrial. Declaro bajo juramento que el informe final de tesis Titulado: “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus l.*) GERMINADAS”. Es autentico y no vulnerable los derechos del autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor del proyecto, quedando UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos del autor.

Andahuaylas, 15 de diciembre de 2020.

Firma: Jhomira Quintana Peceros

N° DNI: 70378746

E-mail: [jhomira0895@gmail.com](mailto:jhomira0895@gmail.com)

N° Celular: 916048878



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la avenida 28 de Julio 1103 del Local Académico de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial en Santa Rosa de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Provincia de Andahuaylas, el acto de sustentación se realizó haciendo uso de la plataforma virtual Google Meet, siendo las 09 horas del día jueves 03 de diciembre del año 2020, se reunieron los docentes ordinarios: MSc Fidelia Tapia Tadeo como, Ing. Gina Genoveva Toro Rodríguez y Mgt. Dianeth Buleje Campos, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final del Tesis intitulado: “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wild*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus l.*) GERMINADAS”, cuyo autor es la Bachiller en ingeniería agroindustrial, **JHOMIRA QUINTANA PECEROS**, y la asesora Mg. Celia Rocio Yauris Silvera y co-asesor Ronald Pérez Salcedo, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la Tesis, el Jurado Evaluador **ACORDO: APROBAR** por **UNANIMIDAD** a la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, **JHOMIRA QUINTANA PECEROS**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota en escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
13	Trece	Regular

En señal de conformidad, se procede a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

MSc. Fidelia Tapia Tadeo  
Presidente Jurado Evaluador

Ing. Gina Genoveva Toro Rodríguez  
Primer Miembro Jurado Evaluador

Mgt. Dianeth Buleje Campos  
Segundo Miembro Jurado Evaluador



## APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wild*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus L.*) GERMINADAS” para optar el Título Profesional de Ingeniera Agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

**PRESIDENTE:** MSc. Fidelia Tapia Tadeo

**PRIMER MIEMBRO:** Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez

**SEGUNDO MIEMBRO:** Mgt. Dianeth Buleje Campos

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 03 del mes de diciembre de 2020.

Andahuaylas, 15 de diciembre de 2020

---

MSc. Fidelia Tapia Tadeo  
Presidente Jurado Evaluador

---

Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez  
Primer Miembro Jurado Evaluador

---

Mgt. Dianeth Buleje Campos  
Segundo Miembro Jurado Evaluador

## DEDICATORIA

A mis padres Zunilda y Juan Francisco que con su amor, consejos, esfuerzo y apoyo incondicional me brindaron lo mejor para culminar mi carrera profesional.

A mi pequeña hermana Merylin que con su ternura, cariño y travesuras me apoyó durante este tiempo animándome para poder seguir adelante.

A mi tío Mauricio por ser fuente de inspiración y por sus sabios consejos, que me ayudaron a sobresalir en los momentos más difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, agradezco a Dios por cuidarme, guiarme, fortalecer mi fe y mi mente para así seguir adelante.

A mi alma mater la Universidad Nacional José María Arguedas, exclusivamente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial que mediante su personal docente permitió mi formación profesional con sus valiosas enseñanzas y experiencias.

A mis distinguidos docentes: la Mg. Celia Rocio Yauris Silvera y al Mg. Ronald Pérez Salcedo, por el valioso apoyo, paciencia, orientación y asesoramiento durante todo el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis jurados de tesis Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo, Ing. Gina Genoveva Toro Rodríguez e Ing. Mg Dianeth Buleje Campos, por su paciencia y consejos brindados.

A mis amigos y personas que de algún modo colaboraron en este trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos .....	4
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
CAPITULO II: ANTECEDENTES .....	5
2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	5
2.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	6
2.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	7
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO .....	8
3.1 BASES TEÓRICAS.....	8
3.1.1 Pan .....	8
3.1.2 Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> ).....	11
3.1.3 Quinoa ( <i>Chenopodium quinoa willd</i> ) .....	13
3.1.4 Kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ).....	16
3.1.5 Germinación.....	19
3.1.6 Composición nutricional de la kiwicha y quinoa germinada .....	23
3.1.7 Características físicas y químicas del pan.....	26
3.2 MARCO CONCEPTUAL .....	30
3.2.1 Germinado .....	30
3.2.2 Trigo:.....	30
3.2.3 Quinoa .....	30
3.2.4 Kiwicha .....	31

3.2.5	Sustitución parcial .....	31
3.2.6	Pan .....	31
3.2.7	Caracterización .....	31
3.2.8	Características físicas .....	31
3.2.9	Características químicas .....	31
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		32
4.1	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	32
4.1.1	Procesos para la elaboración del pan .....	32
4.1.2	Método de análisis .....	38
4.2	POBLACION Y MUESTRA .....	39
4.2.1	Población .....	39
4.2.2	Muestra.....	39
4.3	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	39
4.3.1	Diseño experimental .....	40
4.3.2	Análisis estadístico.....	42
CAPITULO V: RESULTADOS Y DICUSIONES .....		1
5.1	Características físicas del pan.....	1
5.2	Características químicas del pan .....	50
CONCLUSIONES .....		62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		63
ANEXOS .....		68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del trigo por 100g de porción comestible.....	12
Tabla 2. Valor nutricional de la quinua.....	14
Tabla 3. Comparación de los perfiles de aminoácidos de la quinua y otros granos	15
Tabla 4. Contenido de carbohidratos de tres variedades de quinua .....	15
Tabla 5. Composición de nutrientes en la kiwicha por cada 100g.....	17
Tabla 6. Contenido de aminoácidos en la kiwicha .....	18
Tabla 7. Contenido de minerales en la kiwicha por cada 100g.....	18
Tabla 8. Análisis proximal de la kiwicha germinada (72 horas).....	23
Tabla 9. Contenido de lisina en granos de kiwicha germinada (g/100g) .....	23
Tabla 10. Vitaminas (72 horas de germinación), mg/100g de materia seca.....	24
Tabla 11. Contenido de almidón y azúcares en la quinua germinada.....	24
Tabla 12. Comparación nutricional de la quinua sin germinar y quinua germinada	25
Tabla 13. Comparación nutricional de la kiwicha sin germinar y kiwicha germinada .....	26
Tabla 14. Composición química proximal del pan tipo bollo .....	28
Tabla 15. Formula general para la elaboración del pan tipo yema.....	35
Tabla 16. Matriz de diseño experimental .....	40
Tabla 17. Restricciones para los ingredientes de la mezcla .....	41
Tabla 18. Resultados de las características físicas del pan.....	1
Tabla 19. Resultados del análisis fisicoquímico del pan .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía del grano de quinua.....	13
Figura 2. Planta de Kiwicha.....	17
Figura 3. Partes principales de la semilla. ....	19
Figura 4. Diagrama descriptivo para harina de Kiwicha germinada. ....	33
Figura 5. Diagrama descriptivo para harina de quinua germinada.....	34
Figura 6. Diagrama de flujo de elaboración de pan. ....	37
Figura 7. Representación geométrica de un diseño de experimentos con mezclas.. .....	41
Figura 8. Diagrama de contrastación y variables. ....	42
Figura 9. Superficie de respuesta para el peso del pan.....	44
Figura 10. Gráfica de trazas para el peso del pan. ....	45
Figura 11. Gráfica de medias para el peso del pan. ....	45
Figura 12. Superficie de respuestas para la textura del pan. ....	46
Figura 13. Gráfica de trazas para la textura del pan.....	46
Figura 14. Gráfica de medias para la textura del pan. ....	47
Figura 15. Superficie de respuesta para el volumen específico del pan. ....	48
Figura 16. Gráfica de trazas para el volumen específico. ....	48
Figura 17. Gráfica de Medias para el volumen específico del pan.....	48
Figura 18. Superficie de respuesta para la porosidad del pan. ....	49
Figura 19. Gráfica de trazas para la porosidad del pan. ....	50
Figura 20. Gráfica de Medias para la porosidad. ....	50
Figura 21. Superficie de respuesta para la humedad del pan.....	52
Figura 22. Gráfica de trazas para la humedad del pan. ....	53
Figura 23. Grafica de Medias para la de humedad.....	53
Figura 24. Superficie de respuesta para la proteína del pan.....	54
Figura 25. Gráfica de trazas para la proteína del pan.....	54

Figura 26. Gráfica de Medias para proteína. ....	55
Figura 27. Superficie de respuesta para la grasa del pan.....	55
Figura 28. Gráfica de trazas para la grasa del pan.....	56
Figura 29. Gráfica de Medias para la grasa del pan. ....	56
Figura 30. Superficie de respuesta para la ceniza del pan .....	57
Figura 31. Gráfica de trazas para la ceniza del pan.....	58
Figura 32. Gráfica de Medias para la ceniza del pan.....	58
Figura 33. Superficie de respuesta para la fibra del pan.....	59
Figura 34. Gráfica de trazas para fibra del pan.....	59
Figura 35. Gráfica de Medias para fibra del pan.....	60
Figura 36. Superficie de respuesta para el carbohidrato del pan.....	60
Figura 37. Gráfica de trazas para el carbohidrato del pan. ....	61
Figura 37. Gráfica de Medias para carbohidrato del pan. ....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Determinación del porcentaje de humedad.....	68
<b>Anexo 2.</b> Determinación del porcentaje de proteínas.....	68
<b>Anexo 3.</b> Determinación del porcentaje de grasa.....	69
<b>Anexo 4.</b> Determinación del porcentaje de ceniza .....	70
<b>Anexo 5.</b> Determinación del porcentaje de fibra. ....	70
<b>Anexo 6.</b> Resultados del peso de los panes por tratamiento y repeticiones.....	71
<b>Anexo 7.</b> Resultados de la textura de los panes, por tratamiento y repeticiones...	72
<b>Anexo 8.</b> Resultados promedio del volumen de los panes, por tratamiento y repeticiones.....	73
<b>Anexo 9.</b> Resultados de la porosidad de los panes, por tratamiento y repeticiones. ....	74
<b>Anexo 10.</b> Resultado proximal del pan .....	75
<b>Anexo 11.</b> Resultados del análisis de varianza ANOVA para las propiedades fisicoquímicas del pan. ....	77
<b>Anexo 12.</b> Optimización de los compuestos bioactivos producidos mediante el proceso de germinación de granos y semillas .....	79
<b>Anexo 13.</b> Informes de laboratorio del análisis proximal de los panes. ....	81
<b>Anexo 14.</b> Fotografías del proceso de elaboración. ....	93

## ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

<b>ANOVA</b>	: Analysis of variance
<b>LSD</b>	: Least significant difference
<b>msnm</b>	: Metros sobre nivel del mar
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization
<b>OMS</b>	: Organización Mundial de la Salud
<b>NTP</b>	: Norma Técnica Peruana
<b>t/año</b>	: Tonelada por año
<b>HT</b>	: Harina de Trigo
<b>HQG</b>	: Harina de Quinoa Germinada
<b>HKG</b>	: Harina de Kiwicha Germinada
<b>T<sub>1</sub></b>	: Tratamiento uno
<b>T<sub>2</sub></b>	: Tratamiento dos
<b>T<sub>3</sub></b>	: Tratamiento tres
<b>T<sub>4</sub></b>	: Tratamiento cuatro
<b>T<sub>5</sub></b>	: Tratamiento cinco
<b>T<sub>6</sub></b>	: Tratamiento seis
<b>T<sub>7</sub></b>	: Tratamiento siete
<b>T<sub>8</sub></b>	: Tratamiento ocho
<b>T<sub>9</sub></b>	: Tratamiento nueve
<b>T<sub>10</sub></b>	: Tratamiento diez
<b>ha</b>	: Hectárea
<b>T°</b>	: Temperatura
<b>°C</b>	: Grados Celsius
<b>kg</b>	: Kilogramo
<b>h</b>	: Hora
<b>g</b>	: Gramo
<b>Pa</b>	: Pascal
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Centímetro cubico
<b>%</b>	: Porcentaje
<b>N</b>	: Newton

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo elaborar pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua germinada y harina de kiwicha germinada con el fin de determinar las características fisicoquímicas.

Los análisis realizados fueron: peso, textura, volumen, porosidad, humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidrato. En consecuencia, se utilizó el diseño de mezclas y el análisis estadístico se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA) y LSD (diferencia significativa).

Asimismo, para la caracterización de las propiedades físicas del pan, se determinó mediante los siguientes métodos: para el peso (método de Cauvain y Young, 2002); textura (método N° 74-10A de la AACC, 2000); volumen (modificación del método N° 10-05 de la AACC, 2000); porosidad método óptico (Sahin y Gülüm, 2009). Con respecto a la caracterización de las propiedades químicas del pan, se utilizó los siguientes métodos: humedad (NTP 209.264:2013); proteína (NTP 209.262:2013); grasa (NTP 209.263:2013); cenizas (NTP 209.265:2013); fibra (FAO 14/7); el contenido de carbohidratos se determinó por diferencia de peso.

En relación a las características fisicoquímicas, los valores del peso, textura, volumen y porosidad no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Para la proteína el tratamiento con mayor porcentaje fue el T7 (8.75%), el T3 presentó mayor porcentaje de grasa (11.78%) y fibra (1.77%), el T1 tuvo mayor porcentaje de ceniza (1.46%) y el T4 mayor porcentaje de carbohidratos (61.74%). Por lo tanto se concluye que el tratamiento más adecuado para la elaboración del pan es el T1 con un nivel de sustitución constituido por 10% de harina de quinua germinada (HQG), 25% de harina de kiwicha germinada (HKG) y 65% de harina de trigo (HT), el resultado del análisis físico como el peso, textura y porosidad de los panes con sustitución fue ascendente, en tanto a los valores del volumen disminuyeron; en el aspecto proximal, este tratamiento presentó los siguientes valores: proteínas (8.64%), humedad (17.78%), grasa (11.39%), ceniza (1.49%), fibra (1.72%) y carbohidratos (59.02%) respectivamente.

**Palabras claves:** Germinado, quinua, kiwicha, pan, sustitución y caracterización.

## ABSTRACT

The objective of this research was to elaborate bread with partial substitution of wheat flour by germinated quinoa flour and germinated kiwicha flour in order to determine the physicochemical characteristics.

The analyses carried out, they were: weight, texture, volume, porosity, humidity, protein, fat, ash, fiber and carbohydrate. Consequently, it was used the design of mixtures and the statistical analysis was carried out through an analysis of variance (ANOVA) and LSD (significant difference).

Also for the characterization of the physical properties of bread, it was determined by the following methods: for weight (method of Cauvain and Young, 2002); texture (method No. 74-10A of the AACC, 2000); volume (modification of the method No. 10-05 of the AACC, 2000); porosity optical method (Sahin and Gülüm, 2009). Regarding the characterization of the chemical properties of bread, the following methods were used: moisture (NTP 209.264:2013); protein (NTP 209.262:2013); fat (NTP 209.263:2013); ash (NTP 209.265:2013); fiber (FAO 14/7); carbohydrate content was determined by weight difference.

In relation to the physicochemical characteristics, the values of weight, texture, volume and porosity did not present statistically significant differences. For the protein, the treatment with higher percentage was T7 (8.75%), T3 presented higher percentage of fat (11.78%) and fiber (1.77%), T1 had higher percentage of ash (1.46%) and T4 higher percentage of carbohydrates (61.74%)

Therefore, it is concluded that the most appropriate treatment for the elaboration of bread is T1 with a substitution level constituted by 10% of germinated quinoa flour (HQG), 25% of germinated kiwicha flour (HKG) and 65% of wheat flour (HT), the result of the physical analysis as weight, texture and porosity of the bread with substitution was ascending, while the values of the volume decreased; in the proximal aspect, this treatment presented the following values: proteins (8).64%, humidity (17.78%), fat (11.39%), ash (1.49%), fiber (1.72%) and carbohydrates (59.02%) respectively.

**Keywords:** Sprouting, quinoa, kiwicha, bread, substitution and characterization.

## CHUMASQA

Kay taripay ruwakurqa trigo akupa asninpa rantimpi, sullurichka kinwapa chaynallataq kiwichapa akunwan tanta ruwanapaq, chaymanta características fisicoquímicas nisqanta tarinapaq chaynallata qawanapaqpas.

Kaypim qawakurqa: llasayni, imayna kasqanta llampulla utaq kapka, uchkusapachachus, nisu chakichus, chaynallatq haykas proteinataqmi, wira, cenizataqmi, fibra hinaspa carbohidratuntapas, kaypaqmi diseño de mezclas nisqanwan qawakurqa, análisis estadísticotañataq ruwakurqa análisis de varianza (ANOVA) nisqanwan, chaymanta Test LSD nisqanta.

Tantapa imayna kasqanta yachanapaqmi kaykunawa qawakurqa: (método de Cauvain y Young, 2002) llasaynin yachanapaq, (método N° 74-10A de la AACC, 2000) llampulla utaq kapka kasqanta qawanapaq, (método N° 10-05 de la AACC, 2000) hatunninta yachanapaq, método óptico (Sahin y Gülüm, 2009) uchkusapachus kasqanta qawanampaq. Propiedades químicas nisqanta yachanapaqta kaykunawan qawakurqa: (NTP 209.264:2013) nisu chakichus, (NTP 209.262:2013) haykas proteína, (NTP 209.263:2013) wira, (NTP 209.265:2013) haykas ceniza, (FAO 14/7) haykas fibra; chaykunata yachanapaq; llasayninmanhinam carbohidrato hayka kasqanta yachakurqa.

Características fisicoquímicas nisqanmanhinam, llasaynin, llampulla utaq kapka, hatunnin chaynallata uchkuchankunapas yaqa kaqlam. Proteinapiñataqmi yapakurqa tratamiento T7 (8.75%), T3 nisqampiñataq yapakurqa wirapi (11.78%) chaynallataq fibrapi (1.77%), T1 nisqampiñataq yapakurqa cenizapi (1.46%) hinallataq T4 nisqampi yapakurqa carbohidratospa (61.74%). Chaynaqa nichwanmi tantata ruwanapaq allin tratamientonpaqa T1 nisqan kasqanta, 65 % trigo kutasqa (HT) wakinninpa rantimpi, 10% kinwapi sullurichka kutasqa (HQG), 25% kiwicha sullurichka kutasqa (HKG) yapaykuspa. Kay kutasqa rantispa, análisis físico nisqampim qawakurqa imaynan llampulla utaq kapka, uchkuchankunapas yapakusqanta, sayayninñataq asllata uchuyyarusqa, chaynallataq kay tratamientopi qawakurqa: (8.64%) proteína, (17.78%) humedad, (11.39%) wira, (1.49%) ceniza, (1.72) fibra chaynallataq (59.02%) carbohidrato.

**Pisi rimayllapi riqsichiy:** Sullurichka, kinwa, kiwicha, tanta, rantimpi hinaspa caracterizaciónnisqa.

## INTRODUCCIÓN

El pan es un producto comestible altamente demandado, resulta de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal y agua, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria; en este sentido es importante ofrecer nuevas variedades de harinas de diversos tipos de cereales y granos andinos, el cual aporta un alto valor nutricional al producto.

Las pequeñas, medianas y grandes industrias panificadoras han usado la harina de trigo como materia prima fundamental en la producción de pan con buenas características; para la producción de panes nutritivos se puede realizar la fortificación con harinas de cereales que tengan alto contenido proteico tales como los granos de quinua y kiwicha (Arone, 2015).

Apurímac forma parte de las principales regiones productoras de quinua y kiwicha, por lo que es necesario aprovechar estos recursos agrícolas para el autoconsumo y generar ingresos permitiendo a las familias de las zonas rurales formar parte de la economía del mercado local.

Por otra parte, se puede encarar la deficiencia de nutrientes en los productos de panificación, buscando alimentos alternativos cuyas principales características sean sus propiedades nutricionales, realizando combinaciones que favorezcan una adecuada interacción de nutrientes, este proceso de transformación se está incorporando progresivamente en la industria agroalimentaria, por lo que la elaboración de pan con sustitución parcial involucra una serie de pasos como el mezclado, el amasado, la fermentación y el horneado que son los responsables de la modificación de las características originales mejorándolos hasta obtener un producto agradable, digerible y nutritivo.

Actualmente se vive un cambio del sistema alimentario ya que se incluyen nuevas alternativas de productos que son producidos a partir de fuentes alimentarias ricas en contenidos proteicos, omega 3 y 6, en este sentido es necesario promover la búsqueda de nuevas alternativas que permitan enriquecer el producto y que sea de consumo masivo, por esta razón, el propósito del presente trabajo de investigación fue obtener un producto que cumpla los requerimientos nutricionales establecidos por la FAO, las formulaciones están compuesta por harina de trigo, harina de quinua germinada y harina de kiwicha germinada, de esta manera aprovechar las propiedades nutricionales que posee la quinua y kiwicha, teniendo como fórmula base, el pan tipo “bollo”.

En relación al trabajo contiene los siguientes capítulos: en el primer capítulo se presenta el planteamiento de la investigación, en la cual se detalla la problemática.

El segundo capítulo esta denominado como antecedentes, comprende investigaciones realizadas por autores internacionales, nacionales y locales.

El tercer capítulo denominado marco teórico contiene las bases teóricas y marco conceptual referente a esta investigación.

En el cuarto capítulo se hace referencia a la metodología de investigación, el cual comprende el lugar de ejecución, población, muestra, tipo de investigación, metodología experimental y diseño de experimentos.

Para terminar el quinto capítulo son los resultados y discusiones. Finalmente se presenta las conclusiones generadas en el desarrollo de la investigación.

## CAPITULO I: PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, los consumidores buscan panes enriquecidos con harina de granos andinos. Como se sabe, el pan está compuesto por: harina, azúcar, levadura, sal y agua; al ser este un alimento sencillo es adecuado para enriquecerlo con ingredientes que aporten beneficios a la salud del consumidor (Danza et al. 2014). Para poder incrementar las proteínas en el pan, se puede realizar el enriquecimiento con harinas a partir de cereales que tenga gran cantidad de proteínas procedentes de los granos de quinua y kiwicha (Chaparro, 2010).

Como una nueva alternativa, se está iniciando con la producción de germinados como tecnología de producción de biomasa a partir de diversas semillas que estén en fase de germinación y crecimiento temprano de plántulas (FAO, 2013).

Con miras de poder elaborar pan y a su vez realizar la caracterización fisicoquímicas, se desea elaborar pan que presente sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y kiwicha germinadas, las cuales permita ofrecer un producto panificable con alto índice proteico que aportan estos dos granos andinos dándole así un valor agregado; se utilizó harina de granos germinados porque se producen cambios importantes en la semilla durante la germinación convirtiéndose en alimentos valiosos para el ser humano. Por otra parte, se desea aprovechar la proteína que contiene la quinua y Kiwicha (Paucar, 2015).

Para la obtención de este producto es fundamental conocer los porcentajes de sustitución, ya que influirá de una u otra manera en las características fisicoquímicas del pan. Asimismo, se desea insertar en el mercado comercial como una alternativa de consumo frente al pan tradicional de harina de trigo.

### 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.2.1 Problema general

¿Qué características fisicoquímicas presentará el pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus l.*) germinadas?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Qué características físicas presentará el pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) germinadas?
- ¿Qué características químicas presentará el pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) germinadas?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Objetivo general**

Elaborar y caracterizar las propiedades fisicoquímicas del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) germinadas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Elaborar pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) germinadas.
- Caracterizar las propiedades físicas del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) germinadas.
- Caracterizar las propiedades químicas del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) germinadas.

## CAPITULO II: ANTECEDENTES

### 2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Astiz et al. (2015), "Panificación de harinas de trigo y quinua", trabajó con dos mezclas (10 y 20% de sustitución), donde pudo sustituir la harina de trigo por harina de quinua hasta un 20 % sin que afecte considerablemente el volumen y aspecto de los panes, con respecto al análisis químico los panes presentaron un aumento en el contenido de proteínas, grasa, cenizas, valor energético y una disminución en los carbohidratos. Concluyó que el nivel de sustitución afecta positivamente en la composición química proximal del pan.

Cáceres (2015) da a conocer en su investigación "Optimización de germinación de variedades ecuatorianas de arroz integral para la obtención de alimentos con alto valor nutritivo y funcional", donde los panes elaborados con harina de arroz integral de la variedad INIAP15 presenta elementos tecno-funcionales aceptables. Como resultado, obtuvo un pan de calidad nutricional superior, sus valores fluctúan entre 7.3 y 10.4% de proteínas; 2.0 y 4.2% de lípidos; 0.8 y 1.5% de cenizas; 71.6 y 84.0% de carbohidratos. Concluyó que los valores proximales del pan obtenido fueron independiente a las condiciones de germinación, por otro lado, los panes que contenía arroz integral germinado por 48h mostraron un alto porcentaje nutricional debido a la cantidad comprendida de proteínas, lípidos, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante.

Vásquez et al. (2016), "Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de Quinua (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan", manifiesta que el porcentaje de proteínas se incrementa a medida que la sustitución sea mayor, con respecto a la textura obtuvo panes más blandos que fueron elaborados con una sustitución de harina de quinua al 5 y 7.5%. Llegó a la conclusión que la sustitución de harina de trigo por la harina de quinua debilita la fuerza de la masa, la capacidad fermentativa es mayor presentando panes con menor dureza; finalmente menciona, que la inclusión de harina de quinua contribuye a la elaboración de panes más completos nutricionalmente.

Salas (2017), "Desarrollo de un pan dulce enriquecido con harina de germinado de trigo (*Triticum aestivum AN-91-98*)", trabajó con diferentes concentraciones en cada

una de las formulaciones de mezcla para pan dulce, siendo: testigo (harina de trigo) y harina de germinado de trigo (5%, 15% y 25%); donde la formulación al 25% de harina germinada de trigo presenta mejores valores: ceniza 4.45%, extracto etéreo 10.57%, fibra cruda 2.95%, proteína cruda 14.71%, fenoles 0.457 mg/g y contenido calórico 421.66 Kcal/100g. Concluyo realizando la comparación nutrimental de todas las variables fisicoquímicas estudiadas, la harina germinada de trigo es la que mayor beneficio aporta al consumidor, siendo en este caso utilizada para la elaboración de un pan dulce.

## 2.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Bravo et al. (2013), "Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*)", determinó el análisis químico y nutricional; los resultados reportados fueron: 13.09% proteína, 6.10% grasa, 1.50% de ceniza y fibra total 2.68% para la Quinoa y 16.45% proteína, 8.29% grasa, 3.18% de ceniza y fibra total 9.50% para la Kiwicha. Concluyendo que los granos germinados presentan valores nutricionales superiores a las semillas sin germinar, el contenido de vitaminas, minerales, aminoácidos, clorofila, oligoelementos y enzimas pueden incrementarse durante el proceso de germinación.

Zumarán (2013), en su investigación "Optimización de las propiedades físicas nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de espárrago, kiwicha y trigo", trabajó con nueve mezclas, donde la formulación óptima estaba conformado por 72.9% de harina de trigo, 16.6% de harina de kiwicha y 10.4% de harina de espárrago, presentando así 12.5% de proteínas, 56.0% de carbohidratos, 7.0% de lípidos, 2.8% de fibra total y 21.2% de humedad. Concluye que la incorporación de harina de kiwicha y espárrago presenta efectos significativos sobre las propiedades físicas y nutritivas del pan.

Magro (2015), "Caracterización fisicoquímica, químico proximal y sensorial de pan de harina precocida a partir de semilla germinada de linaza (*Linum usitatissimum*) mediante autoclavado y tostado", después de realizar la germinación de las semillas de linaza fueron sometidas a precocción mediante: autoclavado (90°C, 10min.) y tostado (130°C, 30min), posteriormente molido y el análisis químico proximal. Obtuvo como resultado los siguientes valores: grasa (37.45% y 37.21%); proteína (18.92% y 18.21%); fibra bruta (15.87% y 15.32%); ceniza (3.21% y 3.24%) y carbohidratos

totales (16.67% y 16.55%). Concluye que la composición química del pan que presenta harina de linaza germinada precocida por autoclavado y por tostado, no presentan variaciones significativas en sus componentes (grasa, proteína, fibra, ceniza y carbohidratos), solo existe variación en la humedad, es mayor en el pan que posee harina de linaza precocida por tostado.

### **2.3 ANTECEDENTES LOCALES**

Arone (2015), "Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y Chía (*Salvia hispánica L.*)", trabajó con 6 tratamientos mediante el diseño de mezclas compuestas por harina de trigo (valor bajo 70 y valor alto 85), harina de quinua (valor bajo 10 y valor alto 20) y finalmente la harina de chía (valor bajo 5 y valor alto 10). Reportó que los tratamientos que presentaron altos valores son: para la proteína fue el T2 (15.93 %), para los lípidos el T2 (10.17 %) , para el carbohidrato T6 (78.27 %), presentó un incremento en el contenido de fibra (6.13 a 15 %), el porcentaje de cenizas se encuentra entre 2.82 a 3.17 %, pH (5.96 a 6.07). Concluyó que dentro de las propiedades físicas existe una disminución en el volumen, el peso final es mayor después del horneado, la textura se incrementa obteniendo así panes ligeramente duros, por otro lado, el incremento de harina de quinua y chía incrementan el contenido de proteínas hasta 5.97%, logrando así mejorar la composición nutricional del pan.

## CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

### 3.1 BASES TEÓRICAS

#### 3.1.1 Pan

Es un producto que se obtiene de una masa cocida (proceso de horneado) de harina de trigo, azúcar, sal, levadura y agua, se puede incorporar grasa y otros mejoradores (Pascual et al. 2006).

Según Edel y Rosell (2007), precisa que el pan es un producto ligeramente dura y crocante, de formas variables, se logra conseguir mediante la cocción de una mezcla a base de harina, es opcional la incorporación de: leudantes, leche, sal, huevos, agua, azúcar, grasas comestibles, saborizantes y otros ingredientes permitidos y autorizados.

##### 3.1.1.1 Variedades de panes

La denominación y descripción de la diversidad de panes se realiza en función a la clase de grano, método de elaboración y peso.

##### a) De acuerdo al tipo de harina:

- Pan blanco, está elaborado con harina refinada de trigo, contiene gran cantidad de gluten. Se obtiene panes más suaves, finos y livianos. Por ejemplo: pan baguette.
- Pan de centeno, está hecho a partir de la mezcla de harina de centeno y trigo, la cantidad varía. Por ejemplo: pan alemán “pumpernickel”.
- Pan integral, elaborado con harina de trigo entero. La incorporación de salvado y germen del grano es opcional. Por ejemplo: pan alemán “shrotbrot”.

(Tello et al. 2004)

##### b) De acuerdo al tipo de fermentación:

- Pan fermentado, en el proceso de panificación la levadura es adicionada durante la mezcla de los ingredientes, con el objetivo de obtener un pan esponjoso.
- Pan sin levadura, dentro de sus componentes no está incluido la levadura y por tanto esta masa no es fermentado. Por ejemplo: “mazotz” pan de los israelitas, “pan de maíz” del Perú e India y el pan de centeno “knackebrod” de Suecia.

(Tello et al. 2004)

**c) De acuerdo a la forma:**

- Pan aplanado, es la manera más antigua, se consigue a partir de una bola de masa aplastada, con forma redonda y plana similar a las tortillas. Son cocinados sobre planchas. Por ejemplo: “puris” y “chapatis” de la India y de algunos países árabes.
- Pan de barra, son elaborados con masas que se les da una forma alargada, posee distintos tamaños y volumen. Esta se puede adelgazar para elaborar panes con distintas formas, por ejemplo “trenzas” y “roscas”.
- Pan redondo, tiene forma esférica, suele ser colocado sobre una superficie plana, pasa por el proceso de horneado. Por ejemplo: “bollos” y la “hogazas”.

(Tello et al. 2004)

**d) De acuerdo al peso:**

- Pan grande: consta de 600 g aproximadamente y mide entre 60 – 80 cm.
- Pan francés: se encuentra entre 400g – 500g con una medida de 75 cm de largo.
- Pan barra: entre 400g – 500g con una medida de 70 cm de largo.
- Pan bastón: presenta 100 g de peso.
- Pan pequeño: 60g de peso.

(Tello et al. 2004)

### **3.1.1.2 Materia prima para elaborar pan**

**Harina de trigo:** Producto que es obtenido a través de la molienda de los granos de trigo. Al realizar la mezcla del agua con harina de trigo, las proteínas forman el gluten, otorgando a la masa una estructura que retiene el gas producido mejorando el volumen final del pan. La cantidad de proteínas en la harina, suele ser fundamental, ya que dependerá de esto el tipo de producto que se desea elaborar, si el contenido proteico varía entre 10 y 13% se clasifica como harina dura y se usa en la elaboración de pan; si el contenido proteico se encuentra entre 7.5 y 10% son harinas especiales para la producción de galletas, queques y tortas, este tipo de harina es blanda (Edel y Rosell, 2007).

**Agua:** Juega un rol esencial durante la formación de la masa, fermentación, el sabor y frescura final del pan. Facilita la disolución de los ingredientes permitiendo la incorporación en su totalidad; los almidones son hidratados, que al unirse con

el gluten dan como resultado una plasticidad y elasticidad en la masa (Edel y Rosell, 2007).

**Sal:** Aporta sabor al pan, regula el proceso fermentativo, aporta una buena plasticidad a la masa, incrementando la capacidad de hidratación en la harina. Contribuye en el color y finura de la corteza, en consecuencia, hay un incremento de higroscopicidad. Limita la actividad bacteriana que producen ácidos, controla la acción de la levadura regulando el consumo de azúcares dando como buen resultado una mejor corteza (Callejo, 2002).

**Levadura:** Producen sustancias que contribuyen en la modificación de las estructuras proteicas presentes en la harina (gluten), forman paredes donde retiene el gas producido. Al reducir la fermentación se da la pérdida de elasticidad en la masa. La plasticidad es una cualidad adquirida a partir de la ruptura de enlaces intermoleculares, manteniendo la configuración longitudinal de los enlaces del gluten. Desarrolla el aroma y sabor gracias a la producción de alcoholes (Varela et al. 1991).

**Mejoradores:** Son agentes que al ser añadidos a la mezcla cumplen la función de mejorar las características principales de la harina como el color, el contenido de enzimas y características plásticas de la masa (Varela et al. 1991).

**Grasa:** Es un emulsificante, lubrica la masa, por lo que se obtiene un pan crujiente y suave. La grasa al ser incorporado en la masa ayuda en la extensibilidad haciendo que el pan adquiera un mayor volumen (Varela et al. 1991).

**Azúcares:** La sacarosa es la más usada, funciona como alimento para la levadura, mejora el color del pan, otorga poder higroscópico y retención de la humedad (Callejo, 2002).

### **3.1.1.3 Sistema de elaboración del pan**

Existen tres métodos para elaborar pan, son clasificados según el tipo de la levadura que se usa (Callejo, 2002), son los siguientes:

**a) Directo:** Se caracteriza por usar levadura comercial. La masa necesita un determinado tiempo de reposo que consta de 45 minutos antes de realizar la división. No es recomendable para dividir la masa con una divisora automática volumétrica.

- b) Mixto:** Su uso es frecuente en la producción de pan común. En este sistema el uso de masa madre (levadura natural) y levadura comercial es frecuente. La masa necesita un reposo de 10 - 20 minutos antes del proceso de división. Este sistema es recomendado cuando la división de la masa se realiza con ayuda de una divisora volumétrica.
- c) Esponja o “poolish”:** Es empleado para elaborar pan francés y pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) usando el 30 y 40% del total de harina, levadura (comercial) y la cantidad de agua es igual a la cantidad de harina. Se deja reposar unas horas, luego se incorpora el resto de harina y agua, a partir de ahí se emplea el método directo.

### 3.1.2 Trigo (*Triticum aestivum*)

El trigo, es un producto con gran siembra y cosecha a nivel mundial, se desarrolla en todas las regiones del país y del mundo, excepto en las zonas árticas. Generalmente la harina de trigo es usada en la panificación porque posee gluten (Repo-Carrasco, 1998).

#### Clasificación taxonómica

Orden	: Glumiforas
Familia	: Graminaceas
Genero	: Triticum
Especie	: <i>Triticum vulgare</i>

**Nombre científico:** *Triticum aestivum*

**Nombre común:** Trigo (Quaglia, 1991).

En panificación el trigo es el ingrediente primordial que forma la masa y otorga estructura a productos como panes, queques, galletas y masa de hojaldres. El gluten se forma cuando la harina es mezclada con agua, tiene la capacidad de retener gas que se produce durante el proceso de fermentación (Zapata, 2010).

Tabla 1

*Composición nutricional de trigo por 100g de porción comestible.*

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Energía (Kcal)	336
Agua (g)	14,5
Proteína (g)	8,6
Grasa (g)	1,5
Carbohidratos (g)	73,7
Fibra (g)	3,0
Ceniza (g)	1,7
Calcio (mg)	36
Fósforo (mg)	224
Hierro (mg)	4,6
Tiamina (mg)	0,30
Riboflavina (mg)	0,08
Niacina (mg)	2,85
Ácido ascórbico reducido (mg)	4,8

Fuente: Reyes et al. (2017)

Por motivos comerciales el trigo se clasifica como duro y suave, de invierno o primavera. A partir de los dos tipos de trigo puede obtener muchos productos de panadería (Moncada, 2007).

### **3.1.2.1 Clasificación del trigo**

Moncada (2007), clasifica al trigo según la estructura del endospermo, la cantidad de proteínas y la dureza de fragmentación del endospermo.

**a) Trigo duro:** Se obtiene harina fluida, arenosa y fácil de cernir, posee partículas regulares que en su gran mayoría son células completas de endospermo (Moncada, 2007).

**b) Trigo blando:** Obtención de harinas muy finas constituidas por fragmentos irregulares de células de endospermo y presenta partículas aplastadas adheridas entre si (Moncada, 2007).

### 3.1.3 Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*)

La quinoa es una planta andina, su cultivo se remonta desde los 5000 años a.C. Antes de la llegada de los españoles, la quinoa era cultivada en todo el imperio, los incas y culturas preincaicas reconocieron su alto valor nutritivo que esta planta aportaba. La quinoa fue considerada como un alimento sagrado, además también se usaba con fines medicinales.

Actualmente, la quinoa es cultivada en Bolivia (46%), Perú (42%), EUA (6%), Ecuador (3%) y en algunas zonas de Colombia, Chile y Argentina (0,5%). Es una planta anual, su periodo vegetativo varía de 150 a 240 días. Se adapta a diferentes condiciones climatológicas por ello se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 4000 m de altura (Edel y Rosell, 2007).

#### Clasificación taxonómica de la quinoa

División	: Magnoliophyta
Clase	: Angiosperma
Subclase	: Dicotiledones
Orden	: Centrospermal
Familia	: Amaranthaceae
Genero	: Chenopodium
Especie	: quinoa willd

**Nombre científico:** *Chenopodium quinoa willd.* (Mujica, 1988)

**Nombres comunes:** Quinoa, Hupha (aimara-Bolivia), Dahue (mapuche-Chile), Quínoa, Suba o Shupa (Chibcha-Bogotá), Kiuna (quechua), Pasca o parca (Chibchas- Colombia) (Bazile, 2014).

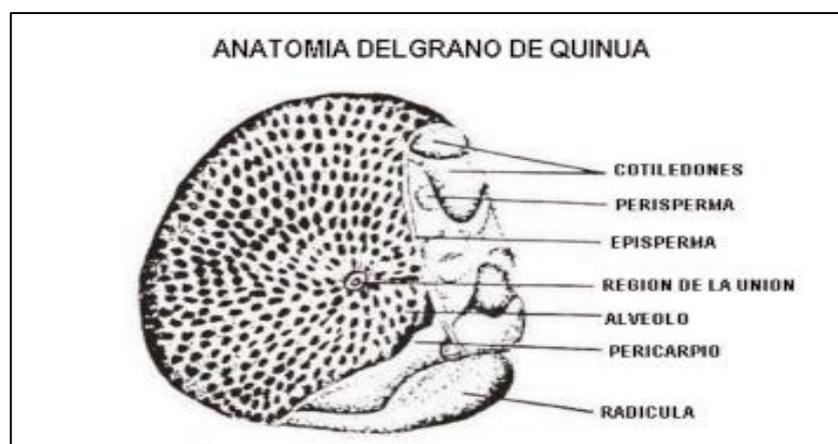


Figura 1. Anatomía del grano de quinoa. Tapia et al. (2000).

### 3.1.3.1 Variedad de quinua

En los andes se encuentra la gran diversidad genética de quinua tanto de origen silvestre como cultivada por el hombre, por lo que no se tiene el dato exacto de las variedades de quinua que existen.

Los países que tiene la mayor colección de diversas variedades de quinua son Perú y Bolivia, cuentan aproximadamente con 2000 ecotipos. Las variedades más cultivadas en el Perú son Blanca Junín y Kanccolla, en el territorio de Bolivia se cultiva la variedad Sajama (Repo-Carrasco, 1998).

En la presente investigación, se trabajó con la variedad Blanca Junín, esta variedad generalmente crece en el centro del Perú. Es una variedad tardía (180-200 días); sus semillas son blancas, medianas y contienen poca saponina (semidulce).

### 3.1.3.2 Valor nutricional en los granos de quinua

Los principales componentes de los granos de quinua son los siguientes: agua, proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas y celulosa.

En la Tabla 2 se observa el promedio de valor nutricional de la quinua (Gorbitz y Luna, 2016).

Tabla 2

*Valor nutricional de la quinua.*

<b>Valor nutricional (contenido en 100g de quinua)</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Agua	%	12.00
Proteínas	%	10.70
Grasas	%	5.70
Carbohidratos	%	69.29
Cenizas	%	3.20
Celulosa	%	4.30

Fuente: Gorbitz y Luna, (2016).

En la quinua se encuentra el 37% de proteínas que están conformado por aminoácidos esenciales. Investigaciones realizadas en el Perú mostraron que este pseudocereal posee ácidos grasos conformados por el 50.24% de Omega 6 (ácido linoleico), 26.04% de Omega 9 (ácido oleico), 4.77% de Omega 3 (ácido linolénico) y 9.59% de ácido palmítico.

Tabla 3

*Comparación de los perfiles de aminoácidos esenciales de la quinua y otros granos.*

<b>Contenido de Aminoácidos en la Quinua y otros granos</b>					
<b>Aminoácidos</b>	<b>Trigo</b>	<b>Cebada</b>	<b>Avena</b>	<b>Maíz</b>	<b>Quinua</b>
Isoleucina	32	32	24	32	68
Leucina	60	63	68	103	104
Lisina	15	24	35	27	79
Fenilamina	34	37	35	27	79
Tirosina	16	17	15	14	41
Cistina	26	28	45	31	68
Metionina	10	13	14	16	18
Treonina	27	32	36	39	40
Triptófano	6	11	10	5	16
Valina	37	46	50	49	76

Fuente: Reyes et al. (2017).

En la Tabla 3, se compara la cantidad de aminoácidos entre la quinua y otros granos, donde la quinua presenta un alto contenido de isoleucina, lisina, fenilalanina, tirosina y cistina, seguido por valina, triptófano, metionina, treonina y leucina. La FAO (2011) menciona que el organismo humano no tiene la capacidad de producir aminoácidos, por lo que es necesario adquirirlo mediante la alimentación. Para el ser humano, los aminoácidos esenciales son: Valina, Leucina, Treonina, Lisina, Triptófano, Histidina, Fenilalanina, Isoleucina, Arginina y Metionina.

Tabla 4

*Contenido de carbohidratos de tres variedades de quinua.*

<b>Contenido de carbohidratos en tres variedades de quinua</b>			
<b>Componente</b>	<b>Roja</b>	<b>Amarilla</b>	<b>Blanca</b>
Almidón	59.2	58.1	64.2
Monosacáridos	2.0	2.1	1.8
Disacáridos	2.6	2.2	2.6
Fibra cruda	2.9	3.1	2.1

Fuente: Reyes et al. (2017).

La Tabla 4, compara el contenido de carbohidratos en tres variedades, se observa que la quinua blanca presenta una mayor cantidad de almidón y disacáridos; la quinua roja posee alto contenido de disacáridos y la quinua amarilla posee alto contenido de fibra cruda. La FAO (2011) menciona que la quinua presenta mayor cantidad de fibra, pero los valores cambian de acuerdo a la variedad con el cual se trabaja, se puede encontrar entre 2.49 y 5.31 g/100g.

#### 3.1.4 Kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

Existen evidencias que indican que la Kiwicha era cultivada por culturas anteriores a la incaica, estimándose que su domesticación tomo aproximadamente 2000 años. La kiwicha forma parte de los cultivos más antiguos del Perú, su distribución abarca los valles interandinos de los departamentos de Apurímac, Arequipa y Cusco hasta los 3000 m.s.n.m. En el Perú, a partir de la década de 1990, se ha incrementado la superficie cosechada de 450 a 2317 ha, de la misma forma su uso principal como materia prima para las plantas agroindustriales existentes en el país se incrementó de 55 a 169 t/año (Bravo et al. 2010).

#### Clasificación taxonómica de la Kiwicha

División	: Magnoliophyta
Clase	: Angiosperma
Subclase	: Dicotiledones
Orden	: Centrospermal
Familia	: Amaranthaceae
Genero	: Amaranthus
Especie	: Caudatus

**Nombre científico:** *Amaranthus caudatus*

**Nombres comunes:** Kiwicha, Coyo (Cajamarca), Achis (Ancash), Achita (Ayacucho), Coimi (Tarija- Bolivia), Millmi (Argentina) y Sangoracha (Ecuador) (Herrera y Montenegro, 2012).

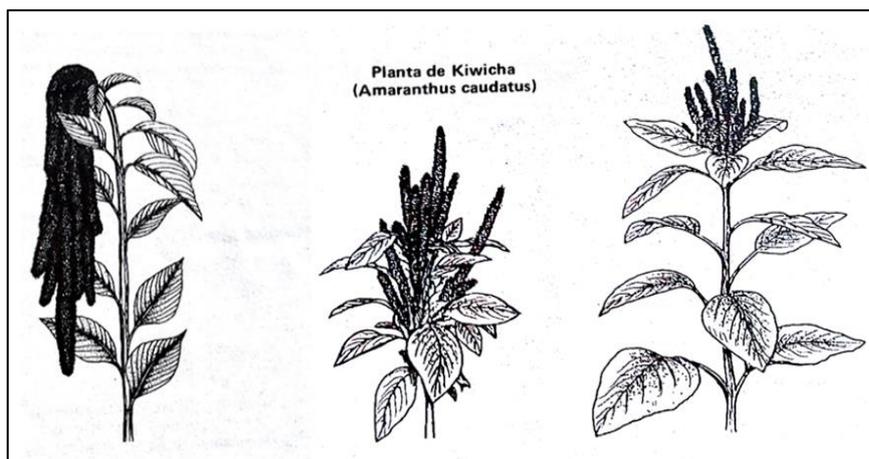


Figura 2. Planta de Kiwicha. Repo- Carrasco (1998).

#### 3.1.4.1 Variedades de Kiwicha

Se han encontrado alrededor de 1200 especies en los Andes. Esta planta posee características únicas como el color del tallo, las semillas y la forma de la panoja. Los granos son traslúcidos, a partir de estas se obtiene harina y hojuelas de gran calidad. Las variedades comerciales más reconocidas son Oscar y Centenario (Gómez y Romero, 2004). En la presente investigación, se trabajó con la variedad Centenario, ya que posee buen color, consistencia, precocidad y volumen productivo.

#### 3.1.4.2 Valor nutricional de la kiwicha

La Tabla 5 presenta el contenido de macronutriente de la kiwicha como son las proteínas, grasa, carbohidrato.

Tabla 5

*Composición de nutrientes en la Kiwicha por cada 100 g de peso seco.*

<b>Macronutrientes de la Kiwicha</b>	
Energía Kcal /100 g	375.6
Proteína g	12.8
Grasa g	6.8
Carbohidrato g	66.5

Fuente: AEDES, (2014)

Así como la quinua, la kiwicha también aporta aminoácidos, en la Tabla 6, se menciona los diferentes aminoácidos que aporta la kiwicha:

Tabla 6

*Contenido de aminoácidos en la Kiwicha.*

<b>Aminoácidos presentes en la Kiwicha</b>	
Triptofano	1.5
Lisina	8
Histidina	2.5
Arginina	10
Valina	4.3
Metionina	4.2
Isoleucina	3.7
Leucina	5.7
Fenilalanina	7.7

Fuente: Peralta et al. (2008)

Edel y Rosell (2007), afirma que la Kiwicha contiene aminoácidos esenciales, a su vez presenta gran cantidad de fosforo, hierro, calcio, zinc, potasio, vitamina E, complejo B, ácido fólico y niacina.

Tabla 7

*Contenido de minerales por cada 100g.*

<b>Contenido de minerales en la Kiwicha</b>	
Calcio mg.	236
Hierro mg.	7.5
Magnesio mg.	244
Fosforo mg.	453
Zinc mg.	3.7

Fuente: Edel y Rosell, (2007).

La Kiwicha es considerada casi como un alimento perfecto para la nutrición humana, por lo que es considerada como un alimento funcional, por los aportes beneficiosos al ser humano, al ser diminuto el grano es denominado como el pequeño gigante para la alimentación del ser humano (Edel y Rosell, 2007).

### 3.1.5 Germinación

#### 3.1.5.1 Los germinados en la dieta humana

El consumo de germinados por el humano es muy antiguo, eran muy usados como medicina. Existen registros en la cultura oriental sobre su consumo que datan de más de 4000 años de antigüedad, el consumo de los germinados figuran en la medicina China (siglo II). En el siglo XVIII, los germinados empezaron a usarse como remedio contra el escorbuto (avitaminosis), que era una enfermedad común entre los tripulantes de los barcos, las cuales llegaba a causar la muerte (Soleil, 2003).

En la actualidad existen pocos alimentos que se puedan comparar con las semillas germinadas, el contenido de enzimas y aminoácidos al ser ingeridos mejora el funcionamiento de los órganos y a su vez ayuda en el fortalecimiento de las defensas. Son una rica fuente de vitaminas y minerales, esto es gracias a la acción de germinarlos (Soleil, 2003).

#### 3.1.5.2 La semilla

Para conocer sobre la germinación se debe de tener conocimiento sobre la estructura de la semilla, comprende tres partes fundamentales: tegumento, albumen y el embrión. El tegumento, es la cubierta de la semilla que proviene de las envolturas primarias. El albumen, es la porción de la semilla donde se almacena el alimento, está muy desarrollado en la semilla “monocotiledóneas” como el maíz, pero está muy reducido en la semilla dicotiledónea. El embrión, es la parte vital de la semilla (Paredes, 2005).

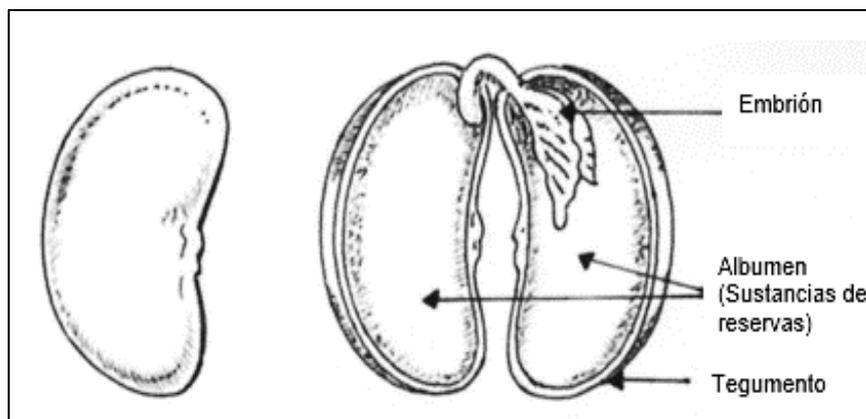


Figura 3. Partes principales de la semilla. Martin (2005).

Desde el punto de vista botánico se llama germinación al desarrollo de una semilla desde el momento en que éste se inicia hasta el momento que la pequeña planta desarrolle hojas verdes y pueda realizar fotosíntesis (Martín, 2005).

El proceso de germinación inicia con el ingreso del agua al interior de la semilla (hidratación) y finaliza con el crecimiento de la radícula. A nivel de laboratorio, es considerada como germinación al hecho de que la radícula rompa las cubiertas seminales de la semilla. Por otra parte, en condiciones de campo la germinación se considera finalizada una vez que emerja y se desarrolle una plántula (Pita y Perez, 2001).

### **3.1.5.3 Condiciones para la germinación de una semilla**

Botero (2011), menciona que existen factores que intervienen en la germinación de la semilla, las cuales son:

- Condiciones extrínsecas; son factores externos o medio ambientales como: la humedad (30 y 58%), oxígeno y temperatura.
- Condiciones intrínsecas; se refiere a las condiciones en que debe de estar la semilla como: embrión maduro (haber completado su desarrollo) y embrión completo (su estructura debe de estar completo).

### **3.1.5.4 Métodos de germinación**

Botero (2011), hace mención de tres métodos para realizar la germinación de las semillas las cuales se describen a continuación:

- Método del frasco: se realiza de dos formas, semillas que crecen solo en frasco y semillas que inician el proceso de germinación en frasco y posteriormente son trasladados a bandejas que contienen humus.
- Método del talego: para granos que se comen inmediatamente (lenteja, soya, alverja, frijol, garbanzo, trigo, ajonjolí, avena) y para granos que se siembran en humus (alverja, cebada, fenegro, frijol, garbanzo, girasol, maíz, soya y trigo).
- Métodos diferentes o casos especiales en la germinación: son aplicadas para semillas que son de frutos secos como las almendras, avena, chía, linaza, mostaza, nuez de Brasil.

### 3.1.5.5 Fases de la germinación

**a) Hidratación de la semilla:** Esta es la primera etapa del proceso de germinación, inicia con el ingreso del agua al interior de la semilla. La hidratación de la semilla varía según la especie considerada; una vez finalizada la hidratación se desencadena una serie de procesos metabólicos primordiales para las posteriores fases (Pita y Perez, 2001).

**b) Germinación:** La germinación es la segunda etapa, a lo largo de este proceso se inicia el metabolismo al interior de la semilla la cual es fundamental para dar paso a la última fase de la germinación (Pita y Perez, 2001).

#### **c) Fase de crecimiento**

Es la última fase de la germinación, se da el crecimiento y emergencia de la radícula. Las semillas que han llegado a la fase de crecimiento no pueden regresar a las anteriores etapas. Si las condiciones para la germinación no son adecuadas esta fase se verá interrumpida y la semilla perecerá. Después de que las cubiertas seminales hayan sido rotas por la radícula se da comienzo al desarrollo de la plántula, que comprende un gran consumo de energía adquirida mediante la movilización de reservas nutritivas al interior de la semilla (Pita y Perez, 2001).

### 3.1.5.6 Movilización de reservas

Al interior de las semillas se encuentran los compuestos de reserva: glúcidos, proteínas y lípidos. El proceso de movilización de reservas es esencial porque favorece la subsistencia de la semilla hasta formar una plántula lo suficientemente desarrollada (Pita y Perez, 2001).

**a) Movilización de glúcidos:** Los principales compuestos de reserva en los granos son los glúcidos y el almidón. La previa hidrólisis del almidón es primordial para producir la energía necesaria que ayuda en la activación del metabolismo de la semilla. Este proceso comienza con la liberación de gliberelinas (hormonas vegetales) que dispone la síntesis de las enzimas encargadas de la desintegración del almidón (Pita y Perez, 2001).

**b) Movilización de proteínas:** La movilización de proteínas provee aminoácidos a la semilla y se obtiene energía necesaria. Los aminoácidos son obtenidos a partir de la degradación de proteínas llevado a cabo por las proteasas (enzimas) que se sintetizan debido a la presencia de giberelinas que son liberadas por el embrión (Pita y Perez, 2001).

**c) Movilización de lípidos:** Los lípidos son compuestos de reserva forman parte de la semilla; estos lípidos generalmente son triglicéridos, que gracias a la acción de las enzimas lipasas son degradados en glicerol y ácidos grasos, que son incorporados en el metabolismo energético de la semilla (Pita y Perez, 2001).

### **3.1.5.7 Importancia del consumo de las semillas germinadas**

Es importante su consumo, debido a que son alimentos ricos en enzimas, vitaminas, minerales y oligoelementos. Las semillas germinadas ayudan a fortalecer el sistema inmunológico y suele ser un excelente suplemento vitamínico; es decir, las semillas germinadas son alimentos pre digeridos, nutritivos y de bajo costo. Gracias a su riqueza nutritiva, es recomendado para los niños y mujeres embarazadas (Martín, 2005).

Son alimentos vivos que aportan energía, son de fácil digestión debido a procesos internos que da como resultado un producto predigerido. Son considerados como alimentos de sobrevivencia en casos de crisis y escases de comida (Soleil, 2003).

Si hablamos en el aspecto nutricional, son considerados como alimentos nutracéuticos, ya que favorece la depuración y desintoxicación, fortalece el sistema inmunológico y revitaliza los mecanismos metabólicos internos (reparación de la flora intestinal y mejor funcionamiento del aparato digestivo), ayuda a prevenir la anemia y son alimentos que presentan funciones antioxidantes en el organismo. Botero (2011) menciona que las semillas germinadas son económicos, debido que al momento de germinarlos aumenta su volumen y rinden más que las semillas no germinadas.

### **3.1.5.8 Propiedades nutricionales de las semillas germinadas**

Los granos recién germinados presentan gran cantidad de vitaminas, minerales, oligoelementos y otras sustancias vitales. Por ejemplo, en la investigación de

Claude (2000), las vitaminas detectadas en los granos germinados de trigo son: A, B, B6, B12, B17, C, E, ácido fólico, pantoténico y colina.

Los minerales detectados son: calcio, hierro, magnesio, cobre, zinc, yodo, potasio junto con los aminoácidos esenciales que el cuerpo requiere para la reparación de tejidos (Claude, 2000).

### 3.1.6 Composición nutricional de la kiwicha y quinua germinada

La Tabla 8, muestra el análisis proximal de las semillas de kiwicha de tres variedades diferentes (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, 2012).

Tabla 8

*Análisis proximal de la kiwicha germinada (72 horas).*

Características	Variedades de Kiwicha		
	Cruentus	Hypochondriacus	Caudatus
Humedad	8.5	8.8	8.5
Proteínas (g)	1.7	1.9	1.5
Extracto etéreo	4	5.1	3.7
Fibra cruda	2.3	2.4	2.4
Cenizas (g)	3.4	3.4	3.2

Fuente: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (2012).

Las semillas germinadas de kiwicha poseen minerales como: calcio (mg) 130-164 y Fosforo (mg) 530 (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, 2012).

Tabla 9

*Contenido de proteína lisina en granos de kiwicha germinada (g/100g)*

Germinación (horas)	Proteína lisina (30°C)	Proteína lisina (36°C)
24	15,9 5,60	15,7 4,6
30	16,1 4,88	16,2 4,4
36	17,3 5,60	19,4 4,4
48	18,8 6,50	19,6 5,0

Fuente: FAO, (2011)

La FAO (2011), muestra en la Tabla 9 los granos de Kiwicha que fueron germinadas a diferentes temperaturas, por lo que se puede apreciar que a

temperaturas de 30 y 36°C por 48 horas existe un incremento del contenido de lisina.

Tabla 10

*Vitaminas (72 horas de germinación), mg/100g de materia seca.*

	<b>Variedades de Kiwicha</b>		
	<b>Cruentus</b>	<b>Hypochondriacus</b>	<b>Caudatus</b>
Vitamina C	412.16		18.83
Vitamina B1 Tiamina	0.12	0.46	0.15
Vitamina B2 Riboflavina	0.60	0.72	0.66
Vitamina B3 Niacina	1.35		1.09
Biotina	46.4		56.6
Ácido fólico	44.0		49.4
Ácido fítico	No detectable		0.14

Fuente: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (2012).

En la Tabla 10 presentada por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (2012), existe una comparación del contenido vitamínico en tres variedades de Kiwicha, se observa que la variedad Cruentus posee altos índices de vitamina C y vitamina B3; la variedad hypochondriacus contiene altos índices de vitamina B1 y vitamina B2; por último, la variedad Caudatus posee altos índices de vitamina B1, Biotina ácido fólico y ácido fítico.

Tabla 11

*Contenido de almidón y azúcares en semilla de quinua germinada (g/100g)*

<b>Muestra</b>	<b>Glucosa</b>	<b>Fructuosa</b>	<b>Sacarosa</b>	<b>Maltosa</b>	<b>Almidón</b>
0	1.7	<0.2	2.9	1.4	48
1	20.0	<0.2	4.5	25.0	46
2	15.0	0.33	5.0	19.0	41
3	14.0	0.47	4.3	15.0	40

Fuente: Bedón, (2013).

La Tabla 11, presentada por Bedón (2013), se aprecia el contenido de azúcares de la semilla de quinua germinada, donde hay un incremento de la glucosa en el día 1 y disminuye en el tercer día, en el día 3 la fructuosa incrementa, la sacarosa

se incrementa en el día 2 y disminuye al tercer día, la maltosa se incrementa en el día 1 y disminuye en el día 3; el almidón disminuye al paso de cada día.

Tabla 12

*Comparación nutricional de la quinua sin germinar y quinua germinada*

<b>Composición</b>	<b>Quinua sin germinar</b>	<b>Quinua germinada</b>
Energía (Kcal/100g)	399	401.52
Proteína (g/100g)	15.7	16.5
Grasa (g/100g)	6.3	5.6
Carbohidratos	69.0	34.1
Isoleucina	3.0	5.0
Leucina	6.1	8.0
Lisina	7.9	9.1
Metionina	2.3	3.5
Fenilalanina	4.1	5.0
Treonina	2.5	3.9
Triptófano	0.6	1.9
Valina	4.0	4.7
Calcio	148.7	197.0
Hierro	13.2	21.7
Magnesio	249.6	283.1
Fosforo	383.7	399.0
Potasio	926.7	970.1
Zinc	4.4	8.7

Fuente: FAO, (2011)

Al realizar la germinación de la quinua, estamos potenciando el valor nutricional, por lo que, al ser consumidos de esta manera aporta grandes beneficios. La Tabla 12 muestra que existe un incremento energético en la semilla germinada de quinua, disminuye la cantidad de grasa, los aminoácidos y los minerales aumentan significativamente (Chaparro, 2010).

Tabla 13

*Comparación nutricional de la kiwicha sin germinar y la Kiwicha germinada.*

<b>Composición</b>	<b>Kiwicha sin germinar</b>	<b>Kiwicha germinada</b>
Energía (Kcal/100g)	375.6	380.1
Proteína g	17.2	18.7
Grasa g	6.8	5.5
Carbohidratos g	66.5	40.5
Isoleucina	3.7	5.3
Leucina	5.7	7.0
Lisina	8.0	10.2
Metionina	4.2	5.8
Fenilalanina	7.7	8.0
Treonina	3.6	4.7
Triptófano	1.5	2.7
Valina	4.3	5.0
Calcio mg	236.0	276.8
Hierro mg	10.5	15.8
Magnesio mg	244.0	260.0
Fosforo mg	453.0	464.1
Zinc mg	3.7	4.9

Fuente: Peralta et al. (2008)

Al realizar la comparación en las Tablas 12 y 13, se observa que el valor proteico de la kiwicha es mayor a la quinua, pero estos dos a su vez son superiores a cualquier cereal. En este caso gracias a estas comparaciones, es mejor consumir semillas germinadas, ya que incrementa su valor nutritivo aportando beneficios al consumidor.

### **3.1.7 Características físicas y químicas del pan**

#### **3.1.7.1 Características físicas del pan**

##### **a) Peso del pan:**

Está relacionado con el rendimiento del producto final, en panificación este parámetro está influenciado con la pérdida de agua (vapor) durante el proceso de horneado (Acosta, 2013).

Luego de haber sido enfriado a temperatura normal, los panes deben ser pesados y estos deben de ser expresados en gramos. Si el proceso de panificación ha sido efectuado en condiciones uniformes, el peso del pan ayudará a calcular el número de unidades que pueden ser producidas desde una cantidad determinada de harina (Cauvain y Young, 2002).

**b) Volumen del pan:**

El volumen es la principal característica del pan, por lo que la mayoría de especialistas mencionan que el pan presenta el doble del volumen inicial antes de ser horneado, está asociado al tamaño y tipo de pan (Sahin y Gülüm, 2009). El volumen es considerado como la cantidad de espacio ocupado en el pan, sus unidades son: pulgadas cúbicas, centímetros cúbicos y metros cúbicos. Este análisis es primordial en la industria alimentaria, está vinculada con otros parámetros de calidad como la textura (Sahin y Gülüm, 2009). El volumen puede ser calculado mediante los siguientes métodos: desplazamiento de líquidos, semillas, gas o sólidos y procesos de imágenes.

**c) Textura del pan:**

La textura del pan se vincula con la cantidad de agua incorporada a la masa y el tipo de harina utilizada durante la elaboración. Haralick et al. (1973) define la textura como uno de los tres tipos fundamentales de la función utilizada por el ser humano para distinguir las regiones en una escala de grises, los otros dos son el tono y el contexto, de estos tres tipos de función, el tono y la textura solo pueden ser evaluados automáticamente por una computadora.

Para la medida de la textura, existen diversos equipos tales como tenderómetro, texturómetro, entre otros (Pérez, 2008).

**d) Porosidad del pan:**

Esta propiedad caracteriza a la textura y humedad intermedia del pan. La porosidad puede ser calculada mediante diversos métodos: diferencia del volumen global de la muestra y el volumen de la muestra comprimida, método óptico, método de densidad, método de imagen, o utilizando un picnómetro o porosímetro (Sahin y Gülüm, 2009).

**e) Color y formación de la corteza del pan:**

Durante el horneado se desarrolla el color de la corteza debido a la reacción de Maillard y a la caramelización, estos compuestos influyen en el color y flavor (aroma) del pan. La miga usualmente es de color blanco-crema o ligeramente

amarillo, esta coloración se debe a la oxidación de los pigmentos carotenoides. Los factores principales que influyen en la miga es la intensidad y duración del amasado. Cuando el tiempo de amasado es prolongado se proporciona mayor oxigenación y a la vez se degrada los pigmentos de la harina, blanqueándose la miga resultante y a la vez existirá una pérdida considerable del sabor y aroma (Edel y Rosell, 2007). El aroma peculiar de los panes, es gracias a los ingredientes (la sal y el azúcar, son responsables del aroma y color del pan) y procesos (el tiempo de fermentación y horneado- caramelización de la corteza) que se realiza durante la producción del pan (Sahin y Gülüm, 2009). Se estima mediante técnicas descriptivas, como el sistema de Munsell, o con colorímetros triestimulos, pero no resultan eficiente debido a que la coloración en la corteza del pan varía de acuerdo al tipo de harina con el cual se trabaja (Cauvain y Young, 2002).

### 3.1.7.2 Características químicas del pan

Calaveras (2004) muestra en la Tabla 14 la composición química proximal del pan tipo bollo.

Tabla 14

*Composición química proximal del pan tipo bollo*

<b>Contenido en 100g de pan</b>	
<b>Composición</b>	<b>Base húmeda%</b>
Humedad	19.9
Proteína	6.3
Grasa	11.8
Fibra	2.3
Carbohidratos	59.7

Fuente: Calaveras (2004)

La Tabla 14, muestra un pan que posee el mayor porcentaje de carbohidrato considerado como una óptima fuente de calorías, también aporta proteínas (9%) según Charley y Kent (1995).

El pan como alimento, aporta energía y cantidades considerables de macro y micronutrientes. Por lo que se destaca su contenido de carbohidratos, proteína, fibra, hierro, zinc, magnesio, potasio y vitaminas B1, vitamina B2 y ácido fólico (Tejero, 2001).

#### **a) Determinación de la humedad en el pan**

Todos los alimentos están constituidos por agua, su contenido varía entre 60-95%. En los alimentos ya sea de origen vegetal o animal presenta “agua libre” y “agua ligada”; el agua libre es liberada con gran facilidad, mientras el agua ligada se encuentra retenida en medio de los tejidos. Estas dos formas, pueden ser halladas en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales (Hart, 1991). Para la determinación de la humedad generalmente se usa los diversos métodos de secado (estufa, estufa al vacío, termobalanza).

#### **b) Determinación de la ceniza en el pan**

La determinación de la ceniza consiste en someter la muestra a calcinación a 600°C, siendo el residuo orgánico resultante ceniza. Se puede determinar mediante el método Weende (Tello et al. 2004).

#### **c) Determinación de la proteína en el pan**

Es reducido la calidad de las proteínas del pan debido al contenido reducido de aminoácidos esenciales. El pan posee lípidos insaturados, la cantidad es menor (Tejero, 2001)

Se determina el porcentaje de Nitrógeno que contiene las muestras de alimentos y de residuos, cuyo resultado es multiplicado por el factor 6.25. Esto nos da “la proteína bruta”, para tal fin empleamos el método MICRO KJELDAHL (Tello et al. 2004). Para determinar proteínas se puede aplicar los siguientes métodos: Kjeldahl, Absorción a 280nm, Biuret, Lowry, Turbidímetro y mediante la unión de colorantes.

#### **d) Determinación de la grasa en el pan**

Determinar la grasa consiste en extraer la grasa mediante solvente orgánico (éter), y de allí que la grasa se denomina extracto etéreo y se puede determinar mediante los siguientes métodos: Soxhlet, Goldfish, Lotes, Blidh – Dyer, Rose – Gottlieb, gerber y Mojonnier (Tello et al. 2004).

#### **e) Determinación de la fibra en el pan**

El contenido de fibra varía según el tipo de pan con el cual se trabaja, esto se debe al tipo de harina, la variedad de grano o cereal, los ingredientes que serán

incorporados a la mezcla, el proceso de horneado influye en la composición nutricional del pan (Cauvain y Young, 2002).

Su determinación consiste en someter una cantidad conocida libre de grasa a la acción de 2 digestiones: ácida y alcalina diluidos, el residuo de las digestiones contiene la fibra cruda más las cenizas, que al someterlo a calcinación el peso perdido corresponde a la fibra (Tello et al. 2004).

#### **f) Determinación de carbohidratos en el pan**

Los carbohidratos son el componente principal del pan, especialmente el almidón, ya que es considerado como un carbohidrato complejo. El almidón al ser ingerido, en el organismo se convierte en glucosa lo cual proporciona energía de acuerdo al tipo de pan que se consume (Cauvain y Young, 2002).

Llamado también extracto libre de nitrógeno, NIFEX o carbohidratos solubles, consiste en sumar todos los valores encontrados (proteína, grasa, fibra y cenizas) el resultado de esta suma restarla de 100 (Tello et al. 2004).

### **3.2 MARCO CONCEPTUAL**

#### **3.2.1 Germinado**

Es el paso de la vida latente a la vida activa de la semilla. La germinación se desarrolla en condiciones favorables, produciéndose así el brote del embrión y el desarrollo de una nueva planta (Paredes, 2005).

#### **3.2.2 Trigo:**

El trigo es uno de los cereales más cultivadas a nivel mundial, el grano se clasifica en función de la dureza, estación de cultivo, color y textura del endospermo; a partir de la harina se obtiene múltiples productos alimenticios como pan, cerveza, galletas, pasta, pasteles, cereales de desayuno (Edel y Rosell, 2007).

#### **3.2.3 Quinoa**

La FAO y la OMS catalogan a este grano como un superalimento debido a su gran valor nutricional. La quinoa es el único alimento vegetal, que al ser ingerido aporta en su totalidad aminoácidos esenciales las cuales se encuentran dentro de los estándares de nutrición establecidas por la FAO.

### **3.2.4 Kiwicha**

La Kiwicha es un grano andino de gran importancia, la AEDES (2014), considera a la kiwicha como un alimento nutracéutico o funcional, ya que posee beneficios que aportan al consumidor mediante la ingesta. A su vez, este grano andino supera proteínicamente a la quinua, por lo que es un alimento incluido en la dieta de los astronautas.

### **3.2.5 Sustitución parcial**

Es la adición de productos alternativos para mejorar las propiedades alimenticias, para reponer el contenido original de los nutrientes. La inclusión de harina de granos andinos, puede sustituir desde un 10% hasta 35% a la harina de trigo, dependiendo del tipo de pan (GRANOTEC, 2018).

### **3.2.6 Pan**

Es el producto obtenido a partir de la combinación de harina, sal, agua y levadura, pero en proporciones adecuadas, a su vez también se puede añadir otros ingredientes permitidos y debidamente autorizados (Edel y Rosel, 2007).

### **3.2.7 Caracterización**

Determinación de atributos peculiares de un producto, de un modo que claramente se distinga del resto de productos, ya sea por su composición nutricional, química o sus características físicas (Magro, 2015).

### **3.2.8 Características físicas**

Se basan principalmente en la estructura del objeto (alimento), estas características pueden ser definidas mediante la observación sin alterar su composición química (Sahin y Gülüm, 2009).

### **3.2.9 Características químicas**

Son aquellos atributos que poseen los alimentos, que se manifiestan cuando existe una reacción al interactuar con otras sustancias, la cuales, provoca cambios en la composición original (Sahin y Gülüm, 2009).

## CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 4.1.1 Procesos para la elaboración del pan

##### 4.1.1.1 Proceso para germinar los granos de quinua y kiwicha

El método utilizado en la germinación de la quinua (Blanca Junín) y kiwicha (Centenario), fue el método diferente o casos especiales establecida por Botero (2011).

#### a) Proceso de la germinación de la kiwicha y obtención de harina.

- **Recepción:** Se acopió los granos de kiwicha de la variedad “Centenario” proveniente de la comunidad de Huancaray, y se realizó el pesaje.
- **Limpieza:** En esta etapa se procedió con la limpieza de los granos eliminando toda materia extraña como tallos, piedras y tierra.
- **Pesado:** Nuevamente se pesó la materia prima para conocer el peso real de los granos con los cuales se trabajará (semillas libres de materia extraña).
- **Lavado y remojo:** Se lavó con agua potable para que las semillas de kiwicha estén libres de polvo, una vez limpia fueron sometidos a un previo remojo con agua destilada a temperatura ambiente por 6 h.
- **Germinado:** Después que los granos fueron remojados, se escurrió el agua y se realizó un lavado de las semillas, en seguida fueron puestas en bandejas (previamente lavadas y desinfectadas), se cubrieron con fundas plásticas (film) para mantener la humedad y el calor, estas bandejas que contenían los granos se colocaron en la incubadora a una temperatura de 26°C durante 48 h según la metodología descrita por Paucar (2015) en el Anexo 13.
- **Secado:** Una vez cumplido el tiempo de germinación, se realizó el secado de las semillas germinadas de kiwicha, en una estufa a una temperatura de 60°C durante 5 h.
- **Molienda y almacenado:** Ya secos los granos germinados se realizó un molido fino para obtener harina de Kiwicha germinada y se realizó el pesado final.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se presenta la Figura 4 en la cual se hace referencia al diagrama descriptivo para obtener harina de kiwicha germinada, siguiendo los parámetros establecidos por Paucar (2015).

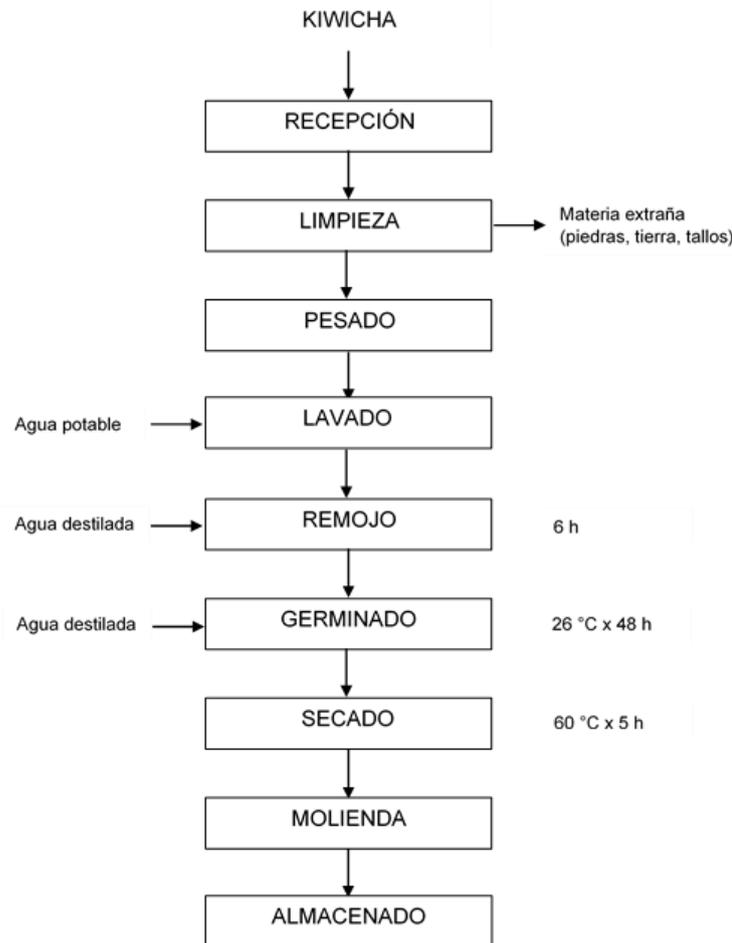


Figura 4. Diagrama descriptivo para harina de Kiwicha germinada.

#### b) Proceso para la germinación de los granos de quinua y obtención de harina.

- **Recepción:** Se acopió la quinua de la variedad “Blanca Junín” proveniente de la comunidad de Huancaray, se realizó el pesaje.
- **Limpieza:** Se procedió con la limpieza de los granos de quinua eliminando la materia extraña como tallos, tierra y piedra.
- **Pesado:** Nuevamente se pesó la materia prima (semillas libres de materia extraña)
- **Lavado:** Luego se lavó con agua (30°C) para que el grano quede libre de saponina.

- **Germinado:** Una vez que la quinua esté limpia y libre de saponina para la germinación, las semillas fueron colocadas en bandejas de plástico (previamente lavadas y desinfectadas), para que pueda conservar la humedad y calor se cubrió con fundas plásticas (film) y se colocó en la incubadora a una temperatura de 26°C durante 24 h según la metodología descrita por Paucar (2015) en el Anexo 13.
- **Secado:** Culminado el tiempo de germinación, se realizó el secado de las semillas germinadas de kiwicha, en una estufa a una temperatura de 60°C durante 5 h.
- **Molienda y almacenado:** Una vez ya secos, se realizó un molido fino para obtener harina de quinua germinada, finalmente se envasó y almacenó.

Ahora bien, a continuación, se presenta la Figura 5 que da a conocer el diagrama para obtener harina de quinua germinada, siguiendo los parámetros establecidos por Paucar (2015).

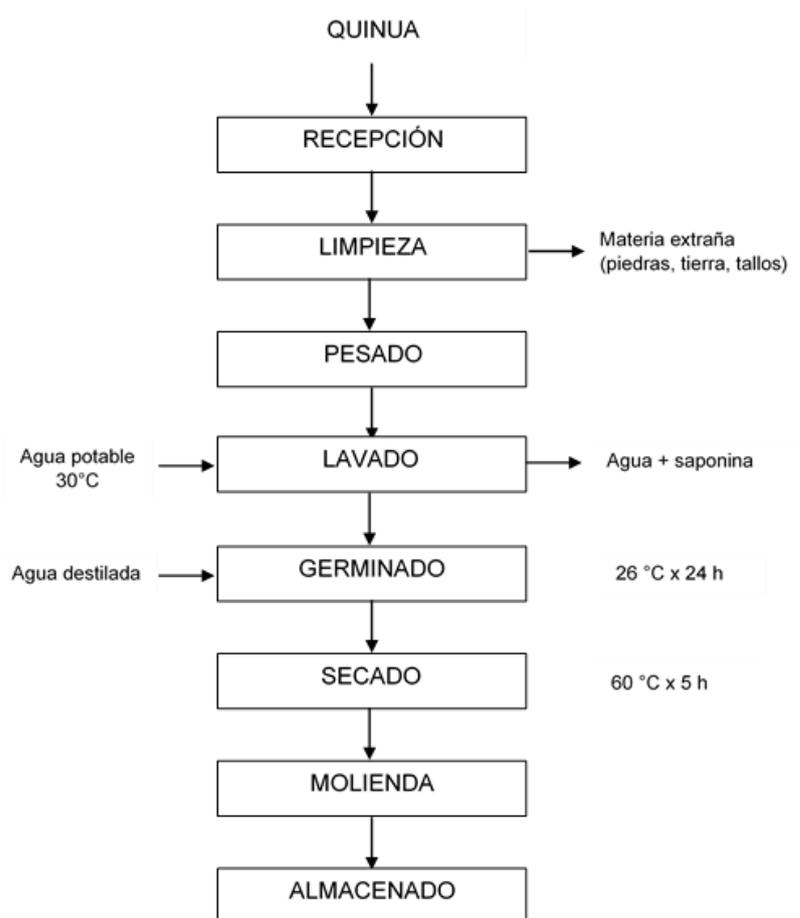


Figura 5. Diagrama descriptivo para harina de quinua germinada.

**c) Proceso para la obtención de pan con sustitución parcial con harina obtenida a partir de los granos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).**

La combinación de los tres tipos de harina se realizó mediante el peso en base seca, las proporciones fueron harina de quinua germinada (HQG), harina de kiwicha germinada (HKG) y harina de trigo (HT), cada tratamiento fue sustituido hasta el 35% por harina de granos germinados, GRANOTEC (2018) recomienda este valor de sustitución para productos de panificación enriquecidos obteniendo un producto de buena calidad.

Tabla 15

*Fórmula general para la elaboración del pan tipo yema*

<b>Insumos</b>	<b>Porcentaje</b>
Harina	100%
Levadura	2%
Azúcar	10%
Sal	1%
Agua	40%
Materia grasa	10%

Fuente: Tello et al. (2004).

Para la elaboración del pan se aplicó el método directo, la masa estaba constituida por harina de trigo, harina de quinua germinada, harina de kiwicha germinada, la cantidad de los insumos se calculó en función a los porcentajes presentados en la Tabla 15 como la levadura, azúcar, sal, aceite vegetal y agua, los panes tuvieron la forma de bollos.

- **Pesado:** Antes de iniciar, se realizó la limpieza de los equipos y ambiente, así mismo los materiales de trabajo fueron lavados y desinfectados. Una vez determinada las formulaciones y obtenida la harina de granos germinados de quinua y kiwicha, fue pesado de acuerdo a la cantidad establecida para cada tratamiento, de igual manera se pesó los insumos.
- **Mezclado:** Con ayuda de una pequeña batidora-amasadora se prosiguió a mezclar los tres tipos de harina (harinas de: trigo, quinua germinada y kiwicha germinada) junto a la levadura, el azúcar restante y la sal, seguido por el aceite y el agua.

- **Amasado:** Se amasó durante 11 min a velocidad media (con la finalidad de estirar las cadenas de gluten creando finalmente una masa elástica).
- **Pesado y dividido:** Para realizar la división, la masa fue pesado y posteriormente dividido, cada unidad pesaba 70 g.
- **Boleado:** Se realizó el boleado dando una forma esférica a la masa, se cubrió con un trozo de funda plástica (film) con el objetivo de que la masa no pierda humedad.
- **Pre-fermentado y formado:** Se dejó reposar a temperatura ambiente por 1 h (primera fermentación). A la masa se le dio una forma esférica y fue un poco aplastada.
- **Fermentado:** Esta etapa fue llevado al interior de una cámara de fermentación durante 30 min a una temperatura de 36°C con una humedad relativa de 80% (segunda fermentación).
- **Horneado:** Cumplido el tiempo de fermentación, se procedió a hornear la masa durante 30 min a una temperatura de 180°C recomendado por el Grupo Harinalias (2015).
- **Enfriado y embolsado:** Se dejó enfriar durante 60 min y luego se embolsó y almacenó en un ambiente limpio y fresco.

Ya descrito los pasos a seguir, a continuación, se presenta en la Figura 6 el diagrama de flujo para la elaboración del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y kiwicha germinadas.

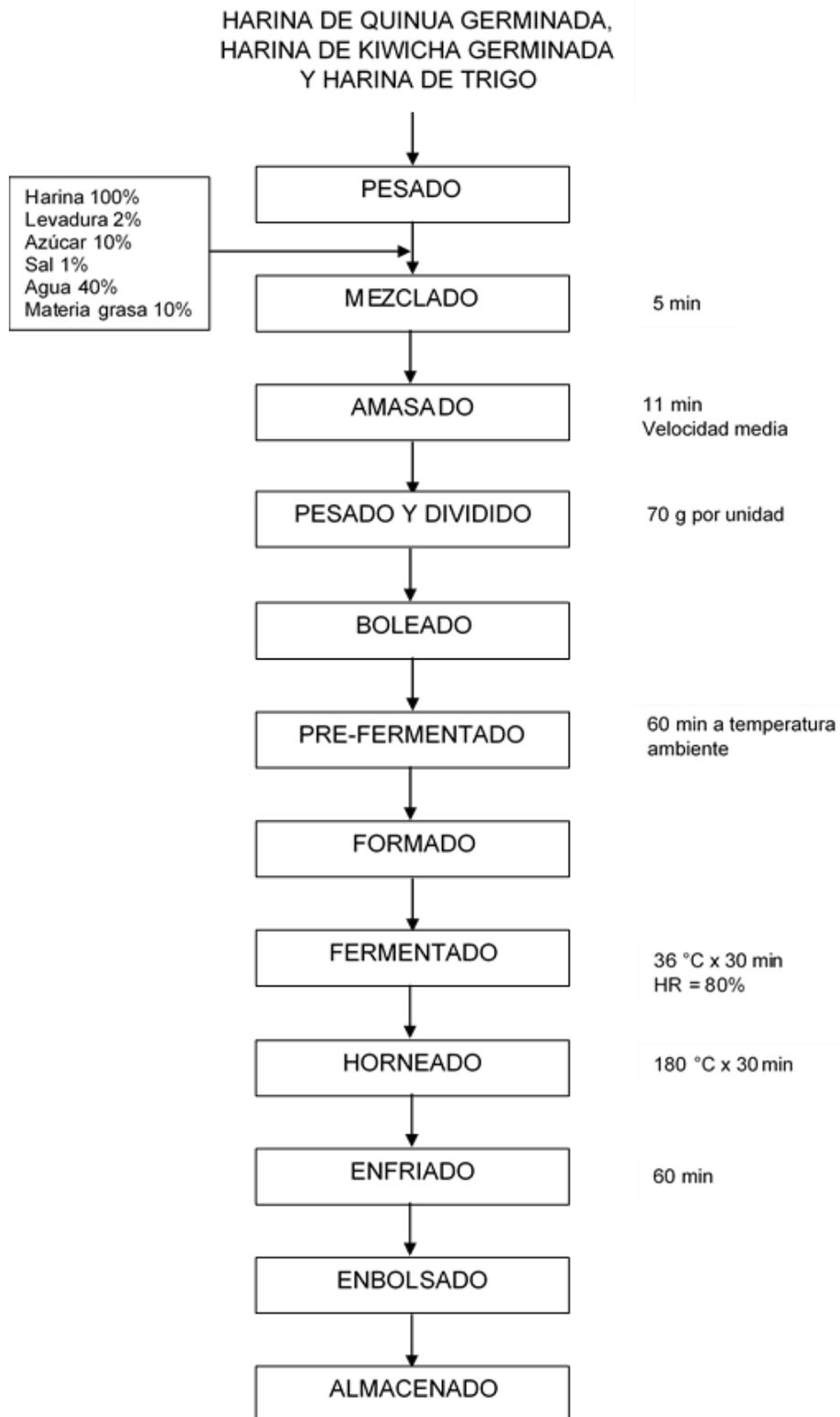


Figura 6. Diagrama de flujo de elaboración de pan.

#### 4.1.2 Método de análisis

##### 4.1.2.1 Análisis físico del pan

**a) Peso:** Se pesó los panes enfriados, con ayuda de una balanza analítica, con el objetivo de conocer el peso final de cada muestra.

**b) Textura:** Se determinó con el método 74-10A de la AACC (2000). Se empleó un Texturómetro, esta prueba se realizó con una sonda cilíndrica y configurando el test a modo normal, la rapidez de prueba fue de 1mm/s, con una separación de 3mm, se trabajó con cargas de 100 y 500g; la finalidad de esta técnica fue usar dos compresiones continuas en la misma muestra, aplicando una fuerza que causaba alguna alteración irreversible en el pan, las unidades de medida fueron en Newton por centímetro cuadrado (N/cm<sup>2</sup>).

**c) Volumen específico:**

Se empleó la modificación del método 10-05 de la AACC (2000) desplazamiento de semillas. Para determinar el volumen específico del pan, se realizó mediante el desplazamiento de semillas al interior de un recipiente cilíndrico. Los pasos seguidos fueron los siguientes: primero se pesó cada muestra de pan, luego, en una probeta se introdujo semillas de linaza, luego el pan fue introducido en un vaso de precipitación de 1000ml de capacidad, finalmente se vierte las semillas hasta que el pan quede completamente cubierto, se tomó los datos correspondientes, y se retiró la muestra.

Al obtener los datos, se aplica la siguiente ecuación:

$$V = \pi \times r^2 \times D \dots\dots\dots \text{Ec. ( 1)}$$

Donde:

V=volumen del pan (cm<sup>3</sup>)

r=radio del cilindro (cm)

D=distancia desplazamiento desde la marca (cm)

El volumen específico del pan fue determinada a través de la división del volumen (cm<sup>3</sup>) entre el peso (g).

**d) Porosidad del pan (método óptico):** Se determinó cuando el pan se enfrió completamente. Para ello se realizó el corte en rebanadas con el fin de capturar imágenes a través de fotografía que fue escaneado a color y posteriormente convertido a escala de grises empleando el software Imagen J la cual fue

calibrado las unidades de medida, los valores de pixeles se convierten en unidades de distancia (Sahin y Gülüm, 2009). A partir de esta imagen, se extrajo el porcentaje de porosidad mediante el software mencionado.

#### **4.1.2.2 Análisis químico del pan**

- a) Determinación de la humedad:** Se determinó mediante la Norma Técnica Peruana NTP 209.264:2013. (Anexo 1).
- b) Determinación de proteína:** Se determinó mediante la Norma Técnica Peruana NTP 209.262:2013. (Anexo 2).
- c) Determinación de grasa:** Se determinó mediante la Norma Técnica Peruana NTP 209.263:2013. (Anexo 3).
- d) Determinación de cenizas:** Se determinó mediante la Norma Técnica Peruana NTP 209.265:2013. (Anexo 4).
- e) Determinación de fibra:** Se determinó de acuerdo Food and Agriculture Organization FAO 14/7, por hidrólisis ácido alcalino. (Anexo 5).
- f) Determinación de carbohidratos:** Se obtuvo por diferencia de peso tras haber completado los análisis de grasa, ceniza, proteína, fibra y humedad, todos estos análisis en base seca.

## **4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **4.2.1 Población**

Por tratarse de un diseño de mezclas, para cada tratamiento se elaboró 4 panes de 60g por triplicado y por motivo por el cual se consideró un total de 7.200kg de pan que viene a ser la población total.

### **4.2.2 Muestra**

La determinación de la muestra fue realizada mediante análisis no probabilístico por criterio del investigador, en consecuencia, el total de pan elaborado fue considerado convenientemente como la muestra total para esta investigación.

## **4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En esta investigación se empleó el diseño de mezclas, por lo que se consideró las siguientes variables de estudio:

Como variables independientes: porcentaje de harina de trigo, porcentaje de harina de quinua germinada y porcentaje de harina de kiwicha germinada

Como variables dependientes: características físicas (peso, textura, volumen específico y porosidad) y químicas (humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidrato)

Tabla 16

*Matriz de diseño experimental.*

FACTORES			PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS
Harina de quinua germinada (% HQG)	Harina de kiwicha germinada (%HKG)	Harina de trigo (%HT)	
20.0	15.0	65.0	
10.0	25.0	65.0	
10.0	15.0	75.0	
15.0	20.0	65.0	
15.0	15.0	70.0	
10.0	20.0	70.0	
13.3333	18.3333	68.3333	
16.6667	16.6667	66.6667	
11.6667	21.6667	66.6667	
11.6667	16.6667	71.6667	

#### 4.3.1 Diseño experimental

Los experimentos con mezclas, son diseños que están conformados por componentes o ingredientes, esto influye en las variables de respuesta. Un experimento con mezclas presenta “q” componentes y cada tratamiento es un experimento de combinaciones de estos componentes o ingredientes (Gutiérrez H., 2012).

Los factores vienen a ser los componentes o ingredientes que conforma una mezcla, por lo que sus niveles no son independientes. Por ejemplo, si  $x_1, x_2, \dots, x_q$  indica las proporciones de  $q$  componentes de la mezcla, entonces:

$$0 \leq x_i \leq 1, \text{ para cada componente } i \dots \text{ Ec. (1)}$$

$$\sum_{i=1}^q x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1 \dots \text{ Ec. (2)}$$

La primera ecuación indica que las proporciones tiene que ser cantidades entre cero y uno, y la segunda ecuación condiciona que las  $q$  proporciones sumen siempre la unidad, por lo que sus niveles de los componentes  $x_1$ , no sean independientes entre sí. Para tres componentes la región experimental es un triángulo como se muestra en la Figura 7, donde las regiones son consideradas al mismo tiempo como regiones de operatividad (Gutiérrez H., 2012).

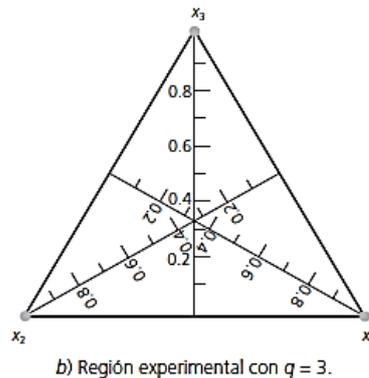


Figura 7. Representación geométrica de un diseño de experimentos con mezclas. Gutiérrez y Salazar (2012).

Para el diseño de contrastación, se determinó las restricciones de la mezcla, estableciendo los límites máximos y mínimos para cada componente, como se presenta a continuación en la Tabla 17:

Tabla 17

*Restricciones para los ingredientes de las mezclas.*

Ingredientes	Bajo	Alto	Unidad
HQG	10.0	20.0	%
HKG	15.0	25.0	%
HT	65.0	75.0	%

Se tuvo como variables independientes: harina de quinua germinada, harina de kiwicha germinada y harina de trigo.

Variables dependientes son: propiedades físicas (peso, volumen específico, textura y porosidad) y propiedades químicas (humedad, cenizas, proteínas, grasa, fibra y carbohidratos).

En la Figura 8 se presenta el diagrama de contrastación.

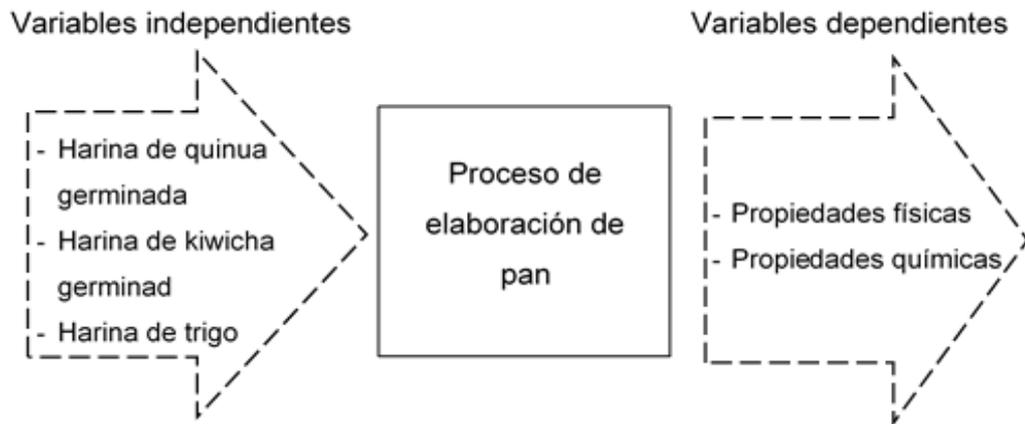


Figura 8. Diagrama de contrastación y variables.

#### 4.3.2 Análisis estadístico

Se trabajó con el diseño simplex-centroide, este diseño tiende a colocar puntos en localizaciones interiores de un simplex, el diseño para este modelo cubico se muestra en la Figura 7.

Se hizo un análisis de varianza (ANOVA), con el fin de probar la hipótesis con respecto a las variables de respuesta.

Para el análisis, se formuló panes empleando un diseño de mezclas, para las propiedades físicas y químicas de manera individual, además también se realizó un diagrama radial para seleccionar el mejor tratamiento que presente mejores características fisicoquímicas.

- Para comparar las medias de rango múltiple se usó ANOVA.
- Para la evaluación de los resultados se aplicó el software estadístico STATGRAPHICS centurión XVI con el apoyo de Excel de Microsoft.

## CAPITULO V: RESULTADOS Y DICUSIONES

### 5.1 Características físicas del pan

En la Tabla 18 se presenta el resultado de las características físicas realizados al producto final.

Tabla 18

*Resultados de las características físicas del pan.*

Tratamientos	Peso		Textura		Volumen específico		Porosidad	
	(g)	S	(N/cm <sup>2</sup> )	S	(g/cm <sup>3</sup> )	S	(%)	S
T1	60.00	0.01	3.18	0.208167	1.91	0.0866025	67.17	0.152753
T2	60.01	0.592312	5.70	0.665833	1.76	0.146401	67.50	0.1
T3	60.02	0.03	6.91	0.754983	1.91	0.167432	67.80	0.1
T4	60.02	0.02	4.60	0.173205	1.91	0.080829	67.40	0.2
T5	60.03	0.0321455	5.27	1.00167	1.91	0.167432	67.40	0.1
T6	60.04	0.0208167	5.81	0.503322	1.91	0.167432	67.50	0.2
T7	60.06	0.0057735	3.95	0.556776	1.76	0.0866025	67.50	0.1
T8	60.04	0.0360555	5.04	0.251661	1.76	0.145029	67.70	0.34641
T9	59.92	0.0305505	4.93	0.818535	1.77	0.0866025	67.50	0.360555
T10	59.91	0.0208167	4.72	0.472582	1.91	0.167432	67.57	0.152753

*Donde S es la desviación estándar.*

Al realizar el análisis estadístico ANOVA para cada una de las características físicas del pan tales como el peso (Anexo 11.1), textura (Anexo 11.2), volumen específico (Anexo 11.3) y porosidad (Anexo 11.4), no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos por cada característica con un nivel de confianza del 95.0 %, es decir, el valor-P > 0.05 para cada determinación.

**Peso:** Al analizar los resultados y según Cauvain y Young (2002), mencionan que el pan luego de haber enfriado, presenta variaciones en el peso inicial y el peso final. Los resultados obtenidos concuerdan con el autor, ya que el peso inicial de la masa fue de 70 g, una vez horneado y enfriado el pan presentó una disminución en el peso (10.0 g promedio), obteniendo así panes de 60 g promedio. Según la descripción realizada por Tello et al. (2004), el T1 (60 g) presenta el peso ideal, que de acuerdo al autor forma parte de los panes pequeños que tiene un peso de 60 g. Por otra parte, Arone (2015); manifiesta que al incrementar la cantidad de harina de trigo el pan tiende a perder peso, pero si el porcentaje de sustitución es mayor el peso se incrementa significativamente; sin embargo, en esta investigación, se puede observar que el peso del pan por tratamientos no presenta diferencias significativas, ya que se ha sustituido hasta un 35 %. También se evidenció que después del horneado los panes presentaron una disminución en el peso (10g) debido a que la humedad se libera y condensa.

En la Figura 9, se muestra la codificación del rango de los valores predichos para el peso del pan, extendiéndose desde el azul que viene a ser el valor más bajo hasta el rojo que representa el valor alto, al mismo tiempo en la Tabla 18 se observa que el tratamiento que presentó menor peso es el T10 = 59.91 g y el que tiene mayor peso es el T7 = 60.06 g.

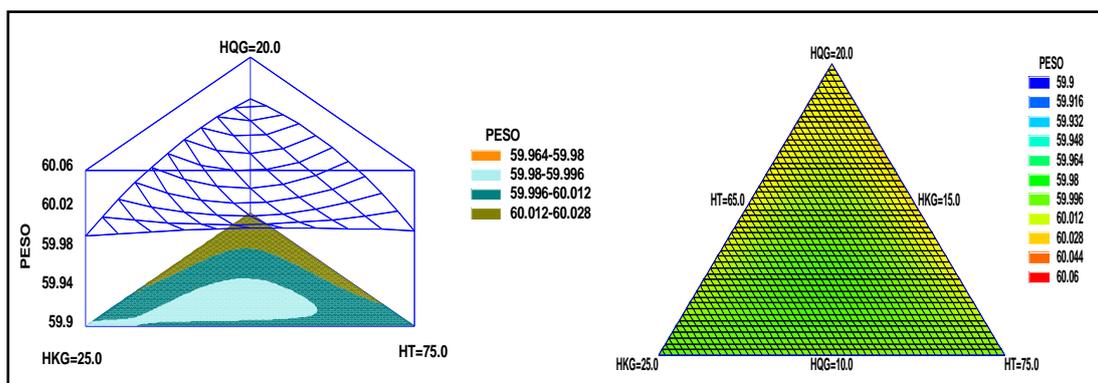


Figura 9. Superficie de respuesta para el peso del pan.

En la Figura 10, se observa claramente la interacción entre los tres tipos de harina que inciden en el peso final del pan, el componente con mayor efecto en el peso es la harina de quinua germinada (HQG), seguido por la harina de trigo (HT) y con menor efecto la harina de kiwicha germinada (HKG).

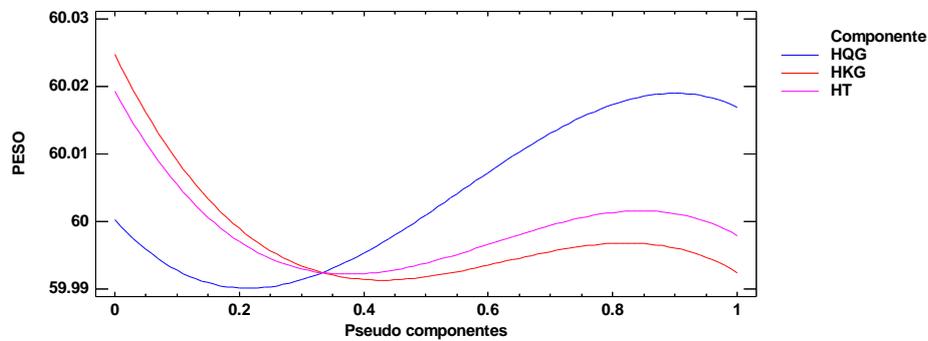


Figura 10. Gráfica de trazas para el peso del pan.

Asimismo, en la Figura 11, se muestra el diagrama de medias para el peso del pan existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media, donde al realizar el traslape la mayoría de los intervalos se superponen de en su totalidad, a excepción del tratamiento 1 que no se superpone con el resto de los tratamientos, es decir, que el tratamiento 1 es diferente al resto.

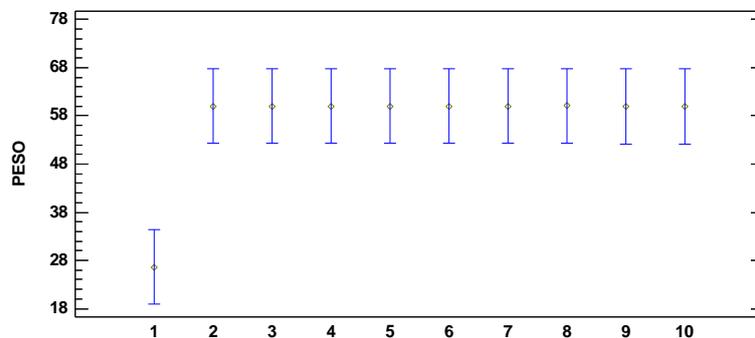


Figura 11. Gráfica de medias para el peso del pan.

**Textura:** Los resultados obtenidos con respecto a la textura presentaron variaciones, el tratamiento que presenta mayor valor es T3 = 6.91 N/cm<sup>2</sup>, mientras que el tratamiento que T1 = 3.18 N/cm<sup>2</sup> es el menor valor, por lo que Vásquez et al. (2016), registró diferencias significativas obteniendo panes blandos con sustitución al 5 % y 7.5 %, la sustitución al ser incrementado observó como la textura del pan disminuye. Además, Arone (2015) menciona que la textura es un parámetro importante ya que, al aplicar fuerza con ayuda de un texturómetro a las muestras a evaluar suele deformarse o romperse, está directamente vinculado con la fuerza de mordedura del ser humano durante el consumo de alimentos.

En la Figura 12, se puede observar la codificación del rango de los valores predichos para la textura del pan, extendiéndose desde el azul hasta el rojo, en la Tabla 18 se observa que el tratamiento que presenta la textura ideal es el T1 con un valor de 3.18N/cm<sup>2</sup> que presentó una corteza blanda.

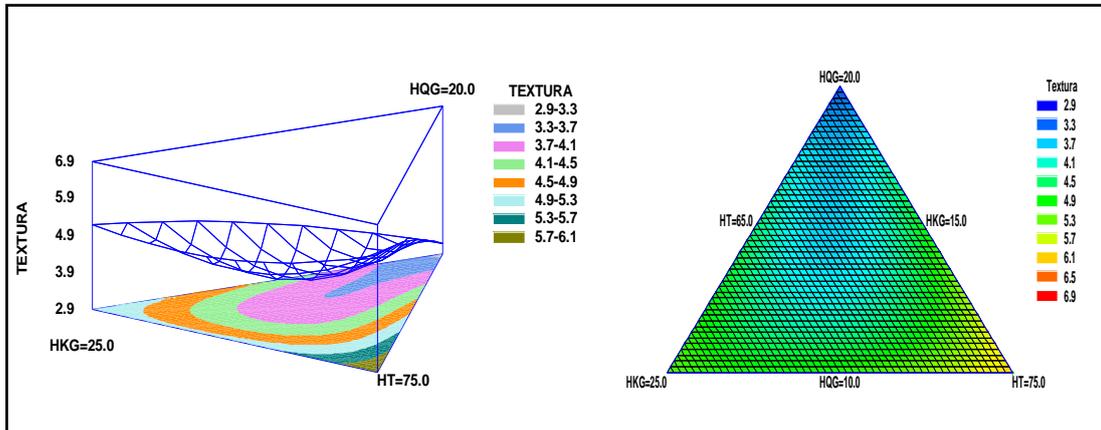


Figura 12. Superficie de respuestas para la textura del pan.

En este sentido en la Figura 13, se muestra el gráfico de trazas para la textura del pan, se observa que el componente con mayor efecto sobre la textura es la harina de trigo, el componente que influye de manera intermedia es la harina de kiwicha germinada y el que influye menos es la harina de quinua germinada.

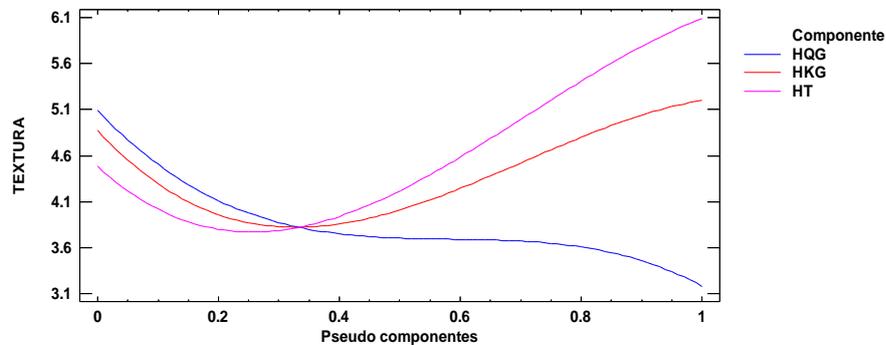


Figura 13. Gráfica de trazas para la textura del pan.

Asimismo, en la Figura 14, se muestra el diagrama de medias para la textura del pan, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media, donde al realizar el traslape todos los tratamientos se superponen a excepción del tratamiento 1 que se superpone mínimamente con el tratamiento 7, es decir, el tratamiento 1 y 7 presentan similitud.

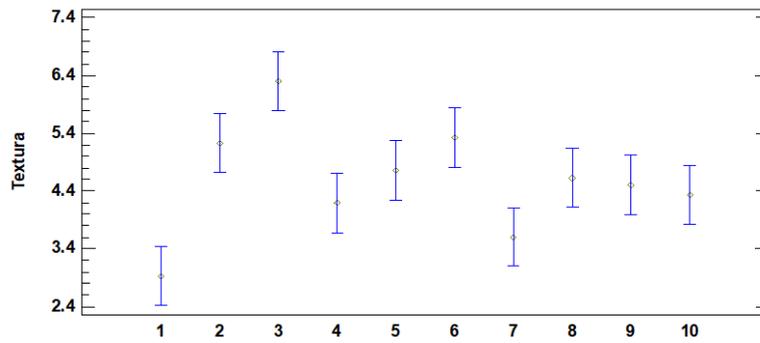


Figura 14. Gráfica de medias para la textura del pan.

**Volumen específico:** Vásquez et al. (2016) menciona que el volumen presenta variación con respecto a la concentración de enzimas, además señala que al aumentar el porcentaje de sustitución de harina, el contenido y la fuerza del gluten disminuye por lo que se verá afectado la elasticidad y extensibilidad de la masa, finalmente señala, que se puede obtener mayor volumen específico mediante la aplicación del método esponja; con respecto a lo mencionado por este autor, en esta investigación se aplicó el método directo donde se obtuvo pan con un buen volumen específico. Para Callejo (2002), menciona que la variación en el volumen específico del pan, es a consecuencia del incremento de proteínas en la masa, quien a su vez demostró, que el nivel de sustitución influye directamente en algunos caracteres físicos tales como el peso, volumen específico, porosidad y textura. Los resultados obtenidos, no concuerdan con lo mencionado por dicho autor, por lo que esta característica del pan no presentó diferencia significativa entre tratamientos, siendo el volumen específico promedio de 1.85 g/cm<sup>3</sup>.

Entonces en la Figura 15, se puede observar la codificación del rango de los valores predichos para el volumen del pan, extendiéndose desde el color azul hasta el color rojo. La Tabla 8 muestra que los tratamientos T1, T3, T4, T5, T6 y T10 presentaron mayor volumen específico 1.91 g/cm<sup>3</sup>; mientras que los tratamientos T2, T7 y T8 presentaron 1.76 g/cm<sup>3</sup> siendo este el menor valor.



**Porosidad:** Tejero (2001), sostiene que durante el proceso de fermentación se genera pequeñas burbujas que retiene el CO<sub>2</sub>, al momento de realizar la sustitución estas pequeñas burbujas no toleran la presión a consecuencia del poco contenido de gluten que cumple la función de aportar la elasticidad a la masa que da como resultado el aumento de la cantidad de celdas.

Por otro lado, en esta investigación, la porosidad no presenta una diferencia significativa, siendo así el valor promedio de esta característica 67.50 % dando así panes con buena porosidad. Por otra parte, Sahin y Gülüm (2009), mencionan que la cantidad de poros disminuye a medida que la sustitución se incrementa, por lo que la variación de poros afecta al volumen. Sin embargo, los resultados obtenidos no concuerdan con lo mencionado por este autor, debido a que el porcentaje de porosidad no presenta una variación significativa entre los tratamientos.

Por ello en la Figura 18, se muestra la codificación del rango de los valores predichos para la porosidad del pan, extendiéndose desde el color azul que representa al menor valor. Así pues, en la Tabla 18 se observa que el tratamiento que tiene el mayor valor es T3 = 67.80 % y el tratamiento que presenta menor valor es T1 = 67.10 % siendo este la porosidad ideal del pan.

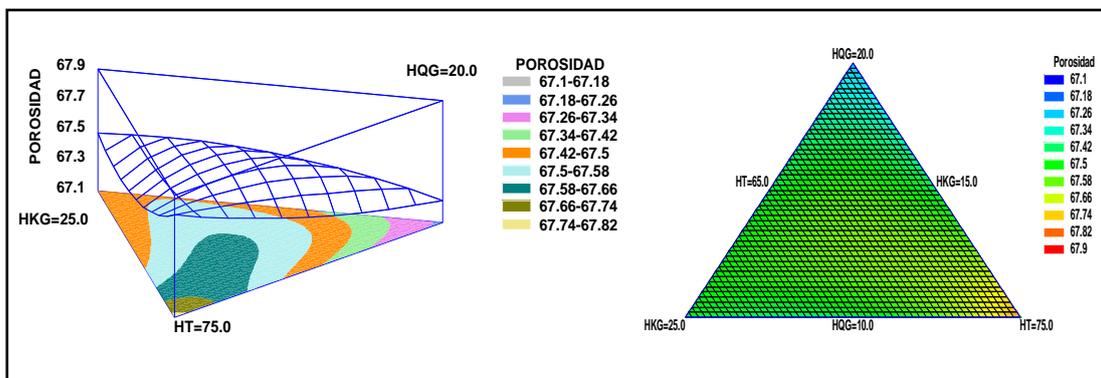


Figura 18. Superficie de respuesta para la porosidad del pan.

En la Figura 19, se observa claramente que el componente tiene mayor incidencia en el porcentaje de porosidad del pan es la harina de trigo, el segundo componente que influye es la harina de kiwicha germinada y el componente con menor efecto es la harina de quinua germinada.

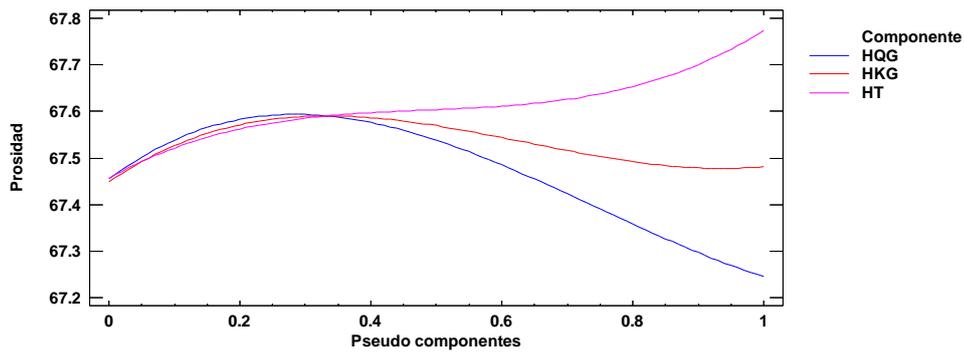


Figura 19. Gráfica de trazas para la porosidad del pan.

Asimismo, en la Figura 20, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de porosidad del pan, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media, debido que al momento de realizar el traslape la mayoría de los tratamientos se superponen a excepción del tratamiento 1 que no se superpone con los tratamientos 3 y 8.

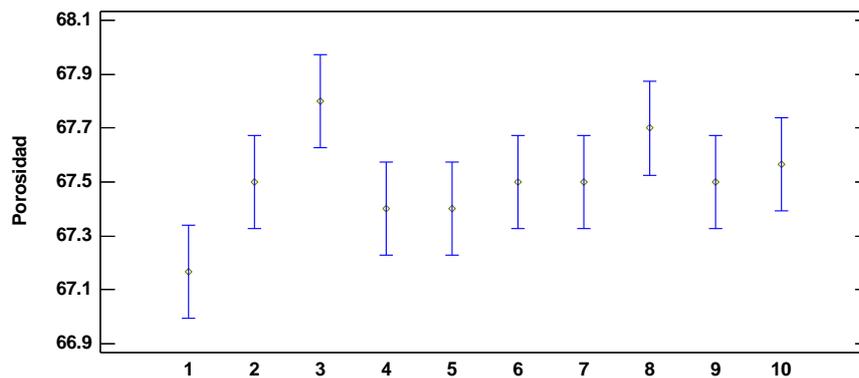


Figura 20. Gráfica de Medias para la porosidad.

## 5.2 Características químicas del pan

En la Tabla 19 se presenta el resultado de los análisis fisicoquímicos realizados al producto final.

Tabla 19

*Resultados del análisis fisicoquímico del pan.*

Tratamientos	Humedad		Proteína		Grasa		Ceniza		Fibra		Carbohidrato	
	(%)	S	(%)	S	(%)	S	(%)	S	(%)	S	(%)	S
T1	17.78	1.34664	8.64	0.225019	11.39	0.420278	1.46	0.113725	1.72	0.12	59.02	1.3261
T2	19.18	0.290918	8.36	0.0793725	10.69	0.595175	1.01	0.0305505	1.60	0.0655744	59.16	0.436616
T3	14.94	0.601082	8.64	0.172143	11.78	0.375544	1.23	0.0550757	1.77	0.0650641	61.60	0.808476
T4	18.59	0.281839	8.66	0.26	11.16	0.302379	1.46	0.0757188	1.73	0.121244	61.74	6.06408
T5	15.01	0.567215	8.60	0.178979	11.77	0.365559	1.21	0.070946	1.76	0.07	61.60	0.808476
T6	16.61	1.0922	8.55	0.271539	11.64	0.58643	1.21	0.070946	1.76	0.07	60.94	0.440038
T7	17.84	0.273191	8.75	0.204287	11.65	0.130767	1.56	0.392726	1.75	0.09	59.36	0.988045
T8	16.67	2.09724	8.63	0.302875	11.67	0.149778	1.00	0.634114	1.68	0.13	60.03	2.14346
T9	17.12	0.942408	8.75	0.204287	11.75	0.74505	1.33	0.159478	1.76	0.0665833	59.95	1.07296
T10	18.38	0.618789	8.46	0.481698	11.39	0.416053	1.44	0.0986577	1.46	0.37421	58.87	1.15518

*Donde S es la desviación estándar.*

Al realizar el análisis estadístico ANOVA, cuatro de las características químicas del pan como la humedad (Anexo 11.5), proteína (Anexo 11.6), grasa (Anexo 11.7) y fibra (Anexo 11.8) no presentaron diferencias significativas, es decir, el valor-P > 0.05 para cada una de ellas. Sin embargo, la ceniza (Anexo 11.9) y el carbohidrato (Anexo 11.10) si presentaron diferencias significativas ya que el valor-P < 0.05 con un nivel de confianza del 95%

**Humedad del pan:** Al comparar los resultados obtenidos con los valores de humedad descrita por Calaveras (2004) en la Tabla 14, se observa que los panes normales posee 19.9 %, mientras que los panes con sustitución muestran un 17.21 % de humedad promedio, es decir que hay una diferencia del 2.69 %; sin embargo Pilataxi (2013), muestra panes con una humedad promedio de 18.78%, esta variación existente se debe al tipo de harina que se empleó, la temperatura y tiempo de horneado fueron las mismas para todo los tratamientos. Por otra parte, MINSA (2010), manifiesta que la humedad en la industria panadera se encuentra entre un rango de 23 % - 35 %, sin embargo, la humedad obtenida en esta investigación se encuentra por debajo de lo establecido por el MINSA.

Por ello en la Figura 21, se muestra la codificación del rango de los valores predichos para el porcentaje de humedad en el pan, extendiéndose desde el color azul, hasta el color rojo. En la Tabla 19 se puede apreciar que el tratamiento que tiene el mayor valor es T10 = 18.38 % y el tratamiento que presenta menor valor es T1 = 15.01 %. Ahora bien, el tratamiento que presenta el ideal porcentaje de humedad para el pan es el T10.

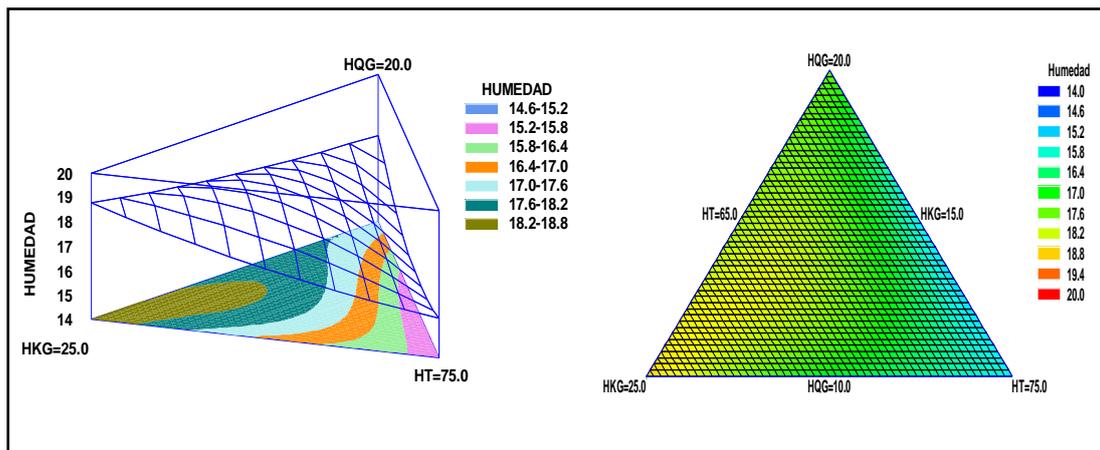


Figura 21. Superficie de respuesta para la humedad del pan.

Además, en la Figura 22, se muestra la gráfica de trazas para la humedad del pan, se observa que el componente con mayor incidencia en el porcentaje de humedad

es la harina de kiwicha germinada, el componente intermedio es la harina de quinua germinada y con menor efecto es la harina de trigo.

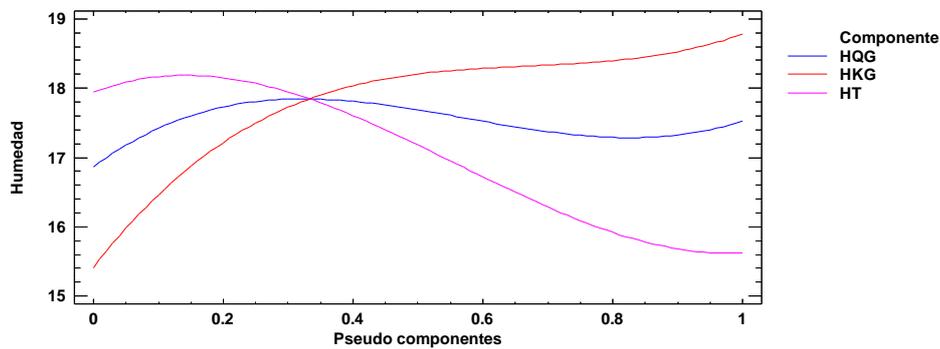


Figura 22. Gráfica de trazas para la humedad del pan.

Por lo tanto, en la Figura 23, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de porosidad del pan, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media, debido que al momento de realizar el traslape la mayoría de los tratamientos se superponen.

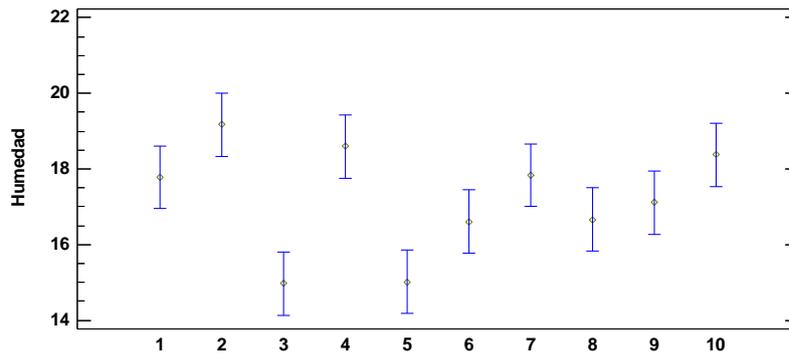


Figura 23. Grafica de Medias para la de humedad.

**Proteína:** El porcentaje de proteínas del pan, no presenta una gradual diferencia entre los tratamientos, pero, haciendo una comparación de los resultados con los valores de la Tabla 14 descrita por Calaveras (2004), se aprecia que el porcentaje de proteína de los tratamientos está por encima del 6.5% que es el valor de un pan normal. No obstante, Vásquez et al. (2016) y Arone (2015), sostienen que, al realizar la comparación entre un pan normal y los panes con sustitución, el porcentaje de proteínas en el pan tiende a incrementar a medida que el porcentaje de sustitución aumente, a lo que Pilataxi (2013) afirma que la sustitución en la elaboración del pan no puede ser en su totalidad, esto se debe a que el trigo posee gluten (gliadina y glutenina) que juega un rol muy importante en la elasticidad de la masa, gracias a esto, la fermentación ayuda a obtener el volumen adecuado en el pan. No obstante,

durante el análisis de las muestras, se observó claramente el incremento del valor proteico destacándose así el tratamiento T7 = 8.75%, esto es gracias a la adición de harina de granos germinados sustituyendo hasta un 35 % de la harina de trigo, dando así panes con alto valor proteico.

La Figura 24, muestra claramente la codificación del rango de los valores predichos para el porcentaje de proteína del pan, extendiéndose desde el color azul que representa al menor valor, hasta el color rojo que representa al mayor valor. En la Tabla 19 se puede apreciar que el tratamiento que posee el mayor valor es T7 = 8.75% y el tratamiento que presenta menor valor es T2 = 8.36 %. En efecto, el tratamiento que presenta el porcentaje de proteína ideal del pan es el T7.

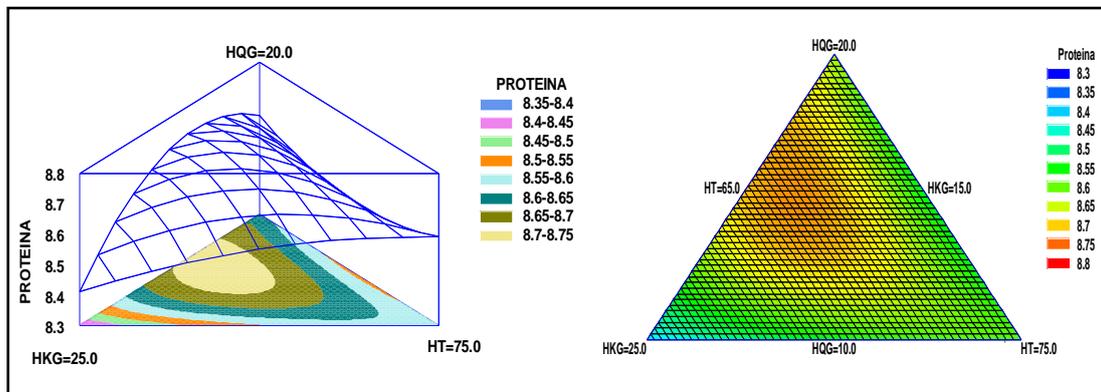


Figura 24. Superficie de respuesta para la proteína del pan.

Al mismo tiempo, en la Figura 25, se muestra la gráfica de trazas, donde se observa que el componente con mayor incidencia en el porcentaje de proteínas del pan es la harina de quinua germinada, en segundo componente es la harina de kiwicha germinada y con el componente con menor efecto es la harina de trigo. Por consiguiente, los resultados obtenidos en esta investigación demostraron que el porcentaje de proteínas se incrementan con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua germinada y harina de kiwicha germinada.

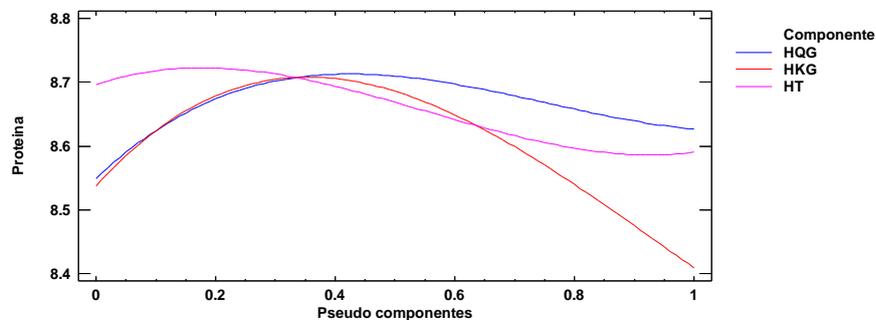


Figura 25. Gráfica de trazas para la proteína del pan.

Así pues, en la Figura 26, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de proteína del pan, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media, debido que al momento de realizar el traslape todos los tratamientos se superponen, es decir, que los valores de los 10 tratamientos presentan similitud.

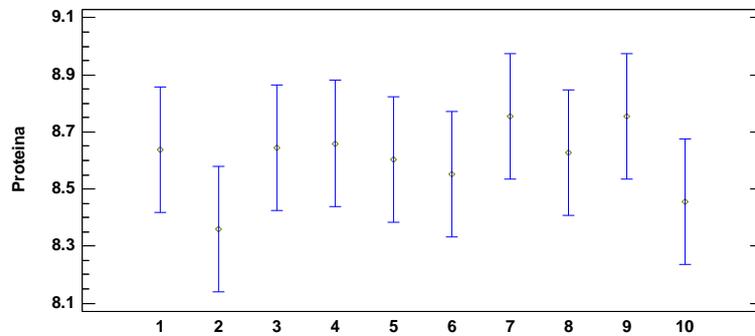


Figura 26. Gráfica de Medias para proteína.

**Grasa:** El contenido de grasa del pan no presentó una gradual diferencia entre los tratamientos, pero al comparar los resultados obtenidos con la Tabla 14 descrita por Calaveras (2004), el porcentaje de grasa resultante está por debajo del 11.8 %.

Como señala Vásquez et al. (2016), el porcentaje de grasa en el pan tiende a incrementarse cuando la sustitución se aumenta por lo que en la elaboración generalmente se usa entre 11 y 15 % de grasa dependiendo al tipo de pan; sin embargo, en la investigación solo se usó 10 de aceite vegetal, donde se apreció un ligero incremento del porcentaje de grasa con un valor promedio de 11.49 % por lo que la adición de harina de quinua germinada y kiwicha germinada proporciona al pan un regular porcentaje de grasa, concordando así con Pilataxi (2013) que obtuvo panes que presentaron un incremento de grasa en un 12.22 %.

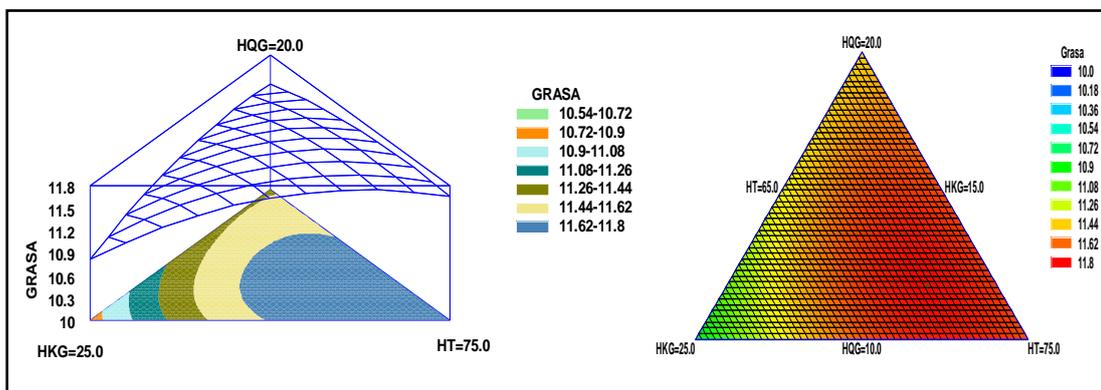


Figura 27. Superficie de respuesta para la grasa del pan.

La Figura 27, se observa la codificación del rango de los valores predichos para el porcentaje de grasa del pan, extendiéndose desde el color azul que representa el

menor valor 10.69, hasta el color rojo que representa el mayor valor 11.78. De este modo en la Tabla 19 se observa que el tratamiento que presentó menor porcentaje de grasa es el T2 = 10.69% y el que tiene mayor porcentaje es el T3 = 11.78%.

Asimismo, en la Figura 28, se muestra claramente que el componente con mayor incidencia en el porcentaje de grasa del pan es la harina de trigo, el segundo componente es la harina de quinua germinada y el componente con menor efecto es la harina de kiwicha germinada.

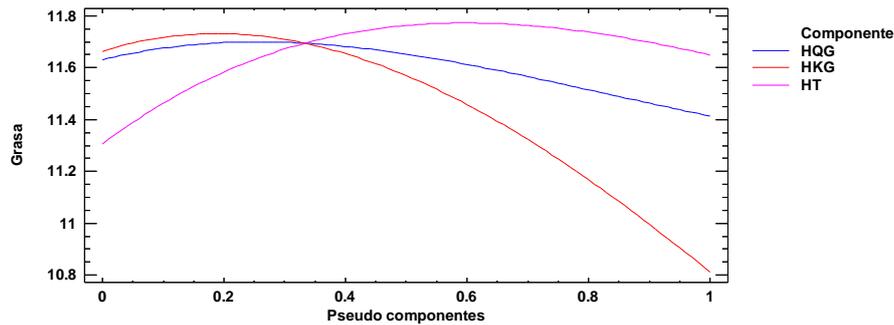


Figura 28. Gráfica de trazas para la grasa del pan.

Por ello en la Figura 29, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de grasa del pan, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media y el factor, debido que al momento de realizar el traslape la mayoría de los tratamientos se superponen a excepción del tratamiento 2 que no se superpone con los tratamientos 3, 5, 6, 7, 8 y 9.

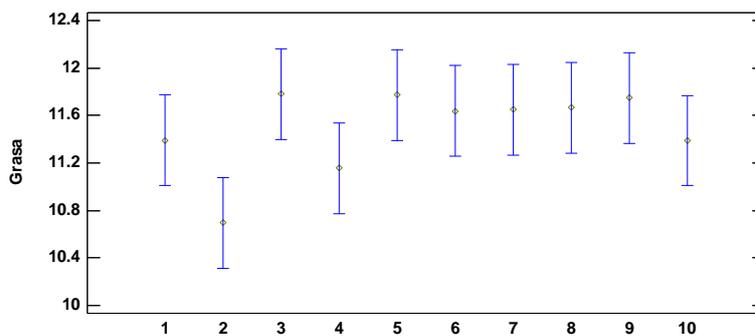


Figura 29. Gráfica de Medias para la grasa del pan.

**Ceniza:** De los resultados obtenidos con respecto al contenido de cenizas, el tratamiento que presentó un alto porcentaje es T1 = 1.46 % que es superior al valor encontrado por Pilataxi (2013) donde demostró que el pan con sustitución de kiwicha presenta un promedio de 1.33 % de ceniza; es decir, el incremento del porcentaje de esta característica es un efecto positivo que indica que el pan posee minerales como:

el zinc, calcio, magnesio, fosforo, potasio, cobre, manganeso y sodio. Durante el análisis de resultados el porcentaje de ceniza del pan si presentó variaciones significativas, el promedio del porcentaje de cenizas es de 1.29 % que al ser comparados con la NTP 206.001. (2011) establece el 3 % como máximo de contenido de cenizas en productos de panificación, por lo que los valores alcanzados en esta investigación se encuentran dentro del rango establecido para la industria panadera. Por otra parte, Vásquez et al. (2016), al realizar la comparación de la composición química entre el pan normal y el pan con HQ, da a conocer que el porcentaje de cenizas en el pan tiende a aumentar siempre en cuando la sustitución se incremente. La Figura 30, se puede observar la codificación del rango de los valores predichos para el porcentaje de ceniza del pan en colores, extendiéndose desde el color azul que representa al menor valor hasta el color rojo que representa al mayor valor. Además, en la Tabla 19 se puede apreciar que el tratamiento con el mayor porcentaje de ceniza es el T1 = 1.46 % y el menor porcentaje se encuentra en T8 = 1.00 %. Por ello, el tratamiento que presenta el porcentaje de ceniza ideal del pan es el T1.

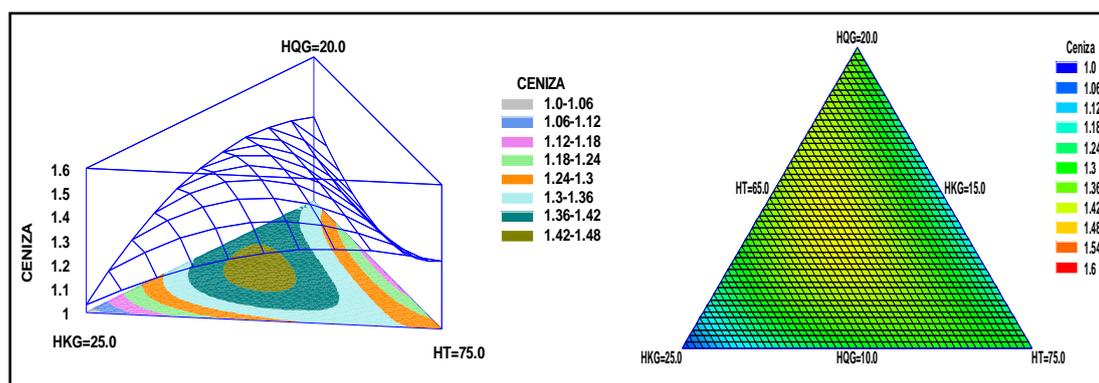


Figura 30. Superficie de respuesta para la ceniza del pan

En ese sentido, en la Figura 31, se muestra claramente el componente que tiene mayor incidencia en el porcentaje de ceniza en el pan es la harina de quinua germinada, el segundo componente es la harina de trigo y el componente con menor efecto es la harina de kiwicha germinada.

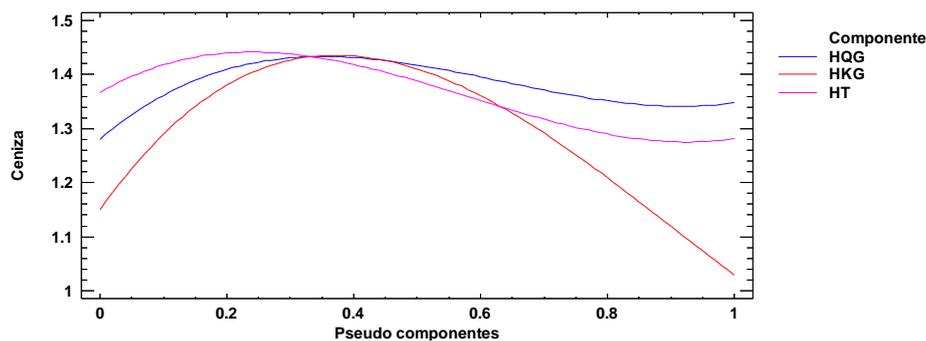


Figura 31. Gráfica de trazas para la ceniza del pan.

Asimismo, en la Figura 32, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de ceniza del pan, no existe una diferencia estadísticamente significativa, debido que al momento de realizar el traslape la mayoría de los tratamientos se superponen a excepción del tratamiento 1, 4 y 7 que no se superpone con los tratamientos 2 y 8.

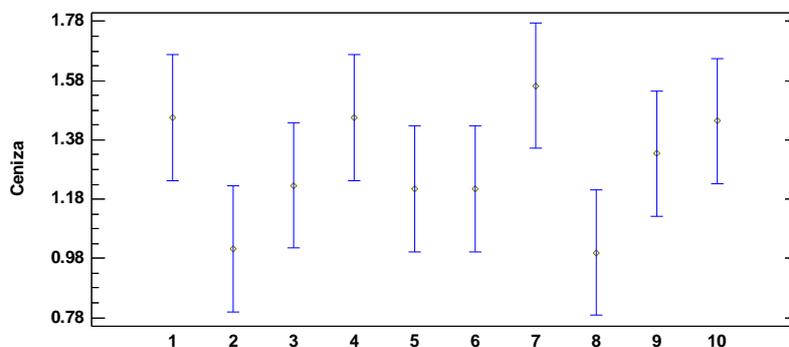


Figura 32. Gráfica de Medias para la ceniza del pan.

**Fibra:** El contenido de fibra obtenida en esta investigación, no presentó una gradual diferencia entre los tratamientos donde el tratamiento que presenta mayor porcentaje es el T3 = 1.77 %, haciendo una comparación con la Tabla 14 descrita por Calaveras (2004), el pan de trigo presenta 2.3 % de fibra, esto es a causa del tipo de harina que se utilizó, en este caso se empleó la harina de granos germinados (quinua y kiwicha). Por otra parte, Salas (2017), da a conocer que el incremento del contenido de fibra cruda se logra con la fórmula que tenga mayor cantidad de harina de una determinada variedad y tipo de grano que haya pasado por el proceso de germinación.

Pita y Perez (2001) señala que las semillas germinadas presentan una reducida cantidad de fibra, esto ocurre durante el proceso de germinación ya que durante esta etapa pasa por diversos cambios químicos al interior de la semilla; lo expuesto por este autor, coinciden con los resultados del análisis de la fibra que contenía el pan;

se sabe que la harina de trigo es blanca, es decir, que no es rica en fibra ya que una parte de los nutrientes y la fibra se pierden con el salvado y el germen.

Además, en la Figura 33, se muestra la codificación del rango de los valores predichos para el porcentaje de fibra del pan en colores, extendiéndose desde el color azul que representa al menor valor hasta el color rojo que representa al valor más alto. Así pues, en la Tabla 19 se puede apreciar que el tratamiento que tiene el mayor porcentaje de fibra es el T3 = 1.77 % y el menor porcentaje se encuentra en T10 = 1.46 %. Por lo tanto, el tratamiento que presenta el porcentaje de ceniza ideal del pan es el T10.

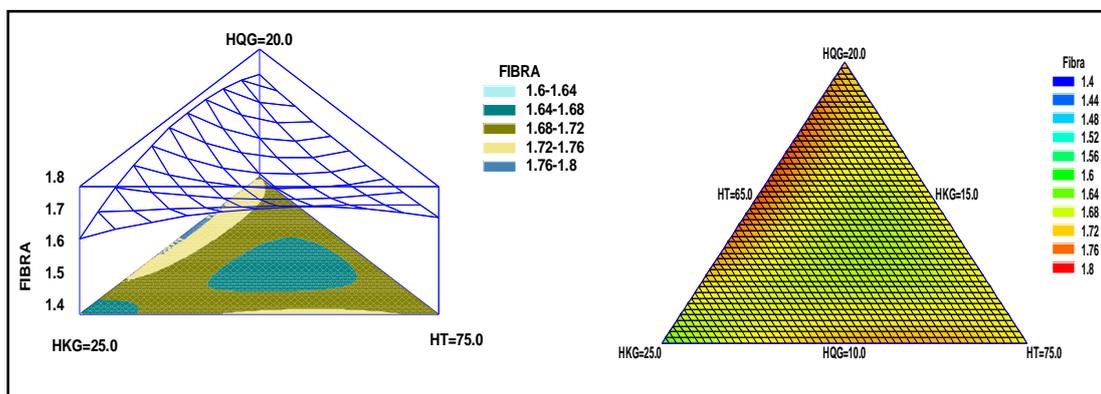


Figura 33. Superficie de respuesta para la fibra del pan.

En la Figura 34, se muestra la gráfica de trazas, donde se observa que el componente con mayor incidencia en el porcentaje de fibra del pan es la harina de quinua germinada, el segundo componente es la harina de trigo y el tercer componente es la harina de kiwicha germinada.

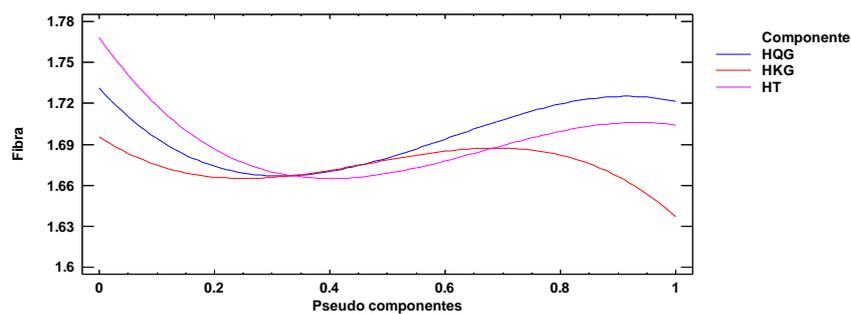


Figura 34. Gráfica de trazas para fibra del pan

Asimismo, en la Figura 35, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de porosidad del pan, no existe una diferencia estadísticamente significativa, debido que al momento de realizar el traslape la mayoría de los tratamientos se superponen a excepción del tratamiento 10 que solo se superpone con los tratamientos 2 y 8.

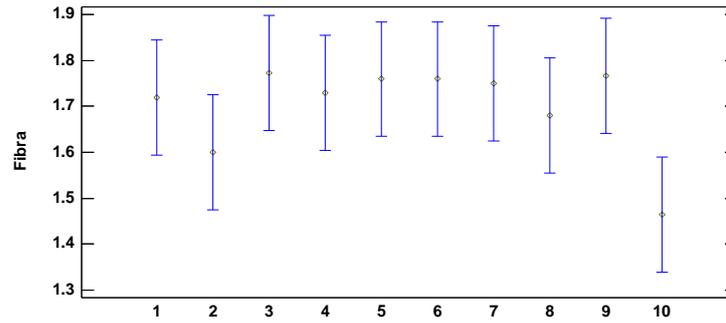


Figura 35. Gráfica de Medias para fibra del pan.

**Carbohidratos:** Vásquez et al. (2016) y Salas (2017), dan a conocer que el contenido de carbohidratos en el pan tiende a disminuir cuando la cantidad de sustitución se incrementa. Dentro de este marco, el porcentaje de carbohidrato del pan con sustitución presentó variaciones significativas donde se obtuvo como promedio 60.23 %, haciendo una comparación de los resultados con la Tabla 14 descrita por Calaveras (2004) el pan de trigo presenta 59.7 %, por lo que el tratamiento que presentó menor porcentaje es el T1 = 59.02%. Por otra parte, Bravo (2013) afirma que gracias a la germinación de los granos de quinoa y kiwicha los hidratos de carbono más complejos como el almidón se transforma en azúcares más simples.

A su vez, en la Figura 36, se puede observar la codificación del rango de los valores predichos para el porcentaje de carbohidrato del pan, extendiéndose desde el color azul hasta el color rojo. Es Así que en la Tabla 19 se aprecia que el tratamiento con mayor porcentaje de carbohidrato es el T4 = 61.74 % y el menor valor se encuentra en T1 = 59.02 %.

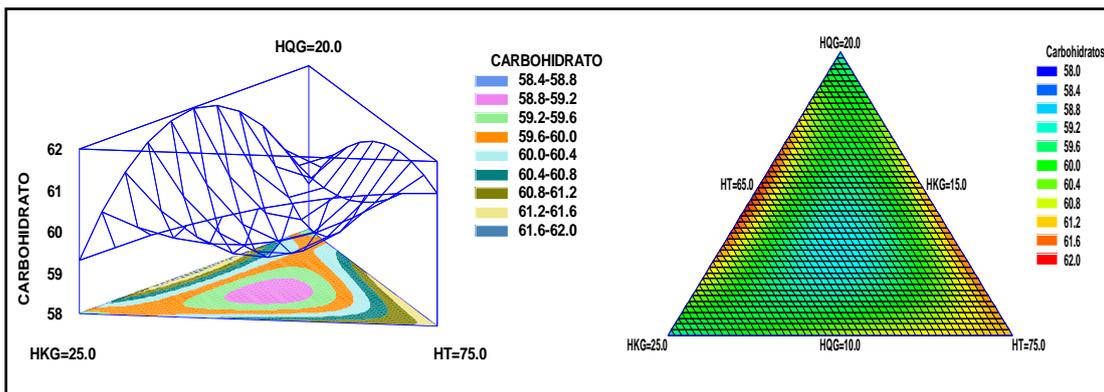


Figura 36. Superficie de respuesta para el carbohidrato del pan.

De la misma manera, en la Figura 37, se muestra la gráfica de trazas, donde se observa claramente que el componente con mayor incidencia en el contenido de carbohidratos del pan es la harina de trigo, el segundo componente es la harina de

kiwicha germinada y el componente con menor efecto es la harina de quinua germinada.

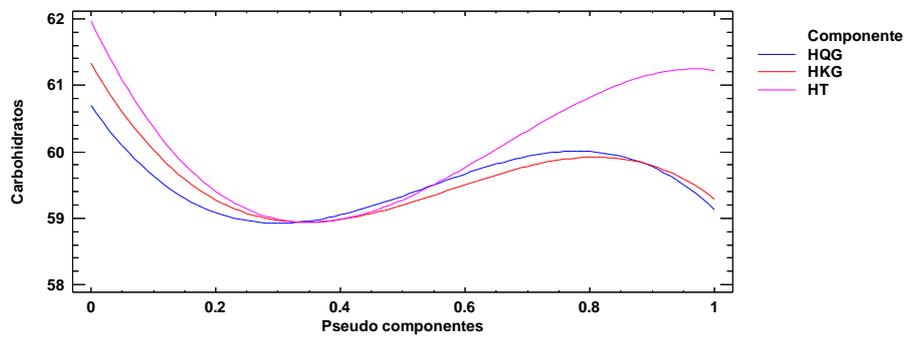


Figura 37. Gráfica de trazas para el carbohidrato del pan.

Asimismo, en la Figura 37, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de porosidad del pan, no existe una diferencia estadísticamente significativa, debido que al realizar el traslape todos los tratamientos se superponen, es decir que presentan valores similares.

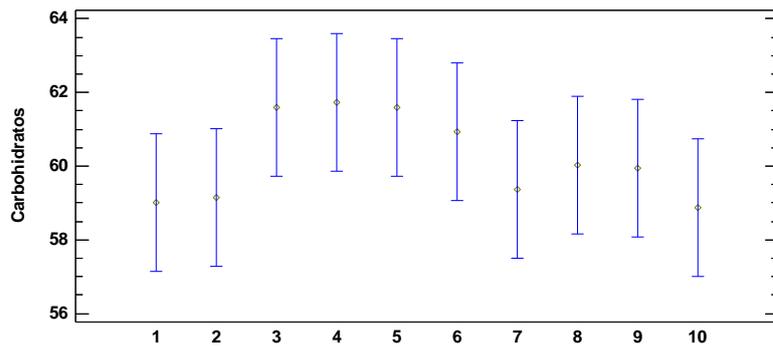


Figura 38. Gráfica de Medias para carbohidrato del pan.

## CONCLUSIONES

- Se elaboró pan tipo bollo que presenta sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua germinada y harina de kiwicha germinada a diferentes concentraciones, además se observó que las características evaluadas como el peso, la textura, el volumen específico, la porosidad, humedad, proteína, grasa y fibra no presentaron diferencias significativas a excepción de la ceniza y carbohidrato que si presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%.
- En referencia a las características físicas del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua germinada y harina de kiwicha germinada, el tratamiento siete (T7) presenta mayor peso; la mejor textura y porosidad lo posee el tratamiento uno (T1); mientras que para el volumen son seis los tratamientos con los valores más altos (T1, T3, T4, T5, T6, T10).
- En las características químicas del pan el tratamiento dos (T2) presenta mayor humedad; respecto al porcentaje de proteína y ceniza el tratamiento con el valor más alto es el tratamiento siete (T7); el tratamiento tres (T3) contiene el mayor porcentaje de grasa; en cuanto a la fibra el tratamiento nueve (T9) posee un alto valor; el mayor porcentaje de carbohidratos lo contiene el tratamiento cuatro (T4). Todos los tratamientos presentaron mayor porcentaje de proteínas las cuales son superiores al pan tradicional de harina de trigo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC (10a ed.). (2000). *Approved methods of the AACC*. The American Association of cereal Chemist. EE.UU.
- Acosta, V. (2013). *Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional (Triticum Vulgare), con adición de gluten vital*. Ambato-Ecuador.
- AEDES (2014). *Manual de producción de Kiwicha orgánica*. Recuperado de <http://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/181/1/KIWICHA%202014.pdf>
- Arone, H. (2015). *Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y chía (Salvia hispánica L.)*. (Tesis de pregrado).
- Astiz, V.; Molfese, E. y Seghezzi, M. (2015). *Panificación de harinas de trigo y quinua. V congreso mundial de quinua*
- Bazile, D. (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). 724 p.
- Bedón, M.; Cárdenas, O.; Santa, C. y Gutiérrez, A. (2013). *Purificación parcial y Caracterización de Alfalfa Amilasa de granos germinados de quinua (Chenopodium quinoa)*. Revista del Encuentro Científico Internacional.
- Botero, A. (1a ed.). (2011). *Los germinados como alimento excepcional y medicina natural*. Bogotá, Colombia.
- Bravo, A.; Reyna, R.; Gómez, P. y Huapaya, H. (2013). *Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de Quinua (Chenopodium quinoa) y Kiwicha (Amaranthus caudatus)*. Rev. Per. Quím. Vol. 16 N° 1. 54-60 p.
- Bravo, R.; Valdivia, R.; Andrade, K.; Padulosi, S. y Jager, M. (2010). *Granos andinos: avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañiwa y Kiwicha en el Perú. Resultados del proyecto IFAD-NUS I y II para Perú*. Perú.
- Cáceres, P. (2015). *Optimización de la germinación de variedades ecuatorianas de arroz integral para la obtención de alimentos con alto valor nutritivo y funcional*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/670312>

- Calaveras, J. (2da). (2004). *Nuevo tratado de panificación y bollería*. Madrid: Editorial Eudema,
- Callejo, M. (2002). *Industrias de Cereales y Derivados*. Madrid: Editorial AMV-Mundi-Prensa.
- Cauvain, S. y Young, L. (2002). *Fabricación del pan*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Chaparro, D.; Pismang, R.; Corre. A.; Quila, N. y Caicedo, C. (2010). *Effect of the germination on the protein content and digestility in amaranth, quinoa, soy bean and guandul seeds*. (Tesis de pregrado). Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S16923561201000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16923561201000100005)
- Charley, L. y Kent, J. (1995). *Química moderna de los cereales*. Madrid, España.
- Claude, G. (1a ed.). (2000). *Los germinados en la alimentación*. Canadá: editorial Maragall.
- Danza, A.; Mastromatteo, M.; Cozzolino, F.; Lecce, L.; Lampignano, V.; Laverse, J. y Nobile, M. (2014). *Processing and characterization of durum wheat bread enriched with antioxidant from yellow pepper flour*. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 479–485.
- Edel, L. y Rosell, C. (1a ed.). (2007). *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. Córdoba, Argentina.
- FAO (2011). *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial julio*.
- FAO. (2013). *Manual técnico: Forraje verde hidropónico*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Gómez, L. y Romero, M. (2004). *El cultivo de la kiwicha*. Innovación y competitividad para el agro peruano. Lima, Perú.
- Gorbitz, A. y Luna, R. (2016). Ministerio de Agricultura, Boletín N°54.
- GRANOTEC. (2018). *Granos andinos: cómo mejorar su inclusión en panes*. Recuperado de <https://www.granotec.com/articulos-granotec/37-granos-andinos-co-mo-mejorar-su-inclusio-n-en-panes&ved=2ahUKEwjfgjVlcnsAhWSm1KKHR-IDWKQEJAAegQIIxAC&usg=AOvVaw3mYVXLqzOCeEUdqyogzImr5>

- Grupo Harinalias (2015). *Principios básicos para la producción del pan industrial: los 10 pasos para la elaboración del pan*. Recuperado de <https://harinaliacanarias.es/principio-basicos-para-la-produccion-del-pan-industrial-los-10-pasos-para-la-elaboracion-del-pan/>
- Gutiérrez, H. y Salazar, H. (2a ed.). (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw-Hill.
- Haralick, M., Shanmugam, K., y Dinstein, I. (1973). *Textural features for image classification IEEE transactions on Systems, man and cybernetics. IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society*. (3), 610-621.
- Hart, L. (1991). *Análisis moderno de los alimentos*. Zaragoza, España: editorial Acribia.
- Herrera, S. y Montenegro, A. (2012). *El Amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida*. Universidad de Especialidades Turísticas.
- Instituto de nutrición de Centroamérica y Panamá. (2a ed.). (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica-INACAP*. Guatemala: editorial Serviprensa, S.A.
- Magro, M. (2015). *Caracterización fisicoquímica, químico proximal y sensorial de harina pre-cocida a partir de semilla germinada de linaza (Linum usitatissimum) mediante autoclavado y tostado*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1296>
- Martín, L. (2a ed.), (2005). *Más energía y salud con los germinados*. Barcelona, España: editorial Océano.
- Moncada, Y. (2007). *Calidad de grano de trigo provenientes de la sierra del Perú*. (Tesis de grado).
- Mujica, A. (1988). *Parámetros genéticos e índices de selección de quinua Chenopodium quinoa Willd*. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, México. (Tesis doctoral). Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodlim/prodveg/cdrom/contenido/libro14/cap1.4.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodlim/prodveg/cdrom/contenido/libro14/cap1.4.htm)
- Norma Técnica Peruana. NTP 209.264:2013/COR1. *Alimentos cocidos de reconstrucción instantánea. Determinación de humedad. Método gravimétrico*.

- Paredes, A. (1a ed.). (2005). *Biología Siglo XXI*. Perú: editorial San Marcos.
- Pascual, G.; Cortez G.; Melgarejo, S. y Ramos, C. (2006). *Guía de Práctica de Tecnología de Cereales y leguminosas*. (Tesis de pregrado)
- Paucar, M.; Peñas, E.; Dueñas, M.; Frias, J. y Martinez, V. (2015). *Optimisation of germination time and temperatura on the antioxidant activity of Chenopodium quinoa using response Surface methodology*. Poster EUROFOODCHEM. Madrid, España.
- Peralta, E.; Villacrés, E.; Mazón, N.; Murillo, A.; Rivera, M. y Subía C. (2008). “*El ataco, sangorache o amaranto negro (Amaranthus hybridus) en Ecuador*”. Publicación Miscelánea No. 143. INIAP. Quito, Ecuador: editorial Tecnigrava.
- Pérez, G. (2008). *Efecto del uso de hidrocoloides en la calidad sensorial y las propiedades de pan de sal recalentado en horno de microondas*. (Tesis de pregrado). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/47785639\\_Efecto\\_del\\_uso\\_de\\_Hidrocoloides\\_en\\_la\\_calidad\\_sensorial\\_y\\_las\\_propiedades\\_de\\_pan\\_de\\_sal\\_recalentado\\_en\\_horno\\_de\\_microondas](https://www.researchgate.net/publication/47785639_Efecto_del_uso_de_Hidrocoloides_en_la_calidad_sensorial_y_las_propiedades_de_pan_de_sal_recalentado_en_horno_de_microondas)
- Pilataxi, M. (2013). *Elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto (Amaranthus caudatus)*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2566>
- Pita, J. y Perez, F. (2001). *Germinación de semillas. Ingeniería Técnica Agrícola, UPM Madrid*. MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. Hojas divulgadoras N13000 HO.
- Quaglia, G. (2a ed.). (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación*. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.
- Repo-Carrasco, R. (1998). *Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos*. Lima, Perú: Editorial Agraria.
- Reyes, M.; Gómez, I. y Espinoza, C. (2017). “*Tablas peruanas de composición química de alimentos*”. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.
- Sahin, S. y Gülüm Sumnu, S. (2009). *Propiedades físicas de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acriba S. A.

- Salas, M. (2017). *Desarrollo de un pan dulce enriquecido con harina de germinado de trigo (Triticum aestivum AN-91-98)*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42759/Salas%20Gaona%20Mariana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soleil, D. (1a ed.). (2003). *Brotos y germinados caseros*. España: Editorial Obelisca.
- Tapia, M.; Gandarillas, H.; Alandia, S.; Cardozo y A., Mujica, A. (2000) *Quinoa y la kañiwa: cultivos andinos*. Bogotá.
- Tejero, F. (2001). *Panadería Española - La fermentación de la masa*. Barcelona: Editorial Montagud.
- Tello, E.; Aparicio, W.; Quispe, A. (2004). *Introducción a la tecnología de los alimentos*. Universidad Nacional del Altiplano. Oficina de investigación universitaria. Puno, Perú.
- Varela, G.; Carbajal, A.; Monteagudo, E. y Moreiras, O. (1991). *El pan en la alimentación de los españoles*. Madrid: Editorial Eudema.
- Vásquez, F.; Verdú, S.; Islas, A. R.; Barat, J. M. y Grau, R. (2016). *Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (Chenopodium quinoa) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 17, núm. 2, 2016, pp. 307-317, Hermosillo, México.
- Zapata, J. (2010). *Sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum L.) por harina de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan*. (Tesis de pregrado).
- Zumarán, O. y Alva, T. (2013). *Optimización de las propiedades físicas, nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de espárrago, kiwicha y trigo*.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Determinación del porcentaje de humedad.

### NTP 209, 264:2013

**Principio del método:** El método está basado en la deshidratación de la muestra, por calentamiento en estufa a  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Se pesó 5 g de muestra en una balanza analítica, luego la muestra fue llevada a una estufa a temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  por 12 horas. Se retiró de la estufa, luego fue puesto en un desecador para que se enfriara y se pesó una vez que este se haya equilibrado con la temperatura ambiente.

Entonces por diferencia de peso se obtiene la humedad de la muestra, multiplicado por 100 para expresar en porcentaje.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso total} - \text{peso final}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

**Anexo 2.** Determinación del porcentaje de proteínas.

### NTP 209, 262:2013

**Principio del método:** Determinación de proteínas por el método Kjeldahl.

El método se basa en determinar la cantidad de Nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios, este método está dividido en dos pasos consecutivos:

- La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- El registro de la cantidad de amoniaco obtenida de la muestra

El método de Kjeldahl consta de las siguientes etapas: digestión, destilación y titulación.

**Digestión:** Se pesó 1g de muestra y se introdujo en un tubo Kjeldahl, se agregó 0.15g de sulfato de cobre pentahidratado, 2.5 g de sulfato de potasio y 10 ml de ácido sulfúrico.

El aparato fue encendido y precalentado a  $360^{\circ}\text{C}$ , luego fue colocado los tubos en el portatubos del equipo Kjeldahl. Se ajustó la unidad de evacuación de gases con las juntas colocadas sobre los tubos de digestión y se accionó la trampa de succión de

gases antes de que se produzca. Se dejó calentar hasta que la materia orgánica se destruya en su totalidad, es decir hasta que el líquido quede transparente.

Al finalizar la digestión, sin retirar la unidad de evacuación de gases, se colgó el portatubos para que enfrié.

**Destilación:** En un matraz de Erlenmeyer de 250 ml se adicionó 50 ml de HCl 0.1N unas gotas de indicador rojo de metileno 1%. Se conectó el equipo de destilación, una vez que generó vapor, se colocó el tubo de digestión con la muestra diluida y las sales disueltas en un volumen no mayor de 10 ml de agua destilada.

**Titulación:** Se adicionó sosa al 36% (hasta 40 ml). El volumen de destilado alcanzado fue de 150 ml, seguidamente se tituló el exceso de ácido con una solución de NaOH 0.1N.

Se calculó el % de proteína considerando las reacciones que se llevaron a cabo.

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{\text{ml de HCl} \times N \times \text{meq del NaOH}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Se considera (% N x 6,25), como factor de conversión de nitrógeno a proteína.

**Anexo 3.** Determinación del porcentaje de grasa.

### **NTP 209, 263:2013**

**Principio del método:** Determinación de grasa por el método gravimétrico.

Es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso (Nielsen, 2003).

Para ello se pesó 5 g de muestra empaquetando en papel filtro whatman N° 2, seguidamente el paquete fue colocado dentro del aparato evaporador (Soxhlet) juntamente con el hexano, seguidamente se expuso a la fuente de calor. El remanente del matraz se colocó en una estufa a 60°C para que pueda evaporarse el hexano y posteriormente se dejó enfriar en una campana esmerilada para luego ser pesado. El porcentaje de grasa se calculó con la siguiente formula:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(\text{peso del matraz} + \text{grasa}) - \text{peso de matraz vacío}}{\text{peso de la muestra g}} \times 100$$

#### **Anexo 4.** Determinación del porcentaje de ceniza

##### **NTP 209, 265:2013**

**Principio del método:** Determinación de cenizas por el método de gravimetría .

Se calentó el crisol de porcelana vacío en la mufla a una temperatura de 550 °C durante 30 min. Se dejó enfriar en un desecador y fue pesado.

Se colocó en el crisol previamente tarado 5g de muestra. La calcinación se realizó en una mufla a una temperatura de por 4 h hasta obtener cenizas de un color gris claro, se sacó de la mufla el crisol con la muestra dejándolo enfriar en un desecador, con un disgregador se rompió las partículas incineradas de manera uniforme y se introdujo nuevamente a la mufla para culminar con la calcinación. Transcurrido el tiempo, se procedió a retirar el crisol de la mufla y se dejó enfriar en un desecador y se procedió a pesar. El porcentaje de ceniza se calculó con la siguiente formula:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{muestra}) - \text{Peso de crisol vacío}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

#### **Anexo 5.** Determinación del porcentaje de fibra.

##### **FAO 14/7**

La determinación de fibra cruda se hizo por hidrólisis ácido alcalino.

**Digestión:** Se pesó 3 g de muestra en un vaso de 600 ml, se dejó hervir durante 30 minutos con 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25%. Luego de 30 minutos de hervido se añadió 30 minutos adicionales, se filtró y lavó con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez.

Luego esta muestra se colocó en la estufa por tres horas y se pesó, a este peso se le llama P1; finalmente fue colocado en una mufla por 3 h para eliminar la materia orgánica (calcinación) y obtener las cenizas, se volvió a pesar, a este nuevo peso se le denomina P2. El porcentaje de fibra se calculó con la siguiente formula:

$$P2 = \text{fibra neta} = P1 - P2$$

$$\% \text{ de fibra} = \frac{P1 - P2}{W} \times 100$$

**Anexo 6.** Resultados del peso de los panes por tratamiento y repeticiones.

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso inicial de masa-porciones(g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Peso perdido (g)</b>	<b>Promedio (g)</b>
	70	60.00	10.00	
T <sub>1</sub>	70	60.01	9.99	60.00
	70	60.00	10.00	
	70	60.00	10.00	
T <sub>2</sub>	70	60.02	9.98	60.01
	70	60.00	10.00	
	70	60.01	9.99	
T <sub>3</sub>	70	60.02	9.98	60.02
	70	60.02	9.98	
	70	60.01	9.99	
T <sub>4</sub>	70	60.03	9.97	60.02
	70	60.01	9.99	
	70	60.02	9.98	
T <sub>5</sub>	70	60.04	9.96	60.03
	70	60.02	9.98	
	70	60.05	9.95	
T <sub>6</sub>	70	60.02	9.98	60.04
	70	60.06	9.94	
	70	60.05	9.95	
T <sub>7</sub>	70	60.05	9.95	60.06
	70	60.09	9.91	
	70	60.05	9.95	
T <sub>8</sub>	70	60.04	9.96	60.04
	70	60.02	9.98	
	70	59.91	10.09	
T <sub>9</sub>	70	59.93	10.07	59.92
	70	59.93	10.07	
	70	59.91	10.09	
T <sub>10</sub>	70	59.90	10.10	59.91
	70	59.92	10.08	

**Anexo 7.** Resultados de la textura de los panes, por tratamiento y repeticiones.

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Textura (x10<sup>5</sup>Pa)</b>	<b>Promedio (x10<sup>5</sup>Pa)</b>	<b>Promedio (N/cm<sup>2</sup>)</b>
T1	r1	3.1	2.9	3.18
	r2	2.7		
	r3	3.0		
T2	r1	5.8	5.2	5.70
	r2	4.5		
	r3	5.4		
T3	r1	5.5	6.3	6.91
	r2	7.0		
	r3	6.4		
T4	r1	4.0	4.2	4.60
	r2	4.3		
	r3	4.3		
T5	r1	5.8	4.8	5.27
	r2	4.7		
	r3	3.8		
T6	r1	5.8	5.3	5.81
	r2	4.8		
	r3	5.4		
T7	r1	3.7	3.6	3.95
	r2	4.1		
	r3	3.0		
T8	r1	4.4	4.6	5.04
	r2	4.9		
	r3	4.6		
T9	r1	3.8	4.5	4.93
	r2	4.3		
	r3	5.4		
T10	r1	4.5	4.3	4.72
	r2	3.8		
	r3	4.7		

**Anexo 8.** Resultados promedio del volumen de los panes, por tratamiento y repeticiones.

Tratamientos	Peso pan (g)	Radio del cilindro (cm)	Altura de la semilla (cm)	Semilla desplazada (cm)	Distancia desde la marca (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Volumen específico (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio (g/cm <sup>3</sup> )
	60.00	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
T 1	60.01	5.25	4.3	5.7	1.4	123.5	2.06	1.91
	60.00	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
	60.00	5.25	4.3	5.5	1.2	105.9	1.76	
T2	60.02	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	1.76
	60.00	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	
	60.01	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
T3	60.02	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	1.91
	60.02	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
	60.01	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
T4	60.03	5.25	4.3	5.5	1.2	105.9	1.76	1.91
	60.01	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
	60.02	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
T5	60.04	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	1.91
	60.02	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	
	60.05	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
T6	60.02	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	1.91
	60.06	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
	60.05	5.25	4.3	5.5	1.2	105.9	1.76	
T7	60.05	5.25	4.3	5.5	1.2	105.9	1.76	1.76
	60.09	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
	60.05	5.25	4.3	5.5	1.2	105.9	1.76	
T8	60.04	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	1.76
	60.02	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	
	59.91	5.25	4.3	5.5	1.2	105.9	1.77	
T9	59.93	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	1.77
	59.93	5.25	4.3	5.5	1.2	105.9	1.77	
	59.91	5.25	4.3	5.6	1.3	114.7	1.91	
T10	59.90	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	1.91
	59.92	5.25	4.3	5.4	1.1	97.1	1.62	

**Anexo 9.** Resultados de la porosidad de los panes, por tratamiento y repeticiones.

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Área</b>	<b>% de porosidad</b>	<b>Promedio %</b>
	r1	45	67	
T 1	r2	39	67.2	67.17
	r3	49	67.3	
	r1	50	67.4	
T2	r2	46	67.5	67.50
	r3	38	67.6	
	r1	53	67.8	
T3	r2	69	67.9	67.80
	r3	69	67.7	
	r1	38	67.6	
T4	r2	39	67.2	67.40
	r3	69	67.4	
	r1	50	67.4	
T5	r2	46	67.5	67.40
	r3	49	67.3	
	r1	50	67.7	
T6	r2	46	67.5	67.50
	r3	49	67.3	
	r1	50	67.4	
T7	r2	69	67.5	67.50
	r3	38	67.6	
	r1	69	67.9	
T8	r2	46	67.9	67.70
	r3	49	67.3	
	r1	50	67.1	
T9	r2	53	67.8	67.50
	r3	38	67.6	
	r1	50	67.4	
T10	r2	46	67.7	67.57
	r3	69	67.6	

**Anexo 10. Resultado proximal del pan**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>% humedad</b>	<b>% proteína</b>	<b>% grasa</b>	<b>% ceniza</b>	<b>% fibra</b>	<b>% carbohidrato</b>
T1	r1	17.70	8.41	11.75	1.55	1.72	58.87
	r2	16.47	8.86	10.93	1.49	1.84	60.41
	r3	19.16	8.64	11.50	1.33	1.60	57.77
	Promedio	17.78	8.64	11.39	1.46	1.72	59.02
T2	r1	19.15	8.45	10.09	1.04	1.61	59.66
	r2	19.48	8.33	10.71	1.02	1.53	58.93
	r3	18.90	8.30	11.28	0.98	1.66	58.88
	Promedio	19.18	8.36	10.69	1.01	1.60	59.16
T3	r1	14.28	8.84	11.42	1.19	1.77	62.50
	r2	15.25	8.57	11.76	1.20	1.84	61.38
	r3	15.38	8.52	12.17	1.29	1.71	60.93
	Promedio	14.97	8.64	11.78	1.23	1.77	61.60
T4	r1	18.50	8.40	11.04	1.51	1.75	58.80
	r2	18.37	8.66	10.93	1.49	1.84	68.71
	r3	18.91	8.92	11.50	1.37	1.60	57.70
	Promedio	18.59	8.66	11.16	1.46	1.73	61.74
T5	r1	14.36	8.81	11.45	1.15	1.73	62.50
	r2	15.38	8.50	11.70	1.20	1.84	61.38
	r3	15.30	8.50	12.17	1.29	1.71	60.93
	Promedio	15.01	8.60	11.77	1.21	1.76	61.60
T6	r1	17.09	8.52	11.01	1.15	1.73	60.50
	r2	17.38	8.30	11.74	1.20	1.84	61.38
	r3	15.36	8.84	12.17	1.29	1.71	60.93
	Promedio	16.61	8.55	11.64	1.21	1.76	60.94
T7	r1	17.76	8.52	11.71	1.51	1.75	60.50
	r2	17.61	8.90	11.74	1.20	1.84	58.71
	r3	18.14	8.84	11.50	1.98	1.66	58.88
	Promedio	17.84	8.75	11.65	1.56	1.75	59.36
T8	r1	14.25	8.28	11.71	1.51	1.75	62.50
	r2	18.01	8.76	11.79	1.20	1.53	58.71
	r3	17.74	8.84	11.50	0.29	1.76	58.87
	Promedio	16.67	8.63	11.67	1.00	1.68	60.03

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>% humedad</b>	<b>% proteína</b>	<b>% grasa</b>	<b>% ceniza</b>	<b>% fibra</b>	<b>% carbohidrato</b>
T9	r1	17.71	8.52	11.01	1.51	1.75	60.50
	r2	17.61	8.90	11.74	1.20	1.84	58.71
	r3	16.03	8.84	12.50	1.29	1.71	60.63
	Promedio	17.12	8.75	11.75	1.33	1.77	59.95
T10	r1	17.70	8.41	11.74	1.51	1.75	58.89
	r2	18.53	8.00	10.93	1.49	1.04	60.01
	r3	18.91	8.96	11.50	1.33	1.60	57.70
	Promedio	18.38	8.46	11.39	1.44	1.46	58.87

**Anexo 11.** Resultados del análisis de varianza ANOVA para las propiedades fisicoquímicas del pan.

**Anexo 11. 1.** Análisis de varianza (ANOVA) para el peso.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	1.73392	6	0.288987	2.20	0.2759
Error total	0.393527	3	0.131176		
Total (corr.)	2.12745	9			

**Anexo 11. 2.** Análisis de varianza (ANOVA) para la textura.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	6.46334	6	1.07722	2.22	0.2741
Error total	1.45766	3	0.485887		
Total (corr.)	7.921	9			

**Anexo 11. 3.** Análisis de varianza (ANOVA) para el volumen específico.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.0387994	6	0.00646657	1.85	0.3282
Error total	0.0104906	3	0.00349687		
Total (corr.)	0.04929	9			

**Anexo 11. 4.** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de la porosidad.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.173	6	0.0288333	0.95	0.5628
Error total	0.09064	3	0.0302133		
Total (corr.)	0.26364	9			

**Anexo 11. 5.** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de humedad.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	11.272	6	1.87866	0.79	0.6320
Error total	7.12109	3	2.3737		
Total (corr.)	18.3931	9			

**Anexo 11. 6.** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de proteína.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.0723265	6	0.0120544	0.60	0.7262
Error total	0.0599135	3	0.0199712		
Total (corr.)	0.13224	9			

**Anexo 11. 7.** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de grasa.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.717025	6	0.119504	0.99	0.5494
Error total	0.362465	3	0.120822		
Total (corr.)	1.07949	9			

**Anexo 11. 8.** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de ceniza.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.128073	6	0.0213455	0.31	0.8958
Error total	0.205617	3	0.0685391		
Total (corr.)	0.33369	9			

**Anexo 11. 9.** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de fibra.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	0.0115697	6	0.00192829	0.07	0.9954
Error total	0.0772303	3	0.0257434		
Total (corr.)	0.0888	9			

**Anexo 11. 10.** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de carbohidrato.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo Cúbico Especial	9.65904	6	1.60984	2.18	0.2786
Error total	2.21277	3	0.737591		
Total (corr.)	11.8718	9			

## Anexo 12. Optimización de los compuestos bioactivos producidos mediante el proceso de germinación de granos y semillas

### Optimización de los compuestos bioactivos producidos mediante el proceso de germinación de granos y semillas

#### Optimisation of bioactive compounds produced by the germination process seeds

Paucar – Menacho, L. M.<sup>1</sup>; Peñas, E.<sup>2</sup>; Dueñas, M.<sup>3</sup>; Frias, J.<sup>4</sup> y Martínez, Villaluenga, C.<sup>5</sup>

Para que una semilla pueda germinar, ciertas condiciones tienen que ser favorables, tales como: suministro adecuado de agua, temperatura deseable, cierta posición de gases en la atmósfera, luz (ciertas semillas) y ausencia de inhibidores de la germinación.

Las condiciones de germinación (temperatura, luz, humedad y tiempo de germinación) influyen en los compuestos bioactivos y varían mucho con las especies de plantas, semilla de variedades o cultivares.

Los granos de kiwicha son granos andinos con un excelente valor nutricional, sin embargo, poco se sabe sobre el proceso de germinación de compuestos bioactivos y propiedades funcionales de la kiwicha. El objetivo de esta investigación fue maximizar el contenido de ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), compuestos fenólicos totales (TPC) y la actividad antioxidante (capacidad de absorción de radicales de oxígeno, ORAC) de brotes de kiwicha a través de la optimización del proceso de germinación. La optimización se realizó utilizando la metodología de superficie de respuestas (RSM) con un diseño compuesto central de rotación 2<sup>3</sup>. Las variables independientes estudiadas fueron: tiempo de germinación (12, 21, 48, 63 y 72 h) y temperatura de germinación (12, 14, 26 y 28°C). el contenido de GABA y TPC y la actividad antioxidante de la kiwicha no germinada fue 2,6 mg GABA / 100g, 94,75 mg GAE / 100 g y 393, 14 mg TE / 100 g, respectivamente. En general los niveles de GABA, TPC y la actividad antioxidante aumentó significativamente ( $P \leq 0,05$ ) con tiempos de germinación más largos y temperaturas más altas. Las condiciones óptimas de germinación fueron 26°C y 63 en los que GABA, TPS y la actividad antioxidante aumentaron 29.1, 4.0 y 6.4 veces, respectivamente. La composición fenólica se estudió por HPLC-DAD-ESI / MS en aquellos brotes de kiwicha obtenidos en condiciones óptimas, estos brotes presentan principalmente compuestos no flavonoides, siendo derivados del ácido quínico (4-O-feruloylquinic) hidroxiquinónicos la más abundante y encontrados en los brotes. La quercetina-3-O-rutinosidofue el único flavanol identificado en semillas de kiwicha, y se encontró un incremento en el contenido de este compuesto en los brotes. En conclusión, la germinación es un proceso eficaz para mejorar los niveles de compuestos bioactivos y evidencian que la harina de kiwicha germinada promueve la salud. Por lo tanto, el consumo de brotes de kiwicha germinada en productos de panadería podría ayudar en la prevención de las enfermedades crónicas y la malnutrición.

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Santa, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú

Para la germinación de los granos de quinua (*Chenopodium quinoa*), se siguió el mismo diseño experimental para la kiwicha germinada y encontró que en la harina de quinua liofilizada sin germinar el contenido fenólico total (TPC) y la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) fueron de 270 mg GAE / 100 g y 1085,75 mg TE /100 g, respectivamente. En la harina de quinua germinada, encontró que las condiciones óptimas fueron 24 horas de germinación a 26 °C debido a resultado en un incremento de 181,4 % (TPC) y 130,0% (ORAC) respectivamente. El contenido total de GABA de la harina de quinua liofilizado no germinado fue 22,41 mg /100 g y las concentraciones en las harinas de semillas de quinua germinadas variaron desde 17,97 a 122,32 mg /100 g en los diferentes tratamientos. El modelo de regresión para el total de ácido gamma-aminobutírico (GABA) no fue significativa ( $R^2 = 0.61$ ) dentro de los rangos estudiados. Se puede concluir que la germinación de la quinua elevó significativamente la actividad antioxidante, que puede traer efectos biológicos beneficiosos mejor para la salud humana.

**Anexo 13. Informes de laboratorio del análisis proximal de los panes.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA  
**INFORME DE ANÁLISIS**  
Nº0538-19-LAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
DESCRIPCION: T1 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS  
PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
REGION : APURIMAC  
FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T1	T1	T1
Humedad %	17.70	16.47	19.16
Proteína %	8.41	8.86	8.64
Grasa %	11.75	10.93	11.50
Ceniza %	1.55	1.49	1.33
Fibra %	1.72	1.84	1.60
Carbohidratos %	58.87	60.41	57.77

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis  
  
Moisés Herrera Arce  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0539-19-LAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T2 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS.  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019  
 RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T2	T2	T2
Humedad %	19.15	19.48	18.90
Proteína %	8.45	8.33	8.30
Grasa %	10.09	10.71	11.28
Ceniza %	1.04	1.02	0.98
Fibra %	1.61	1.53	1.66
Carbohidratos %	59.66	58.93	58.88

\*Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 Melquedes Heredia Arístides  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0540-19-LAQ

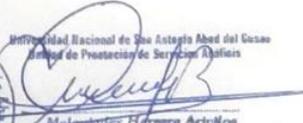
SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T3 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS.  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T3	T3	T3
Humedad %	14.28	15.25	15.38
Proteina %	8.84	8.57	8.52
Grasa %	11.42	11.76	12.17
Ceniza %	1.19	1.20	1.29
Fibra %	1.77	1.84	1.71
Carbohidratos %	62.50	61.38	60.93

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos  
**Malenitiles Herrera Arizono**  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0541-19-LAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T4 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE  
 QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T4	T4	T4
Humedad %	18.50	18.37	18.91
Proteína %	8.40	8.66	8.92
Grasa %	11.04	10.93	11.50
Ceniza %	1.51	1.49	1.37
Fibra %	1.75	1.84	1.60
Carbohidratos %	58.80	58.71	57.70

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 Jhomira Aricaña  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº 0542-19-LAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T5 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS.  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T5	T5	T5
Humedad %	14.36	15.38	15.30
Proteina %	8.81	8.50	8.50
Grasa %	11.45	11.70	12.17
Ceniza %	1.15	1.20	1.29
Fibra %	1.73	1.84	1.71
Carbohidratos %	62.50	61.38	60.93

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos  
**Malen Torres Ferrero** Arco No. 5  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº 0543 -19-IAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T6 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS.  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T6	T6	T6
Humedad %	17.09	17.38	15.36
Proteina %	8.52	8.30	8.84
Grasa %	11.01	11.74	12.17
Ceniza %	1.15	1.20	1.29
Fibra %	1.73	1.84	1.71
Carbohidratos %	60.50	61.38	60.63

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestacion de Servicios Químicos  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO**  
 Malgoritas Herrera Arco-Nea  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0544-19-LAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T7 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS.  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T7	T7	T7
Humedad %	17.76	17.61	18.14
Proteina %	8.52	8.90	8.84
Grasa %	11.71	11.74	11.50
Ceniza %	1.51	1.20	0.98
Fibra %	1.75	1.84	1.66
Carbohidratos %	60.50	58.71	58.88

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

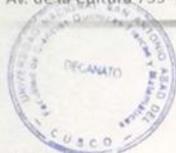
Cusco, 30 de Setiembre 2019

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO**  
 Malenitites Herrera Arcofios  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0545-19-LAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T8 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS.  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T8	T8	T8
Humedad %	14.25	18.01	17.74
Proteina %	8.28	8.76	8.84
Grasa %	11.71	11.79	11.50
Ceniza %	1.51	1.20	1.29
Fibra %	1.75	1.53	1.76
Carbohidratos %	62.50	58.71	58.87

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO**  
 Malen Torres  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0546-19-LAQ

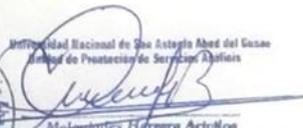
SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T9 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS.  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T9	T9	T9
Humedad %	17.71	17.61	16.03
Proteina %	8.52	8.90	8.84
Grasa %	11.01	11.74	11.50
Ceniza %	1.51	1.20	1.29
Fibra %	1.75	1.84	1.71
Carbohidratos %	60.50	58.71	60.63

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

  
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos  
**Malen Torres Ferrero** Arco No. 3  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0547-19-LAQ

SOLICITANTE: JHOMIRA QUINTANA PECEROS  
 MUESTRA : PAN (TRES MUESTRAS)  
 DESCRIPCION: T10 PAN CON SUSTITUCION PARCIAL CON HARINA DE  
 QUINUA Y KIWICHA GERMINADOS  
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS  
 REGION : APURIMAC  
 FECHA : C/19/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T10	T10	T10
Humedad %	17.70	18.53	18.91
Proteína %	8.41	8.00	8.96
Grasa %	11.74	10.93	11.50
Ceniza %	1.51	1.49	1.33
Fibra %	1.75	1.04	1.60
Carbohidratos %	58.89	60.01	57.70

Métodos: NTP 209.264, NTP 209.262, NTP 209.263  
 NTP 209.265, FAO 14/7, Diferencia.

Cusco, 30 de Setiembre 2019

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis  
 Laboratorio de Análisis Químico  
 Meryem Torres Arico  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**

**INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0181-2019-LENA-EPIA**

SOLICITANTE : QUINTANA PECEROS Jhomira  
 PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
 TITULO DE TESIS : "ELABORACION Y CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE PAN  
 CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA  
 DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) Y KIWICHA (*Amaranthus  
 caudatus L*) GERMINADAS"  
 PRODUCTOS : PAN CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR  
 HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADAS  
 PRESENTACION : 30 UNIDADES DE PAN  
 ENSAYO SOLICITADO : TEXTURA  
 FECHA DE RECEPCION : 23 de Setiembre del 2019  
 FECHA DE ENSAYO : 23 de Setiembre del 2019  
 FECHA DE EMISION : 27 de Setiembre del 2019

**RESULTADOS:**

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son

**RESULTADOS DE TEXTURA**

Nº DE ANALISIS	CLAVE DE IDENTIFICACION	TEXTURA X 10 <sup>5</sup> Pa
01	R1	3.1
	T1 R2	2.7
	R3	3.0
02	R1	5.8
	T2 R2	4.5
	R3	5.4
03	R1	5.5
	T3 R2	7.0
	R3	6.4
04	R1	4.0
	T4 R2	4.3
	R3	4.3
05	R1	5.8
	T5 R2	4.7
	R3	3.8
06	R1	5.8
	T6 R2	4.8
	R3	5.4
07	R1	3.7
	T7 R2	4.1
	R3	3.0
08	R1	4.4
	T8 R2	4.9
	R3	4.6
09	R1	3.8
	T9 R2	4.3
	R3	5.4

**METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:**

- Texturometro

CONCLUSIÓN Los resultados de Textura son conformes.

C.U. 27 de Setiembre del 2019



*[Handwritten signature]*  
 Oswaldo  
 INGENIERO  
 C.I. 100000



*[Handwritten signature]*  
 Dr. Luis Alberto Jimenez Monroy  
 CIP. 19512  
 JEFE DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**

**INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0182-2019-LENA-EPIA**

SOLICITANTE	: QUINTANA PECEROS Jhomra
PROCEDENCIA	: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
TITULO DE TESIS	: "ELABORACION Y CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE PAN CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa willd</i> ) Y KIWICHA ( <i>Amaranthus caudatus L</i> ) GERMINADAS"
PRODUCTOS	: PAN CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA Y KIWICHA GERMINADAS
PRESENTACION	: 30 UNIDADES DE PAN
ENSAYO SOLICITADO	: TEXTURA
FECHA DE RECEPCION	: 23 de Setiembre del 2019
FECHA DE ENSAYO	: 23 de Setiembre del 2019
FECHA DE EMISION	: 27 de Setiembre del 2019

**RESULTADOS:**

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son

RESULTADOS DE TEXTURA		
N° DE ANALISIS	CLAVE DE IDENTIFICACION	TEXTURA X 10 <sup>5</sup> Pa
10	R1	4.5
	R2	3.8
	R3	4.7

**METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:**

- Texturometro  
 CONCLUSIÓN

Los resultados de Textura son conformes.

C.U. 27 de Setiembre del 2019



Oswaldo  
 INGENIERO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Dr. Luis Alberto Jimenez Monroy  
 CIP. 19512  
 JEFE DE LABORATORIO

**Anexo 14.** Fotografías del proceso de elaboración.



Foto N°1: Proceso de germinado de Kiwicha para obtener la harina



Foto N°2: Proceso de germinado de quinua para obtener la harina



Foto N°3: Mezclado de la masa con una batidora amasadora.



Foto N°4: Luego del proceso de división se realizó el boleo de la masa y se dejó reposar iniciando la pre fermentación.



Foto N°5: Luego de la pre fermentación se dio forma a la masa y se introdujo en la cámara de fermentación.



Foto N°6: Proceso de horneado.



Foto N°7: Producto final