

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

**“Características fisicoquímicas y estabilidad sensorial de galletas con mashua negra (*Trapaeolum Tuberosum*) y concentrado proteico de anchoveta (*Engraulis Ringens*)”**

---

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero  
Agroindustrial**

**Autor:**

**Bach. Calderon Rosales, Erlyn Jhonatan**

**Asesor:**

**Dr. Cesar Moreno Rojo**

**D.N.I. N° 32907242**

**Código ORCID: 000-0002-7143-4450**

**Nuevo Chimbote – Perú**

**2025**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E.A.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



---

## HOJA DE AVAL DE ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado “CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE GALLETAS CON MASHUA NEGRA (*Trapeolum Tuberosum*) Y CONCENTRADO PROTEICO DE ANCHOVETA (*Engraulis Ringens*)”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por el Bachiller. Calderon Rosales Eryln Jhonatan, fue revisado y asesorado por el Dr. Cesar Moreno Rojo, designado mediante resolución decanal N° 177-2024-UNS-FI.

**ASESOR**

**Dr. Cesar Moreno Rojo**

**Dni:** 32907242

**Orcid:** 0000-0002-7143-4450



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E.A.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



## HOJA DE AVAL DE JURADO EVALUADOR

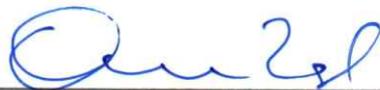
El presente trabajo de tesis titulado “CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE GALLETAS CON MASHUA NEGRA (*Trapeolum Tuberosum*) Y CONCENTRADO PROTEICO DE ANCHOVETA (*Engraulis Ringens*)”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por el Bachiller. Calderon Rosales Erlyn Jhonatan, ha sido revisada y aprobada teniendo como jurado evaluador al M. Sc. Saúl Marco Eusebio Lara (Presidente), Dr. Cesar Moreno Rojo (Secretario) y Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca(Integrante), designados mediante Resolución N° 083-2025-UNS-CFI quienes firman en conformidad:

  
M. Sc. Saúl Marco Eusebio Lara

Presidente

DNI: 32854604

Código ORCID: 0000-0001-6875-240X



Dr. César Moreno Rojo

Secretario

DNI: 32907242

Código ORCID: 0000-0002-7143-4450



Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca

Integrante

DNI: 18146173

Código ORCID: 0000-0003-4326-185

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 10:00 horas del día catorce de abril del dos mil veinticinco, se instalaron en el laboratorio de química inorgánica de la EPIA – 3er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 083-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **M. Sc. Saúl Marco Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dr. César Moreno Rojo** (Secretario)
- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca** (Integrante)
- **Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

**“CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE GALLETAS CON MASHUA NEGRA (*Trapeolum Tuberosum*) Y CONCENTRADO PROTEICO DE ANCHOVETA (*Engraulis Ringens*)”, elaborado por el bachiller en Ingeniería Agroindustrial.**

- **CALDERON ROSALES ERLYN JHONATAN**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dr. César Moreno Rojo**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
CALDERON ROSALES ERLYN JHONATAN	19	EXCELENTE

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 14 de abril del 2025.

  
\_\_\_\_\_  
**M. Sc. Saúl Marco Eusebio Lara**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. César Moreno Rojo**  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca**  
Integrante



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: JONATHAN CALDERON ROSALES  
Título del ejercicio: INFORME FINAL-CALDERON ROSALES  
Título de la entrega: INFORME FINAL- galletas mashua y CPA  
Nombre del archivo: Tesis\_Informe\_final\_-\_CALDERON\_ROSALES\_25.01.2025\_-\_tur...  
Tamaño del archivo: 1.85M  
Total páginas: 87  
Total de palabras: 16,479  
Total de caracteres: 87,207  
Fecha de entrega: 25-ene.-2025 07:36a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2571194018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL



“Características fisicoquímicas y estabilidad sensorial de galletas con mashua negra (*Trapaolum Tuberosum*) y concentrado proteico de anchoveta (*Engraulis Ringens*)”

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Bach. CALDERON ROSALES, Eryln Jhonatan

Asesor:

Dr. Moreno Rojo, Cesar

D.N.I. N° 32907242

Código ORCID: 0000-0002-7143-4450

Nuevo Chimbote – Perú

2025

# INFORME FINAL- galletas mashua y CPA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="http://www.polodelconocimiento.com">www.polodelconocimiento.com</a> Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Asian Institute of Technology Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://revistas.ulcb.edu.pe">revistas.ulcb.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## **DEDICATORIA**

A mi madre Judith que siempre está conmigo apoyándome e impulsándome con su amor y cariño para salir adelante siempre.

A mi padre Erlyn quien me acompaña y me orienta a ser una mejor persona en la vida.

A mis hermanos Cristhian, Ariana, Gaspar, Josué, William, Dorita y Adriel que son mi orgullo y una razón más para sobresalir y brindarles un buen ejemplo.

Y a mis demás familiares y amigos que siempre me acompañan y desean lo mejor para mí.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por siempre cuidar de mi familia y de mi persona, guiarnos en lo bueno y darme las fuerzas para siempre salir adelante.

A mis padres que son el motivo y el ejemplo para superarme día a día.

A mi asesor de tesis el Ing. Cesar Moreno, por su constante apoyo, esfuerzo y dedicación para con su trabajo y orientación guiarme sabiamente durante este trabajo de investigación.

Y a todas las personas que me apoyaron en este tiempo en la elaboración de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.	Mashua.....	6
2.1.1.	Taxonomía.....	7
2.1.2.	Composición nutricional .....	7
2.2.	Anchoveta .....	8
2.2.1.	Taxonomía.....	8
2.3.	Concentrado proteico de anchoveta.....	9
2.3.1.	Composición nutricional .....	10
2.4.	Harina de trigo .....	10
2.4.1.	Taxonomía.....	11
2.4.2.	Composición nutricional .....	12
2.5.	Galleta.....	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1.	Lugar de ejecución.....	14
3.2.	Materia Prima e insumos .....	14
3.2.1.	Materia prima .....	14
3.2.2.	Insumos.....	14
3.3.	Equipos, materiales y reactivos .....	15
3.3.1.	Equipos .....	15
3.3.2.	Materiales .....	15
3.3.3.	Reactivos .....	16
3.4.	Metodología.....	17
3.4.1.	Proceso de obtención de harina de Mashua.....	17
3.4.2.	Proceso de elaboración de galletas .....	19
3.5.	Diseño Experimental.....	19

3.5.1.	Variables independientes .....	19
3.5.2.	Variables dependientes .....	20
3.5.3.	Diseño estadístico .....	20
3.5.4.	Análisis estadístico .....	21
3.5.5.	Población, muestra y muestreo .....	21
3.5.1.	Población .....	22
3.5.2.	Muestra .....	22
3.5.3.	Muestreo .....	22
3.5.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	22
3.5.7.	Equipos .....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	24
4.1.	Composición proximal de materias primas.....	24
4.2.	Evaluación de las propiedades nutricionales de la galleta .....	27
4.2.1.	Proteína.....	27
4.2.2.	Fibra Dietética Total (FDT).....	31
4.2.3.	Calcio.....	35
4.2.4.	Fosforo.....	39
4.2.5.	Hierro.....	43
4.2.6.	Potasio .....	47
4.2.7.	Sodio.....	51
4.2.8.	Zinc.....	55
4.2.9.	Polifenoles totales (PFT) .....	59
4.3.	Evaluación sensorial .....	63
4.3.1.	Color sensorial.....	63
4.3.2.	Olor sensorial.....	66
4.3.3.	Sabor sensorial.....	69
4.3.4.	Textura sensorial.....	73

4.3.5. Intención de compra .....	77
4.4. Optimización de las variables dependientes e independientes .....	81
V. CONCLUSIONES .....	84
VI. RECOMENDACIONES .....	84
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación taxonómica de la mashua.</i> .....	7
<b>Tabla 2</b> <i>Composición nutricional de mashua</i> .....	8
<b>Tabla 3</b> <i>Clasificación taxonómica del trigo.</i> .....	8
<b>Tabla 4</b> <i>Composición nutricional del concentrado proteico de anchoveta.</i> .....	10
<b>Tabla 5</b> <i>Clasificación taxonómica del trigo.</i> .....	11
<b>Tabla 6</b> <i>Composición química por 100g de harina de trigo.</i> .....	12
<b>Tabla 7</b> <i>Codificación de las variables.</i> .....	20
<b>Tabla 8</b> <i>Niveles de las Variables Independientes</i> .....	20
<b>Tabla 9</b> <i>Valores codificados y valores reales del diseño experimental (DCCR) 2<sup>2</sup></i> .....	21
<b>Tabla 10</b> <i>Composición química de harina trigo en 100 gr.</i> .....	24
<b>Tabla 11</b> <i>Composición química harina de Mashua en 100 gr.</i> .....	25
<b>Tabla 12</b> <i>Tabla de micronutrientes del concentrado proteico de anchoveta por cada 100g</i>	26
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis del contenido de proteína en galletas.</i> .....	27
<b>Tabla 15</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de proteína de la galleta.</i> .....	29
<b>Tabla 16</b> <i>Análisis del contenido de fibra dietética total en galletas.</i> .....	31
<b>Tabla 17</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de fibra dietética total de la galleta</i> .....	33
<b>Tabla 18</b> <i>Análisis del contenido de calcio en galletas.</i> .....	35
<b>Tabla 19</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de calcio de la galleta.</i> .....	37
<b>Tabla 20</b> <i>Análisis del contenido de fosforo en galletas.</i> .....	39
<b>Tabla 21</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de fosforo de la galleta.</i> .....	41
<b>Tabla 22</b> <i>Análisis del contenido de hierro en galletas.</i> .....	43
<b>Tabla 23</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de hierro de la galleta.</i> .....	45
<b>Tabla 24</b> <i>Análisis del contenido de potasio en galletas.</i> .....	47
<b>Tabla 25</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de potasio de la galleta.</i> .....	49
<b>Tabla 26</b> <i>Análisis del contenido de sodio en galletas.</i> .....	51
<b>Tabla 27</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de sodio de la galleta</i> .....	53
<b>Tabla 28</b> <i>Análisis del contenido de zinc en galletas.</i> .....	55
<b>Tabla 29</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de zinc de la galleta</i> .....	57
<b>Tabla 30</b> <i>Análisis del contenido de polifenoles totales en galletas.</i> .....	59
<b>Tabla 31</b> <i>Análisis de ANOVA del contenido de polifenoles totales de la galleta</i> .....	61
<b>Tabla 32</b> <i>Análisis del color sensorial en galletas.</i> .....	63
<b>Tabla 33</b> <i>Análisis de ANOVA del color sensorial de la galleta</i> .....	65

<b>Tabla 34</b> <i>Análisis del olor sensorial en galletas.</i> .....	66
<b>Tabla 35</b> <i>Análisis de ANOVA del olor sensorial de la galleta</i> .....	68
<b>Tabla 36</b> <i>Análisis del sabor sensorial en galletas.</i> .....	69
<b>Tabla 37</b> <i>Análisis de ANOVA del sabor sensorial de la galleta</i> .....	71
<b>Tabla 38</b> <i>Análisis de la textura sensorial en galletas.</i> .....	73
<b>Tabla 39</b> <i>Análisis de ANOVA de la textura sensorial de la galleta</i> .....	75
<b>Tabla 40</b> <i>Análisis de la textura sensorial en galletas.</i> .....	77
<b>Tabla 41</b> <i>Análisis de ANOVA de la textura sensorial de la galleta</i> .....	79
<b>Tabla 42</b> <i>Criterios de deseabilidad para optimización de respuesta múltiple</i> .....	81
<b>Tabla 43</b> <i>Parámetros seleccionados para el método de optimización de deseabilidad, formulaciones óptimas de galleta con valor de deseabilidad óptimo.</i> .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Mashua variedad morada</i> .....	6
<b>Figura 2</b> <i>Diagrama de flujo para la obtención de harina de Mashua</i> .....	17
<b>Figura 3</b> <i>Diagrama de flujo para la elaboración de galletas</i> .....	18
<b>Figura 4</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de proteína de la galleta</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de proteína de la galleta</i> .....	30
<b>Figura 6</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de fibra dietética total de la galleta</i> .....	32
<b>Figura 7</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de fibra dietética total de la galleta</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de calcio de la galleta</i> .....	36
<b>Figura 9</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de calcio de la galleta</i> .....	38
<b>Figura 10</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de fósforo de la galleta</i> .....	40
<b>Figura 11</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de fósforo de la galleta</i> .....	42
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de hierro de la galleta</i> .....	44
<b>Figura 13</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de hierro de la galleta</i> .....	46
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de potasio de la galleta</i> .....	48
<b>Figura 15</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de potasio de la galleta</i> .....	50
<b>Figura 16</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de sodio de la galleta</i> .....	52
<b>Figura 17</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de sodio de la galleta</i> .....	54
<b>Figura 18</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de zinc de la galleta</i> .....	56
<b>Figura 19</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de zinc de la galleta</i> .....	58
<b>Figura 20</b> <i>Diagrama de paleta del contenido de polifenoles totales de la galleta</i> .....	60
<b>Figura 21</b> <i>Superficie de respuesta del contenido de polifenoles totales de la galleta</i> .....	62
<b>Figura 22</b> <i>Diagrama de paleta del color sensorial de la galleta</i> .....	64
<b>Figura 23</b> <i>Diagrama de paleta del olor sensorial de la galleta</i> .....	67
<b>Figura 24</b> <i>Diagrama de paleta del sabor sensorial de la galleta</i> .....	70
<b>Figura 25</b> <i>Superficie de respuesta del sabor sensorial de la galleta</i> .....	72
<b>Figura 26</b> <i>Diagrama de paleta de la textura sensorial de la galleta</i> .....	74
<b>Figura 27</b> <i>Superficie de respuesta de la textura sensorial de la galleta</i> .....	76
<b>Figura 28</b> <i>Diagrama de paleta de la intención de compra de la galleta</i> .....	78
<b>Figura 29</b> <i>Superficie de respuesta de la intención de compra de la galleta</i> .....	80

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo N° 1:** *Etiqueta Nutricional del Concentrado de Pescado Tipo A*; **Error! Marcador no definido.**

**Anexo N° 2:** *Composición Nutricional por 100 g de porción comestible de Pan de Molde* ..... **Error! Marcador no definido.**

**Anexo N° 3:** *Etiqueta Nutricional del aceite de girasol marca BASSO*; **Error! Marcador no definido.**

**Anexo N° 4:** *Ficha de evaluación sensorial del pan de molde.*; **Error! Marcador no definido.**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo optimizar la formulación de galletas mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de mashua negra y concentrado proteico de anchoveta, evaluando sus características fisicoquímicas, sensoriales y funcionales. Las formulaciones se diseñaron a partir de un modelo DCCR2<sup>2</sup>, donde las variables independientes fueron  $X_1$  = harina de mashua negra (0-2%) y  $X_2$  = concentrado proteico de anchoveta (CPA) (1-10%), con un total de 11 tratamientos. Las variables dependientes se analizaron mediante metodología de superficie de respuesta, identificando las significativas con un coeficiente de regresión adoptado ( $R^2 > 0.70$  y  $p\text{-value} < 0.05$ ).

La incorporación de estos ingredientes tuvo un impacto positivo en las propiedades fisicoquímicas de las galletas, incrementando los niveles de proteína, fibra dietética total, calcio, fósforo, hierro, potasio, sodio, zinc y polifenoles totales. La formulación óptima (F2) se obtuvo con un 1.5% de harina de mashua negra y un 2.5% de concentrado proteico de anchoveta, logrando valores destacados como: 14.28 g/g de proteína, 1.87 g/g de fibra dietética total, 16.41 mg/g de calcio, 12.82 g/g de fósforo, 158.39 mg/g de hierro, 28.48 g/g de potasio, 22.84 mg/g de sodio, 5.77 mg/g de zinc y 16.41 AGE/g de polifenoles totales.

En el análisis sensorial, se evidenció que el concentrado proteico de anchoveta influyó significativamente en el olor, sabor, textura, color y la intención de compra de las galletas. La formulación óptima obtuvo un 88% de intención de compra, lo que resalta su alta aceptación entre los consumidores, por su bajo contenido en CPA

Finalmente, la incorporación de harina de mashua negra y concentrado proteico de anchoveta permite desarrollar un producto funcional con propiedades nutricionales destacadas y una excelente aceptación en el mercado, contribuyendo a la diversificación de productos de panificación saludables.

**Palabras claves:** Mashua negra, concentrado proteico de anchoveta, capacidad antioxidante, composición mineral.

## ABSTRACT

The objective of this research work was to optimize the formulation of cookies by partially replacing wheat flour with black mashua flour and anchovy protein concentrate, evaluating their physicochemical, sensory and functional characteristics. The formulations were designed based on a DCCR22 model, where the independent variables were X1 = black mashua flour (0-2%) and X2 = anchovy protein concentrate (1-10%), with a total of 11 treatments. The dependent variables were analyzed using response surface methodology, identifying the significant ones with an adopted regression coefficient ( $R^2 > 0.70$  and p-value  $< 0.05$ ).

The incorporation of these ingredients significantly influences the physicochemical properties of the cookies, increasing the contents of protein, total dietary fiber, calcium, phosphorus, iron, potassium, sodium, zinc and total polyphenols. In addition, it was observed that the addition of anchovy protein concentrate affects the smell, flavor, texture and color of the cookies.

The optimized formulation was determined as 1.5% black mashua flour and 8.5% anchovy protein concentrate. Regarding sensory acceptance, the cookies made with this formulation were highly rated by consumers, who highlighted attributes such as color, smell, flavor, texture and purchase intention.

It is concluded that the incorporation of black mashua flour and anchovy protein concentrate not only allows the development of a product with outstanding functional characteristics, but also contributes to the diversification of healthy bakery products with high market acceptance.

Keywords: Black mashua, anchovy protein concentrate, antioxidant capacity, mineral composition.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El Perú, como uno de los países en vías de desarrollo, enfrenta serios desafíos en términos de desnutrición, particularmente entre la población infantil. Este grupo es especialmente vulnerable debido a sus necesidades relativamente altas de energía, proteínas y otros nutrientes esenciales para su crecimiento (Higinio, 2011).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el ámbito nacional, el 13.1% de los niños menores de 5 años sufre de desnutrición crónica, mientras que el 43.6% padece de anemia infantil. Esta situación es más prevalente en zonas urbanas, reflejando un grave problema nutricional en el país. La desnutrición y la anemia infantil están estrechamente vinculadas con las condiciones socioeconómicas de las familias, y en Perú, la tasa de pobreza alcanza el 20.7%. A pesar de los avances en los últimos años, las cifras del INEI indican que se debe continuar trabajando arduamente para erradicar estos problemas (INEI, 2017).

Para abordar esta problemática, es crucial desarrollar productos alimenticios de consumo habitual que sean accesibles y de alta calidad nutricional (Cerezal, 2007). En este contexto, los granos y otros productos andinos representan una excelente alternativa para sustituir la harina de trigo y mejorar los alimentos elaborados a partir de ella (ESSALUD, 2013).

Dentro de estos productos andinos, las harinas de tubérculos como la mashua se destacan por su alto contenido en nutrientes y su potencial para enriquecer alimentos de consumo masivo. La mashua, un tubérculo andino, es rica en antioxidantes, vitaminas y minerales, lo que la convierte en una opción ideal para mejorar el perfil nutricional de las galletas.

Además, la incorporación de concentrados proteicos de anchoveta puede ofrecer una solución efectiva para aumentar el contenido de proteínas en estos productos. La anchoveta es una fuente abundante y económica de proteínas de alta calidad, que puede ser utilizada para combatir la desnutrición y la anemia infantil.

Aprovechando estas materias primas en forma de harinas, es posible sustituir parcialmente la harina de trigo en la producción de galletas, incrementando así su valor nutritivo. Esto facilita su incorporación en las dietas de gestantes, niños y cualquier persona interesada en mejorar la calidad de su alimentación.

La innovación en la industria alimentaria es crucial para abordar los problemas de salud pública y promover una dieta equilibrada y nutritiva. Este proyecto se centra en el desarrollo de galletas utilizando harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y concentrado proteico de anchoveta (*Engraulis ringens*). La elección de estos ingredientes no es fortuita; responde a la necesidad de crear productos alimenticios con alto valor nutricional y propiedades funcionales mejoradas.

La mashua es un tubérculo andino con un contenido significativo de antioxidantes, vitaminas y minerales, además de poseer propiedades antibacterianas y antiinflamatorias. Su inclusión en las galletas no solo aportará beneficios nutricionales sino también ayudará a diversificar la dieta, ofreciendo una alternativa a la harina de trigo convencional. Por otro lado, el concentrado proteico de anchoveta es una fuente rica en proteínas de alta calidad y ácidos grasos omega-3, esenciales para el desarrollo y mantenimiento de diversas funciones corporales.

La utilización de ingredientes locales como la mashua y la anchoveta no solo apoya a los agricultores y pescadores de la región, sino que también promueve la sostenibilidad y la valorización de los recursos autóctonos. Esto fomenta el desarrollo económico local y la conservación de la biodiversidad. Al ofrecer un producto más nutritivo y funcional, se podrían abordar varios desafíos nutricionales en la región, mejorando la salud y calidad de vida de quienes lo consumen. Esta iniciativa destaca el potencial de los recursos locales y ancestrales, alentando a las comunidades a valorar y utilizar estos ingredientes de manera sostenible. En resumen, esta investigación ofrece una perspectiva esperanzadora para enfrentar la desnutrición y la deficiencia de proteínas en la región, al tiempo que impulsa el desarrollo de la agroindustria local y promueve un mayor equilibrio en la alimentación de la población.

Gunsha (2020), en su trabajo de investigación titulado “Utilización de cuatro niveles de harina de mashua en la elaboración de galletas”, estudió la incorporación de harina de mashua en diferentes formulaciones (10%, 20%, 30% y 40%). El producto que obtuvo la mejor aceptación, según las evaluaciones sensoriales de color, sabor, textura y olor, fue el que contenía un 10% de harina de mashua. Además, se realizaron análisis fisicoquímicos que mostraron resultados de humedad (2.85%), proteínas (6.71%) y cenizas (1.48%). Las investigaciones microbiológicas no detectaron la presencia de levaduras ni mohos, confirmando que el producto era seguro para los consumidores.

Coloma et al. (2020), en su investigación titulada “Caracterización de compuestos nutricionales y bioactivos en tres genotipos de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón) de diferentes zonas agroecológicas de Puno”, estudiaron los compuestos bioactivos y la caracterización nutricional en tres genotipos de tubérculos de mashua provenientes de diferentes zonas agroecológicas de la sierra peruana (3747 a 3888 msnm). Los genotipos estudiados de diferentes zonas agroecológicas difirieron significativamente en vitaminas, aminoácidos y compuestos bioactivos. Sin embargo, las características nutricionales de la mashua amarilla, morada y amarillo-morada permanecieron inalteradas. Sus tubérculos demostraron ser fuentes importantes de proteína y fibra. El análisis nutricional reveló altos valores de fósforo y potasio, así como cantidades considerables de vitamina C. Se obtuvieron valores significativos de antocianinas totales, flavonoides totales, fenoles totales, contenido de taninos y actividad antioxidante del genotipo morado. Se propuso que los tubérculos de mashua coloreados no explotados sean una valiosa fuente natural de fenoles y antocianinas con alta actividad antioxidante.

Astuhuaman & Medina (2020), en su investigación titulada “Formulación de una galleta dulce con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) con harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*)”, elaboraron galletas con diferentes proporciones de harina de mashua. Las tasas de sustitución fueron 4% (T4%), 8% (T8%) y 12% (T12%). Entre ellas, la muestra T12% tuvo el porcentaje de sustitución parcial más alto y los puntajes promedio fueron (4.5), (4.45), (4.65) y 4.50, respectivamente, según la clasificación sensorial basada en los atributos de color, olor, sabor y textura. El análisis proximal final de la muestra T12% mostró: humedad (4.89%), proteína (11.68%), fibra cruda (0.53%), ceniza (1.05%), grasa (11.21%) y carbohidratos (70.64%). A medida que aumentaba la sustitución con harina de mashua, se incrementaban los niveles de proteína, fibra y cenizas, mientras que disminuían el contenido de grasas y carbohidratos.

Pariona-Velarde et al. (2020), en su investigación titulada “Características nutricionales de un concentrado proteico de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*)”, prepararon un concentrado proteico con 76.4% de contenido a partir de anchoveta peruana fresca mediante tratamiento ácido con ácido cítrico al 1%, solubilización con cloruro de sodio al 1% y procesos de precipitación isoeléctrica. La grasa remanente

fue de 5.2% y un valor de 0.51 Aw indicó buena estabilidad. Cuando el concentrado proteico se rehidrató durante 10 minutos, mostró un aumento de peso inicial de 3.5 veces. Aportó 17.8% de proteína de muy alta calidad nutricional, con solo un contenido deficiente de histidina para niños de 1 a 2 años de edad. El contenido de grasa en el concentrado ofreció 33.4% de EPA + DHA. Este concentrado se consideró una fuente importante de calcio (30% de los requerimientos de los adultos y 35% de los niños), fósforo (30% de los requerimientos de los adultos y 52% de los niños) y hierro (aproximadamente el 20% de las necesidades de adultos y niños). El concentrado proteico es una fuente importante de proteína de alta calidad, proporcionando ácidos grasos omega-3, calcio, fósforo y hierro.

Acero et al. (2021), en su investigación titulada “Elaboración de un hidrolizado de proteína de anchoveta (*Engraulis ringens*) en polvo”, se propusieron desarrollar un hidrolizado proteico en polvo a partir de anchoveta y analizar sus propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas. Durante el proceso de hidrólisis, se evaluaron siete proteasas comerciales. Las proteasas comerciales que mostraron la mayor eficacia para las proteínas de anchoveta fueron Protex 6L y Protamex combinadas con Flavourzyme 1000L. Al emplear Protamex (0.2%) y Flavourzyme 1000L (0.4%) en relación con el peso de la materia prima, se obtuvieron los valores más altos de oBx ref. (11.50) y GH% (39.0%) en un periodo de 2 horas. El hidrolizado proteico de anchoveta en polvo resultante tenía una textura suave al tacto, un color beige claro, y un sabor y olor ligeramente a pescado. Además, contenía 77.13% de proteína, 10.727 g de lisina por cada 100 g de producto, y presentaba una baja carga microbiana, lo que indicaba condiciones sanitarias adecuadas durante su producción.

Avalos-Ramírez et al. (2024), en su investigación titulada “Elaboración de galletas con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) enriquecido con concentrado proteico de anchoveta (*Engraulis ringens*)”, se centraron en la preparación de galletas utilizando ingredientes no convencionales, como la cáscara de maracuyá, caracterizada por su riqueza en compuestos bioactivos y antioxidantes. Se encontró la formulación óptima utilizando 95% de harina de trigo, 3% de harina de cáscara de maracuyá y 2% de concentrado proteico hidrolizado de anchoveta. Un aspecto particularmente interesante del estudio fue la incorporación del concentrado proteico hidrolizado de anchoveta, una fuente rica en proteínas y omega-3. Además, se realizó un análisis

físico-sensorial que resultó en una aceptación satisfactoria, observándose que estas galletas ofrecen un aporte significativo de nutrientes beneficiosos para la salud.

Para este estudio se planteó como problema de investigación: ¿De qué manera se optimizará la formulación óptima de galletas a base de harinas mashua y concentrado proteico de anchoveta para que sea aceptable fisicoquímica y sensorialmente?

Por lo cual, el objetivo principal de este presente trabajo es optimizar la formulación óptima de galletas a base de harinas mashua y concentrado proteico de anchoveta que sea aceptable fisicoquímica y sensorialmente. Además, se han establecido objetivos específicos. Caracterizar fisicoquímicamente la harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta; evaluar el diseño experimental para las galletas y obtener la formulación óptima; evaluar estadísticamente la fibra dietaría y características tecnológicas de las galletas y evaluar sensorialmente el color, sabor, olor, textura e intención de compra de las galletas.

La hipótesis formulada para esta investigación es la sustitución parcial de la harina de trigo con un 5.5% de harina de mashua y un 1% de concentrado proteico de anchoveta da como resultado una galleta con un alto contenido de proteínas, fibra dietética, y propiedades sensoriales y tecnológicas aceptables.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Mashua

El Mashua (*Tropaeolum tuberosum* R. & P) es un tubérculo que se originó en Perú y Bolivia y ha sido cultivado durante miles de años. Su cultivo se ha expandido a otros países fuera de la meseta andina, como Ecuador, Venezuela, Colombia, Argentina, así como en regiones de Nueva Zelanda, Canadá, Estados Unidos e Inglaterra (Guevara-Freire et al., 2018). Los tubérculos de mashua pueden presentar diversos colores, incluyendo amarillo, púrpura y blanco. Tradicionalmente, se cocinan después de dejarlos al sol para mejorar su sabor y reducir sus compuestos amargos (Valle-Parra et al., 2018). Generalmente, se cultiva junto a otros tubérculos como la patata, la oca y el olluco, lo que dificulta precisar su nivel de producción exacto (Santillán et al., 2016).

#### Figura 1

*Mashua variedad morada*



Nota: Coloma et al. (2022).

Recientemente, la mashua ha captado la atención mundial debido a su amplia gama de nutrientes y fitoquímicos (Campos et al., 2018). Este tubérculo se considera una fuente novedosa y económica de compuestos bioactivos, con potencial para su uso en alimentos funcionales y nutraceuticos (Pacheco et al., 2019). La mashua ha sido objeto

de diversas investigaciones por sus actividades biológicas. El extracto de su jugo ha demostrado tener propiedades antibacterianas, antioxidantes, antiinflamatorias y la capacidad de inhibir la hiperplasia prostática benigna (Aguilar-Galvez et al., 2019).

### 2.1.1. Taxonomía

Tropaeolaceae es una familia pequeña y bastante homogénea de especies herbáceas, en su mayoría trepadoras. Actualmente existen 97 especies aceptadas y 78 especies están en proceso de ser aceptadas en la base de datos de The Plant List. *Tropaeolum tuberosum* fue descrito por primera vez por Ruíz & Pavón y publicado en 1802 en Flora peruana, et Chilensis (Grau et al., 2003). La descripción de su clasificación taxonómica se describe en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la mashua.*

Categorías	Nombre
Reino	Platae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Tropaeolaceae
Género	<i>Tropaeolum</i>
Especie	<i>Tropaeolum tuberosum</i>

Nota. USDA, 2019.

### 2.1.2. Composición nutricional

La Mashua es un alimento altamente nutritivo (Tabla 2), que se caracteriza por contener un alto nivel de proteínas de elevado valor biológico con un balance ideal de aminoácidos esenciales. Según Espín et al. (2004) este tubérculo se destaca de las demás raíces andinas (Achira, Jícama, Melloco, Miso, Oca y Zanahoria blanca) por su contenido de vitamina C y elevada cantidad de provitamina A. Destacándose además como una fuente importante de proteína y fibra (Coloma et al., 2022).

**Tabla 2***Composición nutricional de mashua*

Composición	Cantidad
Humedad (g/100 g)	89,72 ± 0,62
Proteína (g/100 g)	11,72 ± 0,05
Grasa (g/100 g)	4,53 ± 0,06
Ceniza (g/100 g)	6,66 ± 0,08
Fibra (g/100 g)	6,36 ± 0,03
Carbohidratos (g/100 g)	70,73 ± 0,16
Calcio (mg/100 g)	53,32 ± 2,85
Fosforo (mg/100 g)	191,55 ± 8,36
Hierro (mg/100 g)	7,74 ± 0,39
Potasio (mg/100 g)	1767,26 ± 19,13

*Nota: Coloma et al. (2022)***2.2. Anchoveta**

La anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) juega un papel crucial tanto en la cadena trófica marina como en la industria de aceite y harina de pescado. Esta especie es esencial no solo para el ecosistema marino, sino también para la economía pesquera de Perú. Su alto contenido proteico, aproximadamente 19%, y la presencia significativa de ácidos grasos omega-3 (w-3), que varía entre el 29,1% y el 33,1%, la convierten en una fuente nutricional valiosa (Ayala et al., 2003).

Sin embargo, la fracción lipídica insaturada de la anchoveta puede presentar desafíos en términos de almacenamiento y vida útil de los productos derivados. Los lípidos insaturados son susceptibles a la oxidación, lo que puede llevar a la rancidez y a la pérdida de calidad, incluso cuando se aplican procesos de congelación o secado (Abraha et al., 2018). Este fenómeno no solo afecta el sabor y el olor de los productos, sino que también puede reducir su valor nutricional y comercial.

**2.2.1. Taxonomía**

La taxonomía del trigo se presenta a continuación.

**Tabla 3***Clasificación taxonómica del trigo*

Categorías	Nombre
Reino	Animalia
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Orden	Clupeiformes
Suborden	Clupeiodei
Familia	Engraulidae
Género	Engraulis
Especie	Engraulis ringens

Nota. Catalog of Fishes (2004).

### 2.3. Concentrado proteico de anchoveta

La recuperación de proteínas del pescado y sus subproductos para consumo humano directo se basa en tres procesos tecnológicos clave: aislamiento, concentración e hidrólisis (Freon et al., 2017). Estos métodos han demostrado ser eficaces para obtener productos proteicos con valor agregado, utilizando harina y aceite de pescado como ingredientes marinos (Zhong et al., 2015).

El aislamiento de proteínas implica modificar su solubilidad a través de tratamientos ácidos o alcalinos, lo que facilita su disociación y la eliminación de grasa subcutánea. Este proceso también incluye la precipitación, que ayuda a recuperar proteínas de desechos de procesamiento y especies pequeñas como el krill (Tahergorabi et al., 2015). Los concentrados de proteínas de pescado se obtienen mediante la eliminación de sangre y proteínas sarcoplásmicas a través de múltiples lavados. Este proceso reduce significativamente la presencia de minerales y ácidos grasos esenciales, haciendo que los concentrados sean valiosos como aditivos de fortificación en la industria alimentaria debido a su alto contenido de aminoácidos (Shaviklo, 2015).

Por otro lado, los hidrolizados de proteínas son el resultado de la degradación enzimática de proteínas en péptidos más pequeños. Este proceso reduce el tamaño del péptido, convirtiendo a los hidrolizados en una fuente altamente disponible de aminoácidos para diversas funciones fisiológicas en el cuerpo humano (Chalamaiah et al., 2012). La hidrólisis mejora la biodisponibilidad de los aminoácidos, lo que puede tener beneficios significativos para la salud, especialmente en la reparación y crecimiento muscular.

El valor nutricional de un alimento aislado o concentrado debe evaluarse en función de su contenido de los nueve aminoácidos esenciales (EAA). Sin embargo, el concepto moderno de alimentos más saludables (nutracéuticos o funcionales) también exige beneficios adicionales para la salud. En las dietas de los países industrializados, la carencia de ácidos grasos omega-3 (w-3) se considera un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares (ECV) (Tahergorabi et al., 2015). Por lo tanto, es ventajoso desarrollar concentrados que incluyan componentes nutritivos adicionales como ácidos grasos omega-3 y minerales.

### 2.3.1. Composición nutricional

La composición anchoveta y concentrado proteico de anchoveta se presenta a continuación.

**Tabla 4**

*Composición nutricional del concentrado proteico de anchoveta*

Composición	Anchoveta	Concentrado proteico de anchoveta
Humedad	79.2 ± 0.2	8.0 ± 0.4
Proteína	17.3 ± 0.4	76.4 ± 0.3
Grasa	1.9 ± 0.1	5.2 ± 0.3
Ceniza	1.2 ± 0.1	10.6 ± 0.1

*Nota: Pariona-Velarde et al. (2020)*

### 2.4. Harina de trigo

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal más producido a nivel mundial y uno de los cultivos alimentarios básicos más significativos (Tama et al., 2009). Este cereal es una fuente rica en carbohidratos, y también contiene proteínas, grasas, cenizas, fibra y vitaminas. Además, aporta minerales esenciales como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo, cobre, zinc y manganeso (Kumar et al., 2011).

La harina de trigo, producida mediante la molienda de granos de trigo integrales, posee características distintivas en comparación con otros cereales debido a sus propiedades únicas para formar masa (Wrigley, 2004). La calidad de la harina de trigo se puede evaluar mediante varios parámetros, incluidos el contenido de proteína, humedad, gluten, sedimentación, actividad enzimática y propiedades reológicas (Hruskova y Famera, 2003).

Un contenido de proteína más alto (10-14,5 %) indica una harina más dura y resistente, adecuada para la producción de panes crujientes y masticables. Por otro lado, un contenido de proteína más bajo (6-10 %) resulta en una harina más suave, ideal para productos de panadería como tortas, galletas, bocaditos y cortezas de tarta (Chowdhury et al., 2012).

El contenido de humedad también es un factor crucial para determinar la calidad y la vida útil de la harina. El rango normal de contenido de humedad en la harina de trigo es del 11 al 14 % (Batoool et al., 2012). Si el contenido de humedad supera este rango, la harina se vuelve susceptible al crecimiento de hongos y moho, aumento de la actividad enzimática, infestación de insectos y cambios en el sabor.

La harina de trigo se utiliza ampliamente en la preparación de diversos productos alimenticios, incluidos galletas, pasteles, panes, fórmulas para bebés, fideos, dulces, desayunos y sopas (Kumar et al., 2011). Además, el trigo también se emplea en la producción de bebidas alcohólicas y otros tipos de bebidas, así como en la elaboración de alimentos para el ganado (Husejin et al., 2009).

#### 2.4.1. Taxonomía

La taxonomía del trigo se presenta a continuación.

**Tabla 5**

*Clasificación taxonómica del trigo*

Categorías	Nombre
Reino	Platae
Subreino	Fanerógamas
División	Cheteriodophitas
Clase	Monocotiledónea
Orden	Cereales
Familia	Gramínea
Género	Triticum
Especie	Triticum Vulgare

Nota. Gallego (2002)

## 2.4.2. Composición nutricional

La composición química de la harina de trigo se presenta a continuación.

**Tabla 6**

*Composición química por 100g de harina de trigo*

Composición	Cantidad (%)
Humedad	12.04±0.19
Proteína	12.47±2.15
Gluten	13.232±2.16
Grasa	0.893±0.09
Ceniza	0.387±0.07
Fibra	0.04±0.02

*Nota.* Saeid et al. (2015).

## 2.5. Galleta

Las galletas son productos horneados que incluyen ingredientes básicos como harina de trigo, azúcar, huevos, materia grasa y agua. Dependiendo de la cantidad y tipo de insumos adicionales, como harinas de pseudocereales, frutas, fibras, etc., se pueden obtener galletas con diversas características reológicas (Sotelo, 2023).

Estos productos, tanto dulces como salados, se elaboran mediante un proceso que incluye el amasado y un tratamiento térmico (Montes, 2014). En su preparación, se emplean diferentes tipos de cereales, frutos secos, semillas, miel, aceites vegetales, edulcorantes naturales, levaduras, especias, y conservantes alimentarios autorizados (Capurro & Huerta, 2016). La versatilidad en los ingredientes permite la creación de galletas con una amplia variedad de sabores y texturas, adaptadas a diferentes gustos y necesidades dietéticas.

El aseguramiento de la calidad es vital en la fabricación de galletas, permitiendo estandarizar y verificar el producto durante su producción, minimizando la introducción de productos defectuosos al mercado. Aspectos como la consistencia, el gusto, el nivel de dorado y el contenido de humedad son esenciales, ya que afectan considerablemente la percepción del consumidor sobre la calidad del producto (Paz, 2022).

Las normas y regulaciones son esenciales para la producción de galletas. La NTP 206.011 exige que el producto final esté limpio, libre de impurezas y en perfecto estado de conservación. La NTC 1241.2007 resalta la importancia de la homogeneidad del producto y establece límites para los metales pesados (máximo 0,2 mg/kg) y un contenido mínimo de proteínas (3% en base seca). Asimismo, el pH de la solución acuosa debe situarse entre 5,6 y 9,5. Según el Ministerio de Salud (Minsa, 2011), la humedad de las galletas no debe superar el 12%, el contenido de cenizas totales debe ser como máximo 3% y el índice de peróxido no debe exceder los 5 mg/Kg para garantizar su aptitud para el consumo.

La FAO (2016) destaca que una buena formulación, un tiempo adecuado de horneado y un almacenamiento correcto son fundamentales para mejorar los atributos de color, aroma, sabor y textura de las galletas. Estos factores no solo afectan la calidad del producto final, sino que también influyen en su aceptación por parte de los consumidores. Una correcta manipulación en cada etapa del proceso garantiza un producto de alta calidad y seguro para el consumo.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

Se realizó en los laboratorios de la escuela de E.P. de Ingeniería Agroindustrial (EPIA), Instituto de Investigación Tecnológica de Agroindustria (IITA) y las instalaciones de la Planta Piloto Agroindustrial (PPA) de la Universidad Nacional del Santa.

#### **3.2. Materia Prima e insumos**

##### **3.2.1. Materia prima**

Con el propósito de elaborar galletas a base de harinas Mashua y concentrado proteico de anchoveta de excelente calidad, se emplearon los siguientes ingredientes principales:

- **Mashua**

Será obtenida de la Comercializadora Pirámide ubicado en José Carlos Mariátegui Mz. T3 - Lt 3 Nvo Chimbote, requiriéndose 10 kg para satisfacer la demanda necesaria.

- **Concentrado proteico de anchoveta**

El concentrado proteico de anchoveta se adquirirá de la empresa COLPEX SAC, ubicado en la zona industrial del 27 de octubre.

- **Harina de trigo**

La materia prima para obtener la harina de trigo es moliendo finamente los granos o cereales.

- **Aceite de Girasol**

Será adquirida en el Supermercado Plaza Vea de Nuevo Chimbote.

##### **3.2.2. Insumos**

Se emplearon los siguientes ingredientes para la elaboración de las galletas.

- Sal
- Azúcar rubia
- Esencia de vainilla.
- Bicarbonato de sodio.

- Bicarbonato de amonio.
- Canela en polvo.
- Leche en polvo.

### **3.3. Equipos, materiales y reactivos**

#### **3.3.1. Equipos**

- Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. País: Suiza
- Batidora planetaria. Marca: Artisan – Kitchen. Modelo: FPSTHS3610. País: Perú
- Colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400.
- Estufa. Marca POL-EKO-APARATURA. Modelo SW-17TC. Serie SW-1990. País: E.E.U.U.
- Horno por convección Rotatorio. Modelo: MAX 1000. Serie: 0501028. Marca Nova. País: Perú
- Lector Multimodal. Marca: BioTek. Modelo: Syner-gy H1. País: EE. UU.
- Módulo de molienda y tamizado. Marca: TORRH. Modelo: MDMT60XL. Serie: JP0011112. País: Perú
- Mufla. Marca: THERMOLYNE. Serie: 347034984. País: Alemania
- Secador de bandejas. Marca: TORRH. Modelo: SBT-10X10. Serie: JP0010113. País: Perú
- Sistema Extractor de Grasa. Marca: FOSS. Modelo: SOXTEC. Serie: O/C 045-2015 N°161. País: China

#### **3.3.2. Materiales**

- Materiales de Procesamiento de datos (Statgraphics, STATISTICA, EXCEL).
- Material de oficina (folders, hojas, etc).
- Petróleo para el funcionamiento del horno industrial.
- Bandejas de metal
- Bandejas de plástico
- Cuchillos, cucharas
- Fiolas
- Jabón líquido

- Jabón líquido
- Placas Petri
- Tazones de aceros inoxidables
- Trapos amarillos
- Unidades de Microplacas para lector multimodal.
- Vasos de plásticos
- Vasos precipitados

### **3.3.3. Reactivos**

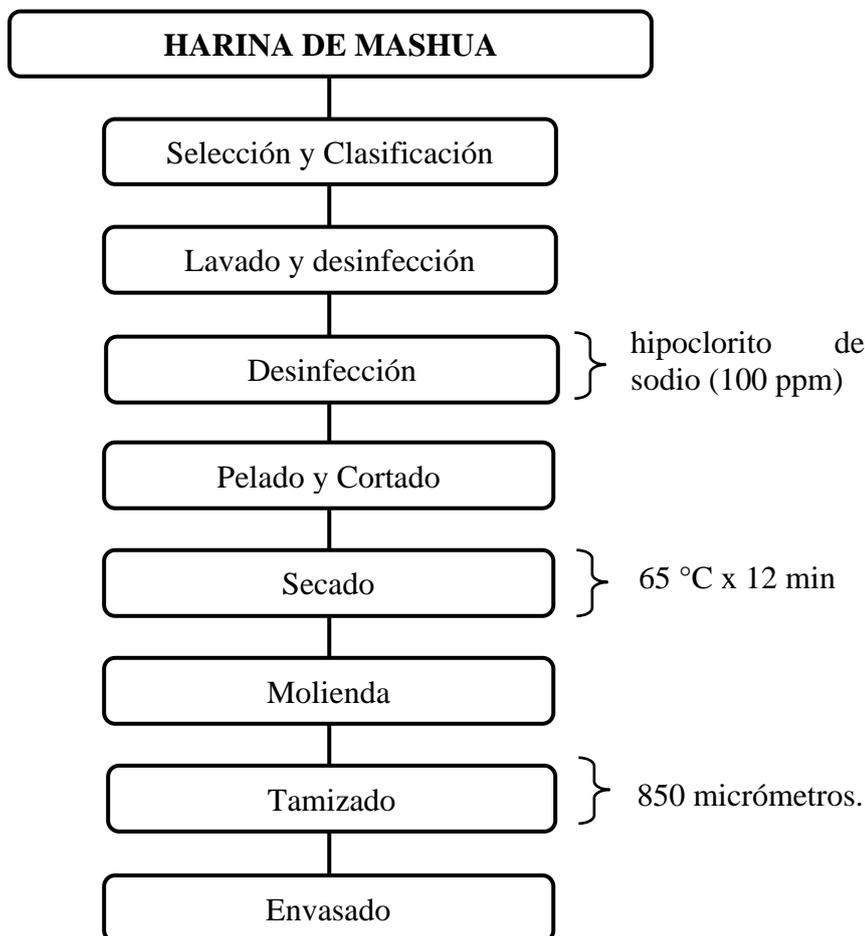
- Acetona
- Ácido Gálico
- Amiloglucosidasa
- Carbonato sódico
- DPPH para análisis
- Folin & Ciocalteus phenol reagent
- Hidróxido de Sodio
- MES (2-(N-morpholino)ethanesulfonic acid)
- Metanol
- Eter de petróleo
- Proteasa
- TRIS (Tris(hydroxymethyl)aminomethane)
- Trolox

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Proceso de obtención de harina de Mashua

**Figura 2**

*Diagrama de flujo para la obtención de harina de Mashua.*



#### **Descripción del proceso de obtención de la harina de Mashua**

**Selección:** El Mashua fue obtenido de diferentes procedencias. Se seleccionaron los tubérculos sin daños mecánicos ni evidencias de plagas o enfermedades, garantizando una buena calidad fitosanitaria.

**Limpieza:** Los tubérculos se sumergieron en agua y se cepillaron para eliminar residuos de tierra y materia orgánica adherida a la cáscara.

**Desinfección:** Los tubérculos seleccionados se sumergieron durante 5 minutos en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) para eliminar posibles agentes patógenos.

Pelado y Cortado: La mashua fue pelada manualmente. Se cortó en rodajas de aproximadamente 1 cm de ancho. Cada rodaja fue dividida en cuatro partes iguales.

Secado: Las porciones de mashua se colocaron en bandejas de metal. Estas bandejas fueron ubicadas en un horno a 65°C durante 18 horas hasta alcanzar un peso constante.

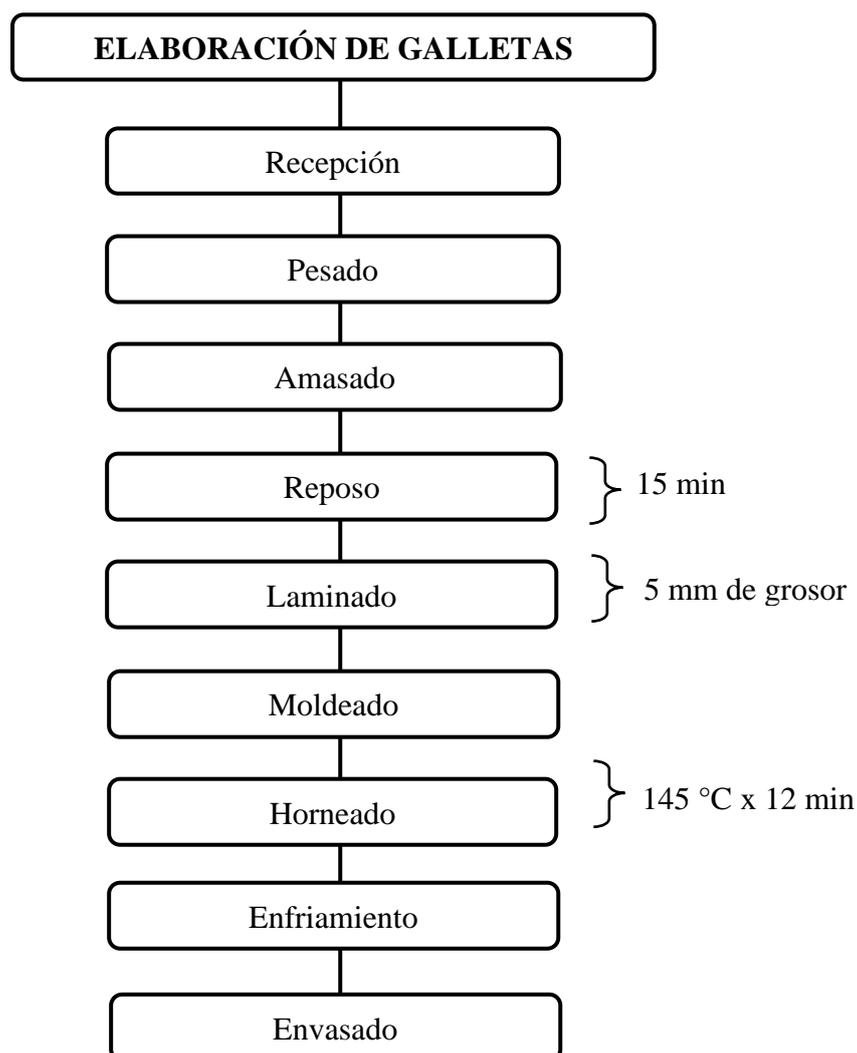
Molienda: Una vez secas, las porciones de mashua fueron molidas hasta obtener partículas menores a 850 micrómetros.

Tamizado: La harina molida fue tamizada para eliminar partículas extrañas y obtener una textura fina y uniforme.

Envasado: La harina fue envasada al vacío y sellada adecuadamente para mantener su humedad y calidad.

**Figura 3**

*Diagrama de flujo para la elaboración de galletas*



### **3.4.2. Proceso de elaboración de galletas**

Recepción de la Materia Prima: Se recibió la materia prima (harina, azúcar, margarina, etc.), cumpliendo con los estándares de higiene y calidad. Se comprobó que todos los ingredientes estuvieran libres de contaminantes y en buen estado.

Pesado: Se pesaron todos los ingredientes según la formulación indicada, asegurando la precisión en las cantidades para mantener la consistencia del producto final.

Amasado: Los ingredientes secos (harina, sal, levadura en polvo) se combinaron con la mezcla de azúcar y manteca, logrando una masa homogénea con un amasado suave durante 2 minutos y 30 segundos.

Reposo de la Masa: Después del amasado, la masa fue refrigerada durante 15 minutos para reposar.

Laminado de la Masa: Utilizando un rodillo, la masa fue estirada hasta alcanzar un grosor uniforme de 5 mm.

Moldeado: Con un molde cuadrado de 5 cm de diámetro, se cortó la masa estirada, asegurando uniformidad en todas las piezas.

Horneado: El horno fue precalentado a 145°C para asegurar una cocción uniforme. Las galletas se hornearon durante 12 minutos.

Enfriamiento: Las galletas se dejaron enfriar sobre una rejilla hasta alcanzar la temperatura ambiente, evitando condensación en las fundas plásticas.

Envasado: Una vez que las galletas alcanzaron la temperatura ambiente, fueron envasadas en fundas plásticas y selladas adecuadamente para mantener su frescura y calidad.

### **3.5. Diseño Experimental**

#### **3.5.1. Variables independientes**

- X1: Proporción de harina de Mashua (%)
- X2: Proporción de concentrado proteico de anchoveta (%)

Se tomaron en cuenta como variables independientes los porcentajes de proporción de harina de Mashua y concentración porcentual de proteico de anchoveta.

### 3.5.2. Variables dependientes

- Composición química (humedad, grasa, ceniza, proteínas, fibra dietética total, carbohidrato, energía, hierro, calcio, magnesio, polifenoles totales) de la galleta
- Aceptabilidad sensorial de la galleta

### 3.5.3. Diseño estadístico

El estudio tiene un diseño experimental, en la **Tabla 7** se muestra los resultados de la determinación de formulaciones a través del DCCR 2<sup>2</sup> calculado con el software STATISTICA.

**Tabla 7**

*Codificación de las variables.*

Variables Independientes	
Variable	Codificación
Harina de Mashua	X <sub>1</sub>
Concentrado proteico de anchoveta	X <sub>2</sub>

A continuación, se mostrarán el nivel de las variables independientes según el diseño experimental (DCCR).

**Tabla 8**

*Niveles de las Variables Independientes*

Variables Independientes	Niveles				
	- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
Harina de Mashua	0	0.5	1	1.5	2
Concentrado proteico de anchoveta	1	2.5	5.5	8.5	10

**Tabla 9***Valores codificados y valores reales del diseño experimental (DCCR) 2<sup>2</sup>*

Tratamiento	Valores Codificados		Valores Reales	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Harina de Mashua	Concentrado proteico de anchoveta
F1	-1	-1	0.5	2.5
F2	1	-1	1.5	2.5
F3	-1	1	0.5	8.5
F4	1	1	1.5	8.5
F5	- $\alpha$	0	0	5
F6	$\alpha$	0	2	5
F7	0	- $\alpha$	1	1
F8	0	$\alpha$	1	10
F9	0	0	1	5.5
F10	0	0	1	5.5
F11	0	0	1	5.5
Tcontrol	-	-	-	-

**3.5.4. Análisis estadístico**

Para analizar los datos obtenidos de las características fisicoquímicas y la evaluación sensorial de las galletas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). En los casos donde se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$  y  $R^2 > 0.70$ ), se empleó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió confrontar los resultados y formar subgrupos para identificar el mejor tratamiento.

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con un nivel de confianza del 95%. Para el procesamiento de los datos, se utilizaron los softwares Statgraphics y STATISTICA.

### **3.5.5. Población, muestra y muestreo**

#### **3.5.1. Población**

Estará conformada por la harina mashua (*Tropaeolum tuberosum*) variedad negra compradas en el mercado mayorista “La Perla” de Chimbote. y el concentrado proteico de anchoveta.

#### **3.5.2. Muestra**

Se utilizarán 30 kg de mashua y 2kg de concentrado proteico de anchoveta para elaborar los diferentes tratamientos de la galleta.

#### **3.5.3. Muestreo**

Se realizará un muestreo al azar simple eligiendo entre las galletas resultantes de la elaboración de los diferentes tratamientos.

### **3.5.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **3.5.6.1. Técnicas**

- **Caracterización de las harinas**

Se caracterizaron la harina de trigo, harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta

- Colorimetría (Colorímetro)
- Humedad (Método N° 44-15 de la AACC, 1995)
- Cenizas (Método directo de la AOAC, 923.03, 1990)
- Lípidos (Método directo de la AOAC, 960.39, 1990)
- Proteínas (Método kjeldahl\_Arnold-Gunning, AOAC, 928.08, 1990)
- Carbohidratos (Por diferencia)
- Energía (Por fórmula)
- Minerales - Ca, Mg, Fe (Espectroscopia de absorción atómica)
- Fibra dietética total (Método AOAC, 985.29)
- Polifenoles totales (Metodo Folin-Cicalteu)

- **Evaluación de la calidad de las galletas**

Las variables dependientes a analizar siguen las siguientes metodologías:

- Proteínas (Método kjeldahl\_Arnold-Gunning, AOAC, 928.08, 1990)
- Minerales - Ca, Mg, Fe (Espectroscopia de absorción atómica)
- Fibra dietética total (Método AOAC, 985.29)
- Polifenoles totales (Metodo Folin-Cicalteu)
- Evaluación sensorial (color, sabor, olor, textura e intención de compra)

### **3.5.7. Equipos**

Los instrumentos que se utilizaron para obtener los datos de las variables dependientes serán:

- Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. País: Suiza
- Batidora planetaria. Marca: Artisan – Kitchen. Modelo: FPSTHS3610. País: Perú
- Colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400.
- Estufa. Marca POL-EKO-APARATURA. Modelo SW-17TC. Serie SW-1990. País: E.E.U.U.
- Horno por convección Rotatorio. Modelo: MAX 1000. Serie: 0501028. Marca Nova. País: Perú
- Lector Multimodal. Marca: BioTek. Modelo: Syner-gy H1. País: EE. UU.
- Módulo de molienda y tamizado. Marca: TORRH. Modelo: MDMT60XL. Serie: JP0011112. País: Perú
- Mufla. Marca: THERMOLYNE. Serie: 347034984. País: Alemania
- Secador de bandejas. Marca: TORRH. Modelo: SBT-10X10. Serie: JP0010113. País: Perú
- Sistema Extractor de Grasa. Marca: FOSS. Modelo: SOXTEC. Serie: O/C 045-2015 N°161. País: China

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Composición proximal de materias primas

En la Tabla 10 se muestran los resultados de composición química de la harina de trigo.

**Tabla 10**

*Composición química de harina trigo en 100 gr.*

<b>Composición química de harina de trigo</b>	
Humedad (g/g)	14.00 ±0.32
Cenizas (g/g)	1.57 ±0.041
Proteínas (g/g)	12.6 ±0.23
FDT (g/g)	2.78 ±0.061
Hierro (mg/g)	3.19 ±0.047
Calcio (mg/g)	17 ±0.52
Polifenoles Totales (mg A. gálico/g)	1.66
Capacidad antioxidante (umol TE/ DW)	75

Nota: Análisis desarrollados en el Laboratorio acreditado con la ISO 17025, COLECBI SAC, 2024

Según los resultados de los análisis realizados en este estudio, el contenido de humedad fue de 14.00 ±0.32 g. En comparación, Ocheme et al. (2018) reportaron un contenido de humedad de 9.1 ± 0.3 %. Estos valores difieren significativamente, lo que podría atribuirse a variaciones en las condiciones de procesamiento, almacenamiento o técnicas de análisis empleadas en ambas investigaciones. Con respecto a el contenido de proteína, se obtuvo 12.6 ±0.23 g. En comparación, David et al. (2015) reportaron un contenido de proteínas de 10.23 %, lo que representa una diferencia significativa. Esto podría explicarse por el uso de materias primas con mayor contenido proteico o modificaciones en los procesos de formulación o extracción. El contenido de fibra dietética total obtenido en esta investigación fue de 2.78 ±0.061 g, mientras que Ocheme et al. (2018) reportaron un valor significativamente menor de 0.84 ± 0.15 g. Estos resultados difieren significativamente. El contenido de cenizas obtenido en este estudio fue de 1.57 ±0.041 g. Por otro lado, David et al. (2015) reportaron un contenido de cenizas de 1.00 %. Aunque la diferencia no es considerable, sí refleja posibles variaciones en la composición mineral de las materias primas.

Según los resultados obtenidos en esta investigación, el contenido de hierro fue de  $3.19 \pm 0.047$  mg y calcio fue de  $17 \pm 0.52$  mg. En comparación, Nikolić et al. (2019) reportaron un contenido de hierro de  $54.30 \pm 5.63$  ug/g y calcio de  $0.26 \pm 0.08$  mg/g. Estos valores difieren significativamente, lo que podría atribuirse a diferencias en las fuentes de materia prima, métodos de análisis o técnicas de procesamiento empleadas en los estudios.

**Tabla 11**

Composición química harina de Mashua en 100 gr.

Composición química de harina de mashua	
Humedad (g/g)	$10.46 \pm 0.50$
Cenizas (g/g)	$4.66 \pm 0.025$
Proteínas (g/g)	$12.34 \pm 0.82$
FDT (g/g)	$7.07 \pm 0.054$
Hierro (mg/g)	$420 \pm 2.55$
Calcio (mg/g)	$6 \pm 0.084$
Zinc (mg/g)	$384.35 \pm 5.23$
Polifenoles Totales (mg A. gálico/g)	18.6
Capacidad antioxidante (umol TE/ DW)	114.7

Nota: Análisis desarrollados en el Laboratorio acreditado con la ISO 17025, COLECBI SAC, 2024

Según los resultados de los análisis realizados en este estudio, el contenido de humedad fue de  $10.46 \pm 0.50$  g. En comparación con estudios previos, Salazar et al. (2021) reportaron un contenido de humedad de  $18.87 \pm 0.06$  %. Estos valores difieren significativamente, lo que podría atribuirse a variaciones en las condiciones de procesamiento, almacenamiento o técnicas de análisis empleadas en ambas investigaciones. Con respecto a el contenido de proteína, se obtuvo  $12.34 \pm 0.82$  g. En comparación, Valcárcel-Yamani et al. (2013) reportaron un contenido de proteínas de  $9.21 \pm 0.18$  %, lo que representa una diferencia significativa. Esto podría explicarse por el uso de materias primas con mayor contenido proteico o modificaciones en los procesos de formulación o extracción. El contenido de fibra dietética total obtenido en esta investigación fue de  $7.07 \pm 0.054$  g, mientras que Salazar et al. (2021) reportaron un contenido de  $9.60 \pm 0.05$  g. Estos resultados difieren

significativamente. El contenido de cenizas obtenido en este estudio fue de  $4.66 \pm 0.025$  g. Por otro lado, Valcárcel-Yamani et al. (2013) reportaron un contenido de cenizas de  $5.10 \pm 0.09$  %. Aunque la diferencia no es considerable, sí refleja posibles variaciones en la composición mineral de las materias primas.

Según los resultados obtenidos en esta investigación, el contenido de hierro fue de  $420 \pm 2.55$  mg, calcio fue de  $6 \pm 0.084$  mg y zinc obtenido fue de  $384.35 \pm 5.23$  mg. En comparación, Fairlie et al. (1999) reportaron un contenido de hierro de 6.49 mg, calcio de 42.28 mg y zinc de 2.06 mg. Estos valores difieren significativamente, lo que podría atribuirse a diferencias en las fuentes de materia prima, métodos de análisis o técnicas de procesamiento empleadas en los estudios.

**Tabla 12**

Composición de micronutrientes del concentrado proteico de anchoveta por cada 100g

Componente	Cantidad
Proteína (g/g)	$80 \pm 0.36$
Grasa Total (g/g)	$0,50 \pm 0.024$
Fosforo (mg/g)	$512,6 \pm 3.68$
Hierro (mg/g)	$5,961 \pm 0.064$
Potasio (mg/g)	$1139,2 \pm 10.25$
Sodio (mg/g)	$913,6 \pm 2.85$
Energía (kcal)	324,5

*Nota.* Laboratorio de empresa Colpex International SAC. (2023), para Concentrado proteico hidrolizado de pescado en polvo tipo A.

Según los resultados de los análisis realizados en este estudio, el contenido de proteína, se obtuvo  $80 \pm 0.36$  g/g. En comparación, Pariona-Velarde et al. (2020) reportaron un contenido de proteínas de  $76.4 \pm 0.3$  %, lo que representa una diferencia significativa. El contenido de grasa total obtenido en esta investigación fue de  $0,50 \pm 0.024$  g/g, mientras que Pariona-Velarde et al. (2020) reportaron un contenido de  $5.2 \pm 0.3$  %. esto podría explicarse por el uso de materias primas con mayor contenido proteico o modificaciones en los procesos de formulación o extracción

## 4.2. Evaluación de las propiedades nutricionales de la galleta

### 4.2.1. Proteína

En la **Tabla 13** se muestran los resultados del análisis del contenido de proteína en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 13**

*Análisis del contenido de proteína en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Proteína (g/g)</b>
F1	0,5	2,5	14,28
F2	1,5	2,5	14,28
F3	0,5	8,5	18,33
F4	1,5	8,5	18,33
F5	0	5	15,97
F6	2	5	15,72
F7	1	1	13,27
F8	1	10	19,34
F9	1	5,5	16,3
F10	1	5,5	16,3
F11	1	5,5	16,3
Control	-	-	12.6

\*Media de 3 repeticiones

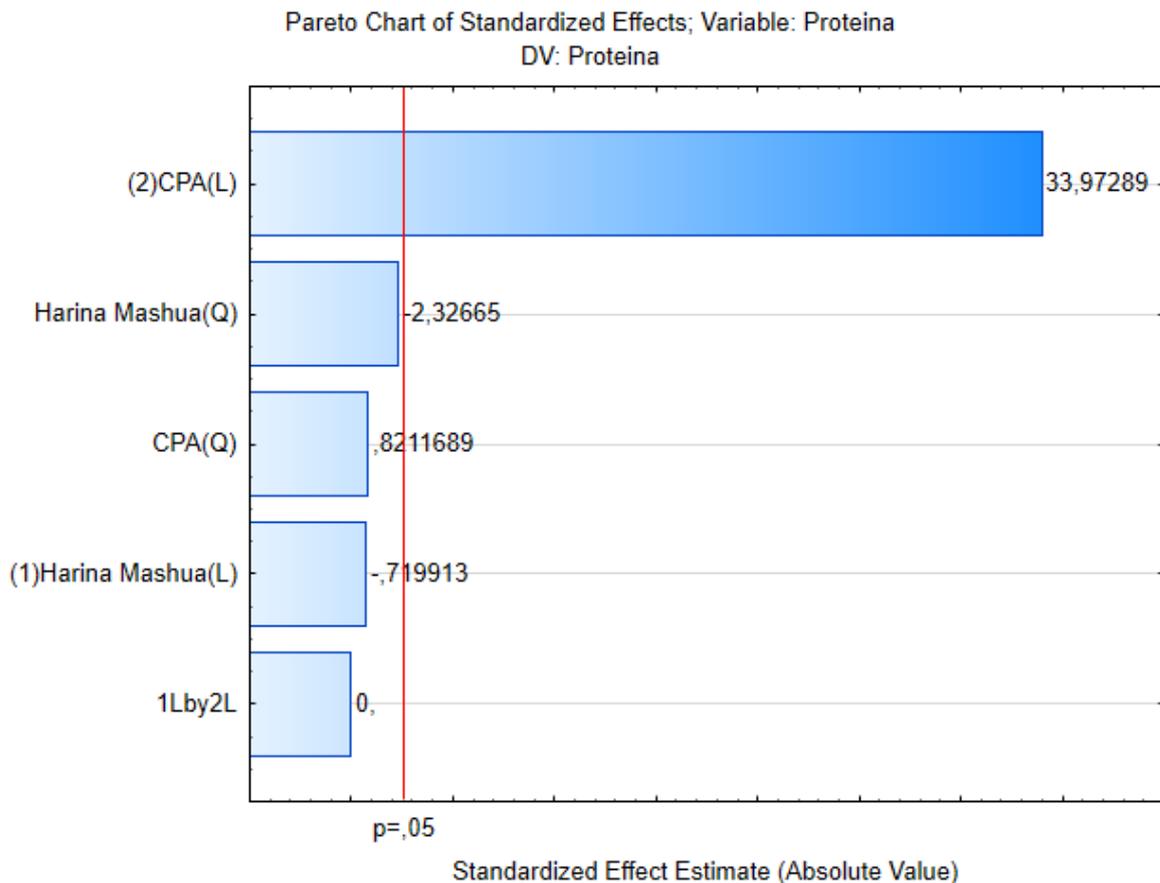
Los valores de proteína obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 13.27 y 19.35 g/g. La formulación F7 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F8 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una. El mayor contenido de proteína observado en la formulación F8 podría atribuirse a una mayor proporción de CPA, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Ikasari et al. (2020), quienes obtuvieron un contenido de proteína de 11,4% en galletas con concentrado proteico de pescado al 10%. En cambio, los valores reportados por Abraha et

al. (2018) son más cercanos a los observados en este estudio, ya que identificaron un contenido de proteína de 14.63-17.88 en galletas con concentrado proteico de 5-7%. El concentrado de proteína de pescado es una proteína animal de bajo costo con un contenido de proteína de alta calidad entre el 75 y el 95 %, por lo que se puede utilizar como suplemento proteico para mejorar el valor nutritivo de los alimentos agrícolas y mejorar la vida útil de los productos horneados finales (Muruetta et al. 2007).

**Figura 4**

*Diagrama de Pareto del contenido de proteína de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto en el contenido de proteína de la galleta, con un valor estandarizado de 33.97, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para aumentar el contenido de proteína de la galleta.

En la **Tabla 14** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de proteína de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de proteína, con un p-valor igual

a 0.0001 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 99.57%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 14**

*Análisis de ANOVA del contenido de proteína de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	35,05	5	7,01	232,51	< 0.0001	significante
A-Harina de mashua	0,0156	1	0,0156	0,5183	0,5038	
B-CPA	34,80	1	34,80	1154,16	< 0.0001	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	0,1632	1	0,1632	5,41	0,0675	
B <sup>2</sup>	0,0203	1	0,0203	0,6743	0,4489	
Residual	0,1507	5	0,0301			
Lack of Fit	0,1507	3	0,0502			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
Cor Total	35,20	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre la proteína de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Proteína} = 16.30 - 0.04A + 2.09B + 0.00AB - 0.17A^2 + 0.06B^2$$

**Donde:**

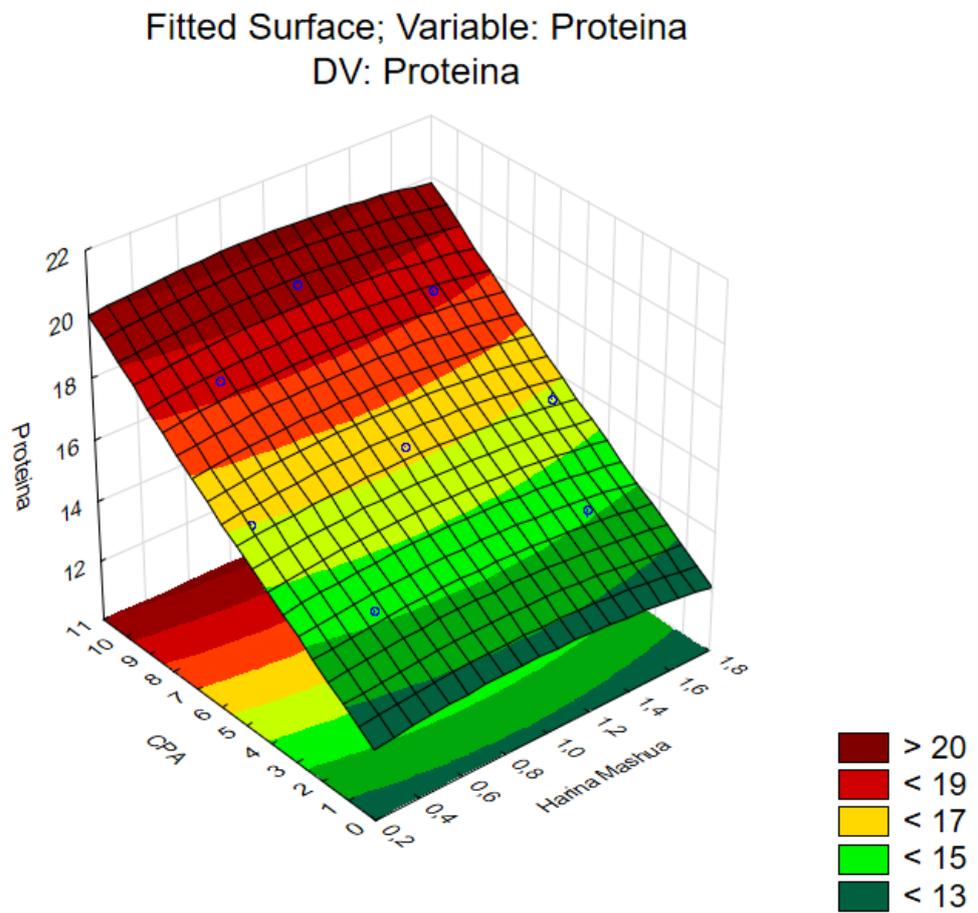
A: Harina de Mashua

B: CPA

Este modelo permite predecir la proteína de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y la proteína, como se observa en la **Figura 5**.

**Figura 5**

*Superficie de respuesta del contenido de proteína de la galleta*



#### 4.2.2. Fibra Dietética Total (FDT)

En la **Tabla 15** se muestran los resultados del análisis de contenido de fibra dietética total en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 15**

*Análisis del contenido de fibra dietética total en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Fibra dietética total (g/g)</b>
F1	0,5	2,5	1,70
F2	1,5	2,5	1,87
F3	0,5	8,5	1,6
F4	1,5	8,5	1,77
F5	0	5	1,58
F6	2	5	1,92
F7	1	1	1,81
F8	1	10	1,66
F9	1	5,5	1,74
F10	1	5,5	1,74
F11	1	5,5	1,74
Control	-	-	1.66

\*Media de 3 repeticiones

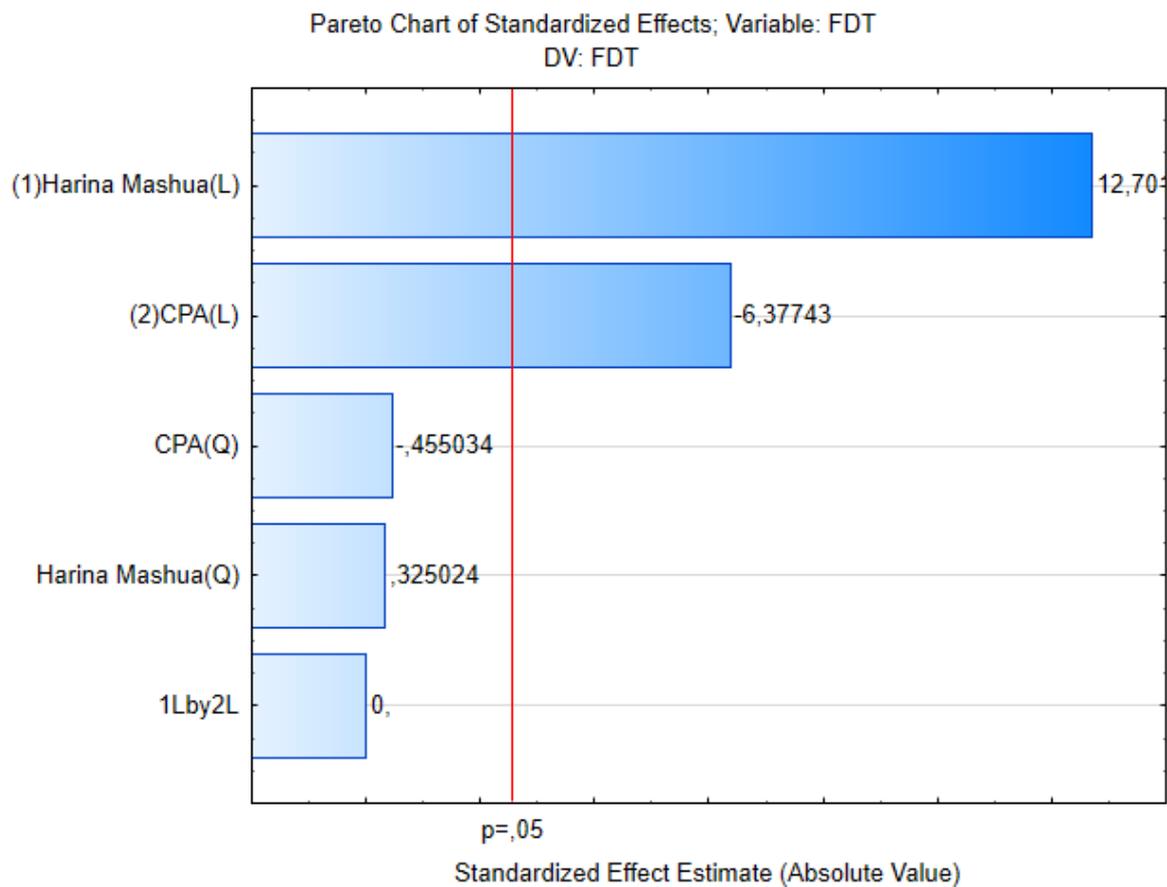
Los valores de fibra dietética total obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 1.58 y 1.92 g/g. La formulación F5 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F6 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de harina de mashua incorporado en cada una. El mayor contenido de fibra dietética total observado en la formulación F6 podría atribuirse a una mayor proporción de harina de mashua, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Cañar Pujos (2023), quienes obtuvieron un contenido de fibra de 6.10% en galletas con harina de mashua. En cambio, los valores reportados por Astuhuaman & Medina (2019) son más cercanos a los observados en este estudio, ya que identificaron un contenido de fibra de

0.53% en galletas con harina de mashua. La fibra dietética es considerada como un tipo de alimento funcional prebiótico debido a que genera beneficios para la liberación de insulina y en la expresión génica en el microbiota intestinal (Fonseca-Santanilla y Betancourt-López, 2021). Una mayor ingesta de fibra dietética reduce el riesgo de desarrollar varias enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y algunos tipos de cáncer, y se han asociado con un menor peso corporal. La Ingesta Adecuada de fibra es de 14 g de fibra total por 1,000 kcal, o 25 g para mujeres adultas y 38 g para hombres adultos (Dahl & Stewart, 2015).

**Figura 6**

*Diagrama de Pareto del contenido de fibra dietética total de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que la harina de mashua tiene el mayor efecto en el contenido de fibra dietética de la galleta, con un valor estandarizado de 12.70, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que la harina de mashua es el más efectivo para aumentar el contenido de fibra dietética de la galleta.

En la **Tabla 16** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de fibra dietética total de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de fibra dietética total, con un p-valor igual a 0.0005 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 97.59%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 16**

*Análisis de ANOVA del contenido de fibra dietética total de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	0,1057	5	0,0211	40,49	0,0005	significant
A-Harina de mashua	0,0842	1	0,0842	161,33	< 0.0001	
B-CPA	0,0212	1	0,0212	40,67	0,0014	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	0,0001	1	0,0001	0,1056	0,7583	
B <sup>2</sup>	0,0001	1	0,0001	0,2071	0,6682	
<b>Residual</b>	0,0026	5	0,0005			
Lack of Fit	0,0026	3	0,0009			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
<b>Cor Total</b>	0,1083	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre la fibra dietética total de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Fibra dietética total} = 1.74 + 0.10A - 0.05B + 0.00AB - 0.003A^2 + 0.004B^2$$

**Donde:**

A: Harina de Mashua

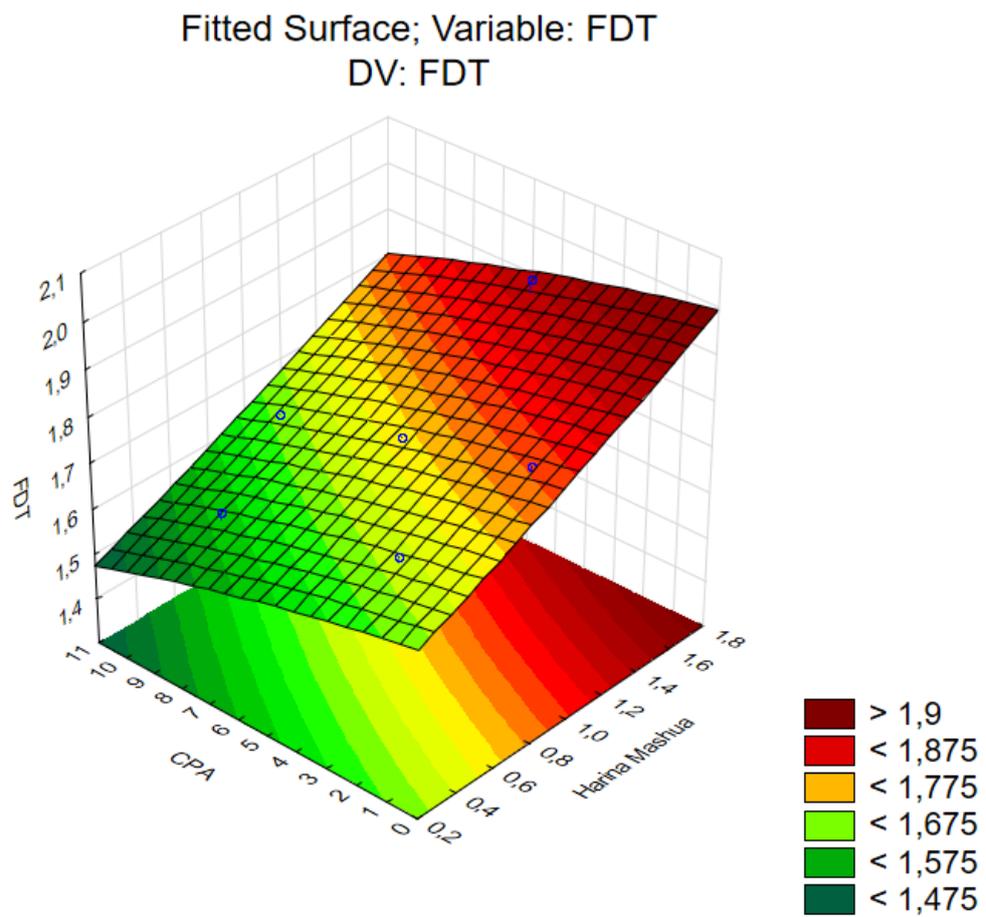
B: CPA

Este modelo permite predecir la fibra dietética total de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con

critérios específicos de qualidade. Além disso, a partir da equação se geraram gráficos de superfície de resposta e de contorno, os quais ilustram visualmente as interações entre os ingredientes e a fibra dietética total, como se observa na **Figura 7**.

**Figura 7**

*Superfície de resposta del contenido de fibra dietética total de la galleta*



#### 4.2.3. Calcio

En la **Tabla 17** se muestran los resultados del análisis del contenido de calcio en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 17**

*Análisis del contenido de calcio en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Calcio (mg/g)</b>
F1	0,5	2,5	16,52
F2	1,5	2,5	16,41
F3	0,5	8,5	15,5
F4	1,5	8,5	15,39
F5	0	5	16,15
F6	2	5	15,93
F7	1	1	16,72
F8	1	10	15,19
F9	1	5,5	15,96
F10	1	5,5	15,96
F11	1	5,5	15,96
Control	-	-	17.00

\*Media de 3 repeticiones

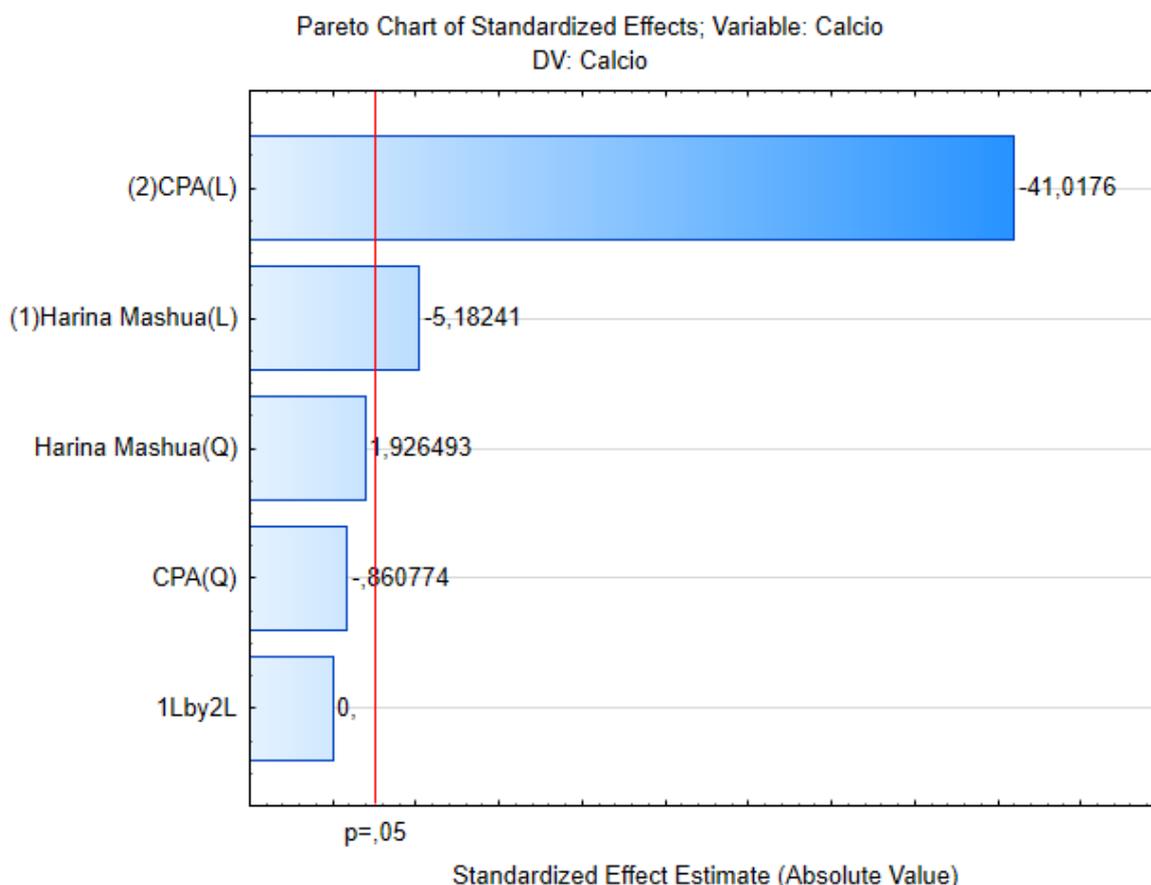
Los valores de calcio obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 15.19 y 16.72 mg/g. La formulación F8 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F7 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una. El mayor contenido de calcio observado en la formulación F7 podría atribuirse a una menor proporción de CPA

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Demir & Kılınc (2017), quienes obtuvieron un contenido de calcio de 43.13 mg/g en galletas con harina de quinua. En concordancia, los valores reportados por Brito et al. (2015) son más cercanos a los observados en este estudio, ya que identificaron un contenido de calcio de 1.7 mg/g en galletas con harina de quinua. Investigaciones han confirmado que el calcio está

involucrado en la contracción vascular, vasodilatación, funciones musculares, transmisión nerviosa, señalización intracelular y secreción hormonal en el cuerpo humano (Beto, 2015). Los requisitos de calcio son altos durante todas las etapas de la vida, los valores de referencia dietéticos para personas mayores de 19 años varían de 840 y 1040 mg/día, (FAO, 2001).

### Figura 8

Diagrama de Pareto del contenido de calcio de la galleta



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto en el contenido de calcio de la galleta, con un valor estandarizado de -41.02, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para disminuir el contenido de proteína de la galleta, pues presenta un valor negativo a la composición nutricional de la galleta

En la **Tabla 18** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de calcio de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de calcio, con un p-valor igual a 0.0001 ( $p<0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de

determinación (R<sup>2</sup>) obtenido fue del 99.71%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 18**

*Análisis de ANOVA del contenido de calcio de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	2,25	5	0,4504	343,05	< 0.0001	significant
A-Harina de mashua	0,0353	1	0,0353	26,86	0,0035	
B-CPA	2,21	1	2,21	1682,44	< 0.0001	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	0,0049	1	0,0049	3,71	0,1120	
B <sup>2</sup>	0,0010	1	0,0010	0,7409	0,4287	
<b>Residual</b>	0,0066	5	0,0013			
Lack of Fit	0,0066	3	0,0022			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
Cor Total	35,20	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el calcio de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Calcio} = 15.96 - 0.07A - 0.53B + 0.00AB + 0.03A^2 - 0.01B^2$$

**Donde:**

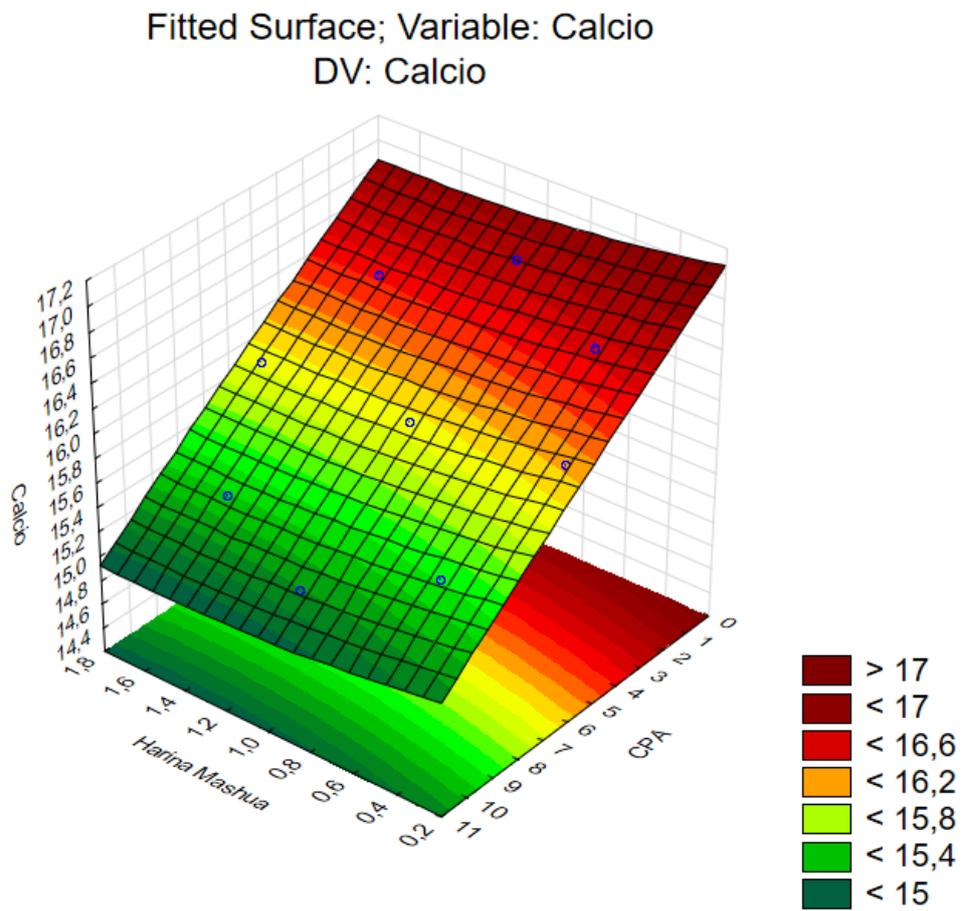
A: Harina de Mashua

B: CPA

Este modelo permite predecir el calcio de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y el calcio, como se observa en la **Figura 9**.

**Figura 9**

*Superficie de respuesta del contenido de calcio de la galleta*



#### 4.2.4. Fosforo

En la **Tabla 19** se muestran los resultados del análisis del contenido de fosforo en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 19**

*Análisis del contenido de fosforo en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Fosforo (g/g)</b>
F1	0,5	2,5	12,82
F2	1,5	2,5	12,82
F3	0,5	8,5	43,57
F4	1,5	8,5	43,57
F5	0	5	25,63
F6	2	5	25,63
F7	1	1	5,13
F8	1	10	51,26
F9	1	5,5	28,19
F10	1	5,5	28,19
F11	1	5,5	28,19
Control	-	-	0.00

\*Media de 3 repeticiones

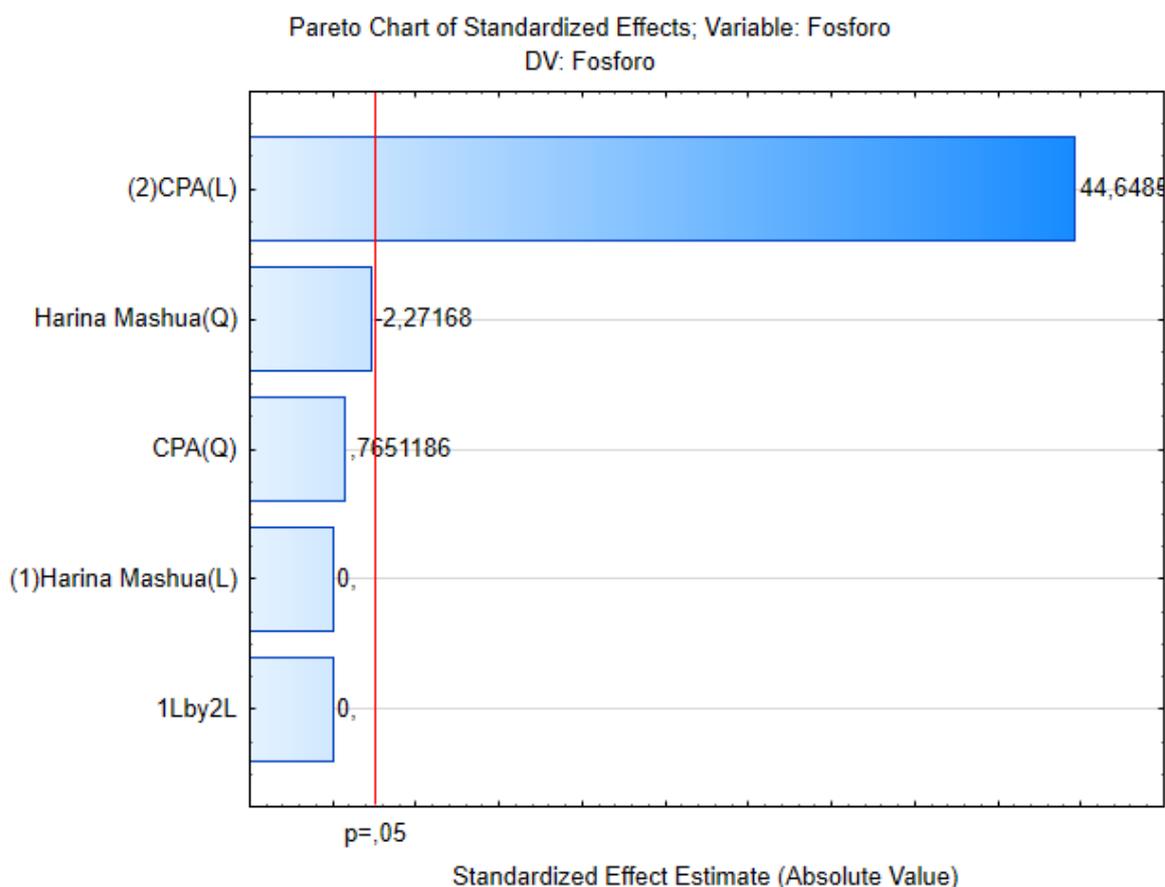
Los valores de fosforo obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 5.13 y 51.26 g/g. La formulación F7 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F8 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una. El mayor contenido de fosforo observado en la formulación F8 podría atribuirse a una mayor proporción de CPA, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Brito et al. (2015) quienes obtuvieron un contenido de fosforo 2.0 mg/g en galletas con harina de quinua. En concordancia, los valores reportados por Kassa et al. (2021) son más cercanos a los observados en este estudio, ya que identificaron un contenido de fosforo 269.77 mg/100g

en galletas con harina de kiwicha. El fósforo es uno de los elementos esenciales del cuerpo humano y es necesario para una amplia gama de procesos, como la síntesis de ATP, la transducción de señales y la mineralización ósea (Fukumoto, 2014). Los valores de referencia de los requisitos de fosforo para personas de 19 a 70 años varían de 580 y 700 mg/día, (Chang & Anderson, 2017).

**Figura 10**

*Diagrama de Pareto del contenido de fosforo de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto en el contenido de fosforo de la galleta, con un valor estandarizado de 44.65, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para aumentar el contenido de fósforo de la galleta.

En la **Tabla 20** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de fosforo de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de fosforo, con un p-valor igual a 0.0001 ( $p<0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de

determinación (R<sup>2</sup>) obtenido fue del 99.75%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 20**

*Análisis de ANOVA del contenido de fosforo de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	2015,27	5	403,05	400,18	< 0.0001	significant
A-Harina de mashua	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
B-CPA	2007,80	1	2007,80	1993,50	< 0.0001	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	5,20	1	5,20	5,16	0,0723	
B <sup>2</sup>	0,5896	1	0,5896	0,5854	0,4787	
<b>Residual</b>	5,04	5	1,01			
Lack of Fit	5,04	3	1,68			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
<b>Cor Total</b>	2020,30	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el fosforo de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Fosforo} = 28.19 + 0.00A + 15.84B + 0.00AB - 0.96A^2 + 0.32B^2$$

**Donde:**

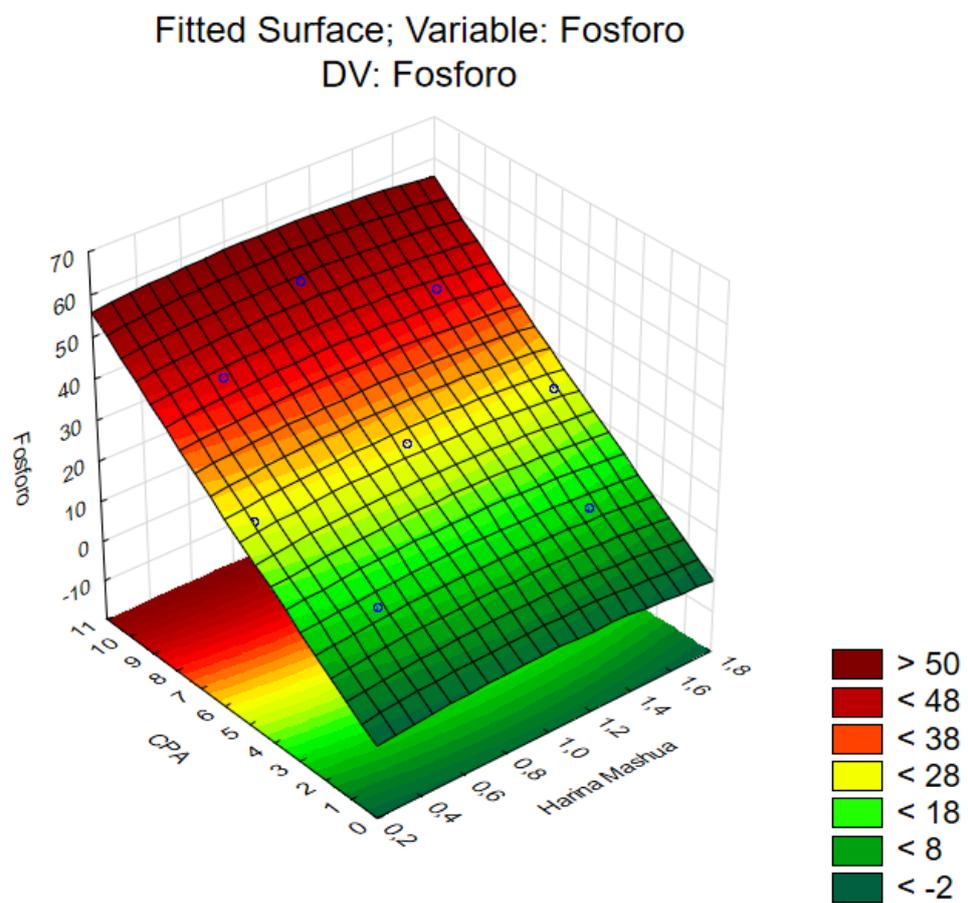
A: Harina de Mashua

B: CPA

Este modelo permite predecir el fosforo de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y el fosforo, como se observa en la **Figura 11**.

**Figura 11**

*Superficie de respuesta del contenido de fosforo de la galleta*



#### 4.2.5. Hierro

En la **Tabla 21** se muestran los resultados del análisis del contenido de hierro en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 21**

*Análisis del contenido de hierro en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Hierro (mg/g)</b>
F1	0,5	2,5	154,22
F2	1,5	2,5	158,39
F3	0,5	8,5	511,69
F4	1,5	8,5	515,86
F5	0	5	301,08
F6	2	5	309,42
F7	1	1	66,94
F8	1	10	603,14
F9	1	5,5	335,04
F10	1	5,5	335,04
F11	1	5,5	335,04
Control	-	-	3.19

\*Media de 3 repeticiones

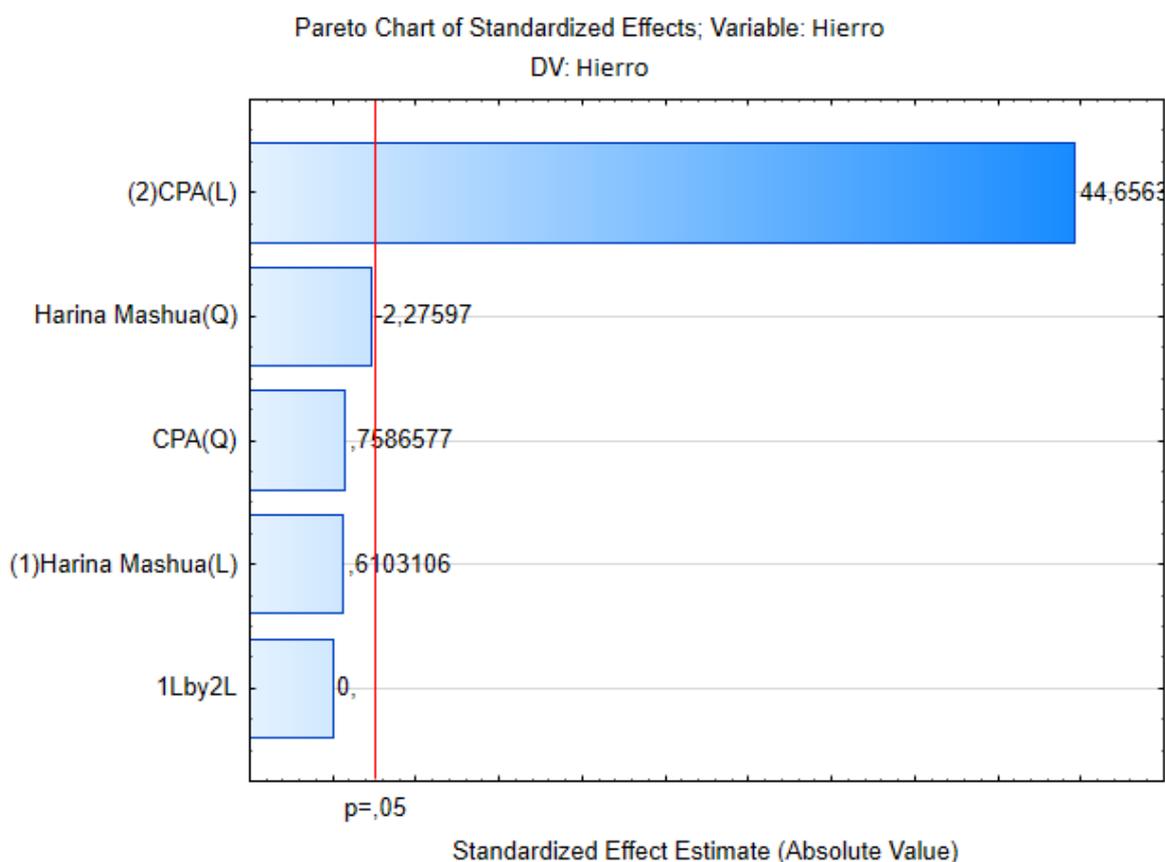
Los valores de hierro obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 66.94 y 603.14 mg/g. La formulación F7 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F8 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una. El mayor contenido de hierro observado en la formulación F8 podría atribuirse a una mayor proporción de CPA, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Kassa et al. (2021) quienes obtuvieron un contenido de hierro 17.62 mg/g en galletas con harina de kiwicha. En concordancia, los valores reportados por Demir & Kılınç (2017) también difieren a los resultados en este estudio, ya que identificaron un contenido de hierro de 2.11

mg/100g en galletas con harina de quinua. El hierro es un mineral que se requiere para que muchos procesos metabólicos tengan lugar en el cuerpo humano. Lo más importante es que forma parte de la hemoglobina y, por lo tanto, es esencial para el suministro de oxígeno a las células de nuestro cuerpo. El hierro también es un componente estructural de muchas enzimas necesarias para una amplia gama de procesos metabólicos, como la actividad antimicrobiana de fagocitos, la síntesis y función de neurotransmisores y la producción de ADN, colágeno y ácidos biliares (FAO, 2002). Los valores de referencia de los requisitos de hierro para personas de 18 a 50+ años varían de 8-18 mg/día, (FNB, 2001).

**Figura 12**

*Diagrama de Pareto del contenido de hierro de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto en el contenido de hierro de la galleta, con un valor estandarizado de 44.67, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para aumentar el contenido de hierro de la galleta.

En la **Tabla 22** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de hierro de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de hierro, con un p-valor igual a 0.0001 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 99.75%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 22**

*Análisis de ANOVA del contenido de hierro de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	2,724E+05	5	54472,83	400,39	< 0.0001	significant
A-Harina de mashua	50,67	1	50,67	0,3725	0,5683	
B-CPA	2,713E+05	1	2,713E+05	1994,19	< 0.0001	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	704,74	1	704,74	5,18	0,0719	
B <sup>2</sup>	78,30	1	78,30	0,5756	0,4823	
<b>Residual</b>	680,24	5	136,05			
Lack of Fit	680,24	3	226,75			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
<b>Cor Total</b>	2,730E+05	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el hierro de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Hierro} = 335.04 + 2.52A + 184.16B + 0.00AB - 11.17A^2 + 3.72B^2$$

**Donde:**

A: Harina de Mashua

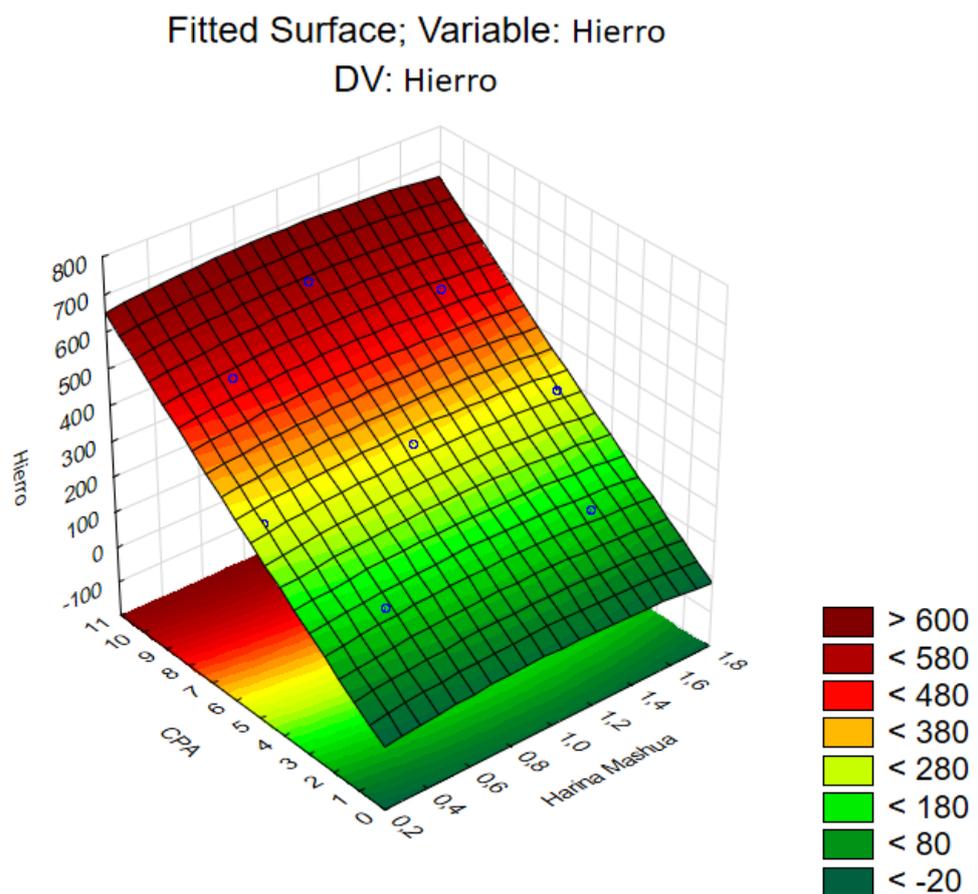
B: CPA

Este modelo permite predecir el hierro de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios

específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y el hierro, como se observa en la **Figura 13**.

**Figura 13**

*Superficie de respuesta del contenido de hierro de la galleta*



#### 4.2.6. Potasio

En la **Tabla 23** se muestran los resultados del análisis del contenido de potasio en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 23**

*Análisis del contenido de potasio en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Potasio (g/g)</b>
F1	0,5	2,5	28,48
F2	1,5	2,5	28,48
F3	0,5	8,5	96,83
F4	1,5	8,5	96,83
F5	0	5	56,96
F6	2	5	56,96
F7	1	1	11,39
F8	1	10	113,92
F9	1	5,5	62,66
F10	1	5,5	62,66
F11	1	5,5	62,66
Control	-	-	0.00

\*Media de 3 repeticiones

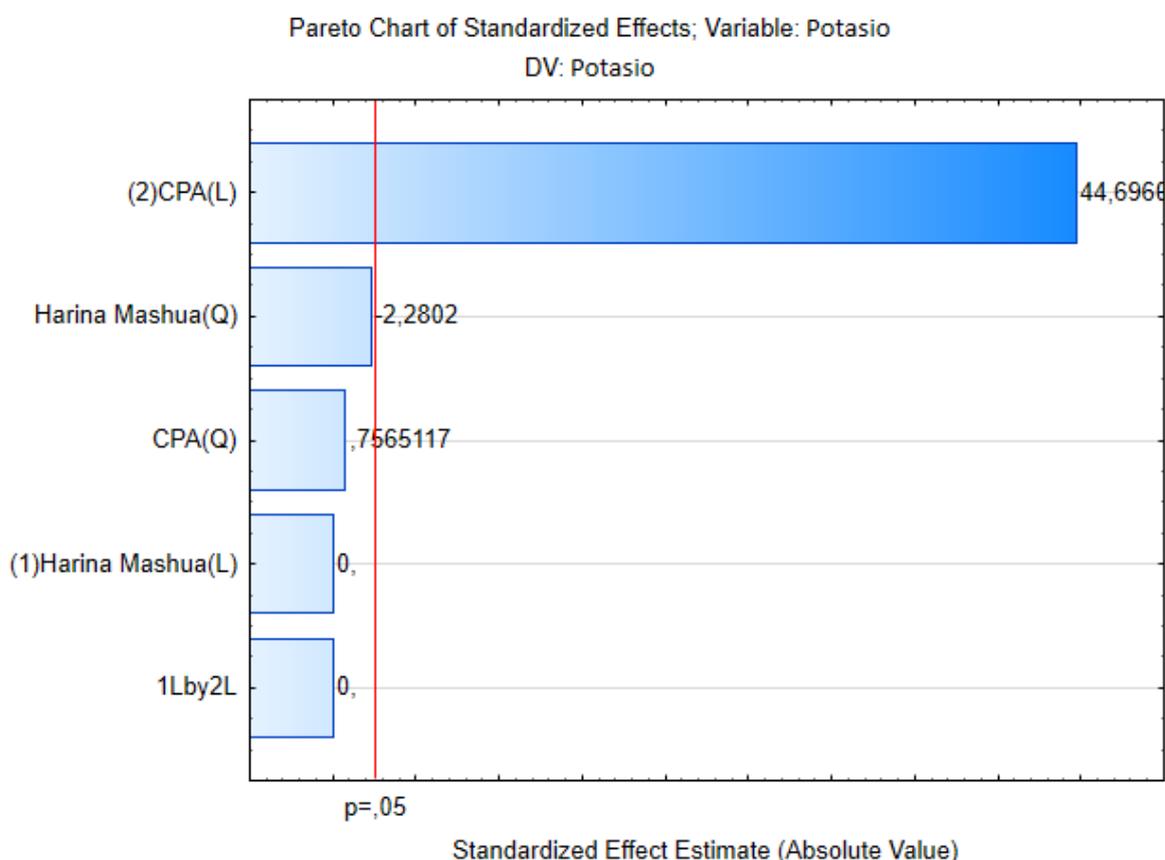
Los valores de potasio obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 11.39 y 113.92 g/g. La formulación F7 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F8 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una. El mayor contenido de potasio observado en la formulación F8 podría atribuirse a una mayor proporción de CPA, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Brito et al. (2015) quienes obtuvieron un contenido de potasio de 7.3 mg/g en galletas con harina de quinua. En concordancia, los valores reportados por Demir & Kılınc (2017) son más cercanos a los observados en este estudio, ya que identificaron un contenido de potasio de

174.41 mg/g en galletas con harina de quinua. El potasio es un nutriente esencial. Es el catión más abundante en el líquido intracelular, donde desempeña un papel clave en el mantenimiento de la función celular, particularmente en células excitables como los músculos y los nervios (Stone et al., 2016). Las ingestas adecuadas recomendadas para el potasio fueron establecidas por la Junta de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina en 4700 mg/día (FNB, 2005).

**Figura 14**

*Diagrama de Pareto del contenido de potasio de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto en el contenido de potasio de la galleta, con un valor estandarizado de 44.70, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para aumentar el contenido de potasio de la galleta.

En la **Tabla 24** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de potasio de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de potasio, con un p-valor igual a

0.0001 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 99.75%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 24**

*Análisis de ANOVA del contenido de potasio de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	9956,20	5	1991,24	401,03	< 0.0001	significant
A-Harina de mashua	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
B-CPA	9919,31	1	9919,31	1997,74	< 0.0001	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	25,82	1	25,82	5,20	0,0715	
B <sup>2</sup>	2,84	1	2,84	0,5723	0,4834	
<b>Residual</b>	24,83	5	4,97			
Lack of Fit	24,83	3	8,28			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
<b>Cor Total</b>	9981,03	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el potasio de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Potasio} = 62.66 + 0.00A + 35.21B + 0.00AB - 2.14A^2 + 0.71B^2$$

**Donde:**

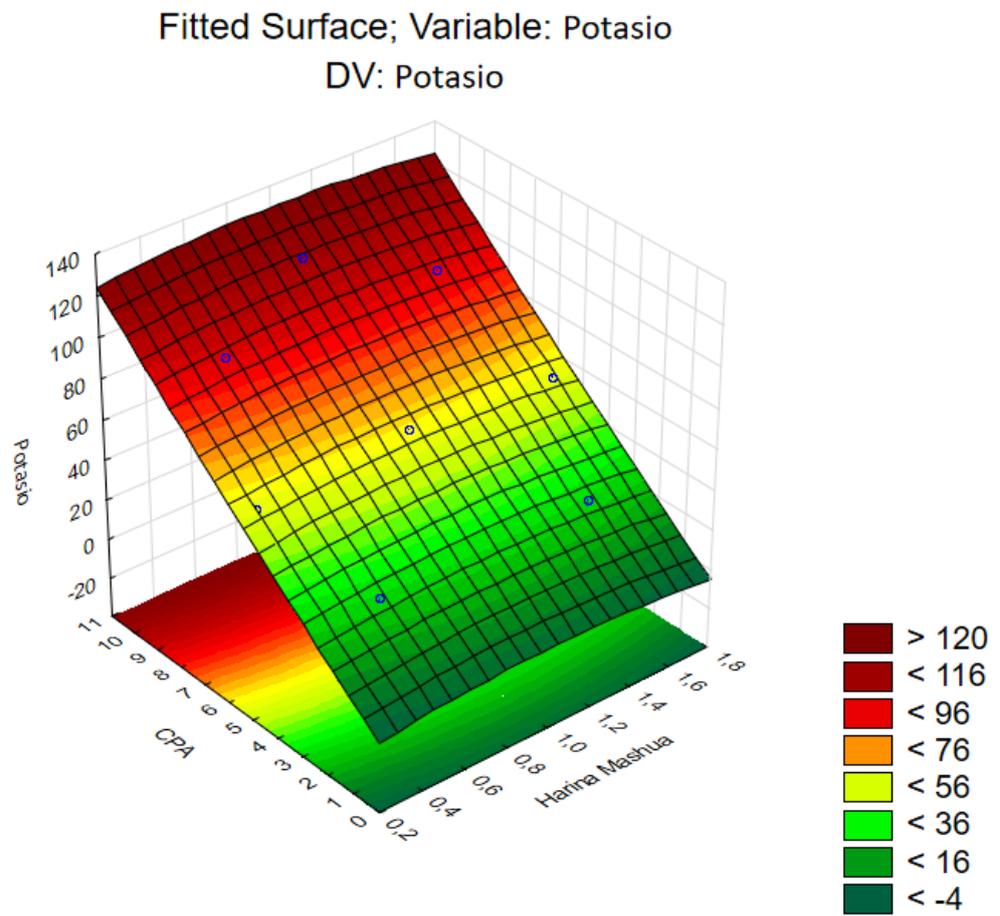
A: Harina de Mashua

B: CPA

Este modelo permite predecir el potasio de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y el potasio, como se observa en la **Figura 15**.

**Figura 15**

*Superficie de respuesta del contenido de potasio de la galleta*



#### 4.2.7. Sodio

En la **Tabla 25** se muestran los resultados del análisis del contenido de sodio en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 25**

*Análisis del contenido de sodio en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Sodio (mg/g)</b>
F1	0,5	2,5	22,84
F2	1,5	2,5	22,84
F3	0,5	8,5	77,66
F4	1,5	8,5	77,66
F5	0	5	45,68
F6	2	5	45,68
F7	1	1	9,14
F8	1	10	91,36
F9	1	5,5	50,25
F10	1	5,5	50,25
F11	1	5,5	50,25
Control	-	-	0.00

\*Media de 3 repeticiones

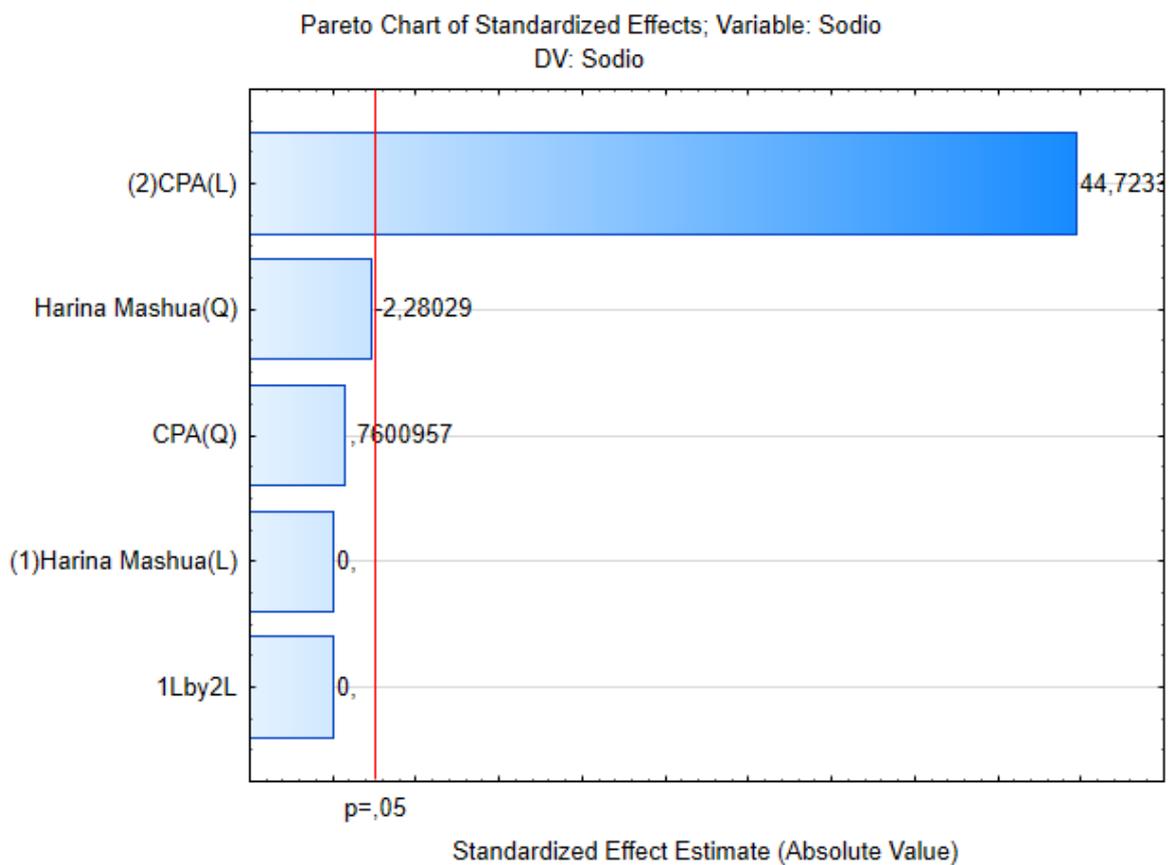
Los valores de sodio obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 9.14 y 91.36 mg/g. La formulación F7 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F8 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una. El mayor contenido de sodio observado en la formulación F8 podría atribuirse a una mayor proporción de CPA, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Emem et al. (2024) quienes obtuvieron un contenido de potasio de 507.29 mg/100g en galletas con harina de nuez africana. En concordancia, los valores reportados por AwadElkareem & Al-Shammari et al. (2015) diferente a los observados en este estudio, ya que identificaron un

contenido de potasio de 3.56 mg/100g en galletas con harina de lenteja. Las células humanas requieren aproximadamente 0,5 g/día de sodio para mantener las funciones vitales. La ingesta alta de sodio o sal puede conducir a comorbilidades crónicas que incluyen hipertensión, insuficiencia cardíaca (HF), enfermedad renal crónica, accidente cerebrovascular, enfermedades cardiovasculares y aumentar la mortalidad. Por lo tanto, las pautas actuales recomiendan restringir el consumo de sodio a 2–3 g/día (Lindenfeld et al., 2010).

**Figura 16**

*Diagrama de Pareto del contenido de sodio de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto en el contenido de sodio de la galleta, con un valor estandarizado de 44.72, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para aumentar el contenido de sodio de la galleta.

En la **Tabla 26** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de sodio de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más

adecuado para describir las variaciones en el contenido de sodio, con un p-valor igual a 0.0001 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 99.75%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 26**

*Análisis de ANOVA del contenido de sodio de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	6403,52	5	1280,70	401,52	< 0.0001	significant
A-Harina de mashua	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
B-CPA	6379,79	1	6379,79	2000,18	< 0.0001	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	16,59	1	16,59	5,20	0,0715	
B <sup>2</sup>	1,84	1	1,84	0,5777	0,4815	
<b>Residual</b>	15,95	5	3,19			
Lack of Fit	15,95	3	5,32			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
<b>Cor Total</b>	6419,47	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el sodio de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Sodio} = 50.25 + 0.00A + 28.24B + 0.00AB - 1.71A^2 + 0.57B^2$$

**Donde:**

A: Harina de Mashua

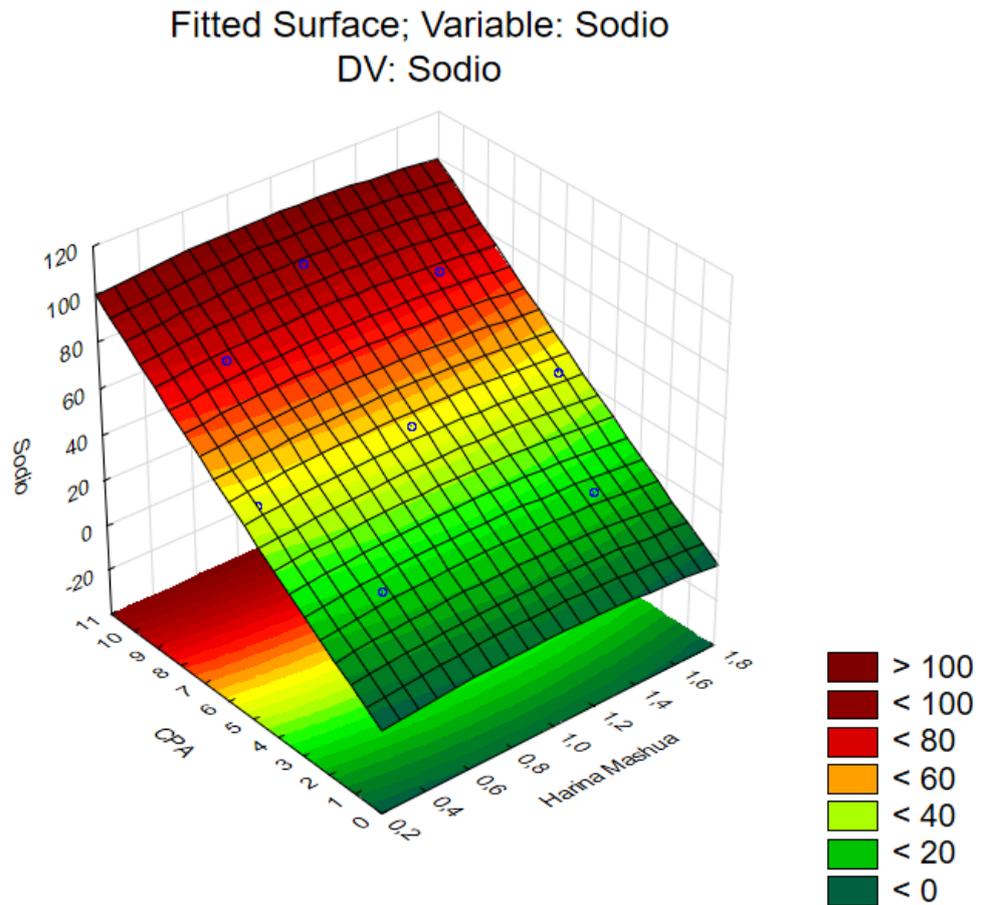
B: CPA

Este modelo permite predecir el sodio de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie

de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y el sodio, como se observa en la **Figura 17**.

**Figura 17**

*Superficie de respuesta del contenido de sodio de la galleta*



#### 4.2.8. Zinc

En la **Tabla 27** se muestran los resultados del análisis del contenido de zinc en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 27**

*Análisis del contenido de zinc en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Zinc (mg/g)</b>
F1	0,5	2,5	1,92
F2	1,5	2,5	5,77
F3	0,5	8,5	1,92
F4	1,5	8,5	5,77
F5	0	5	0
F6	2	5	7,69
F7	1	1	3,84
F8	1	10	3,84
F9	1	5,5	3,84
F10	1	5,5	3,84
F11	1	5,5	3,84
Control	-	-	0.00

\*Media de 3 repeticiones

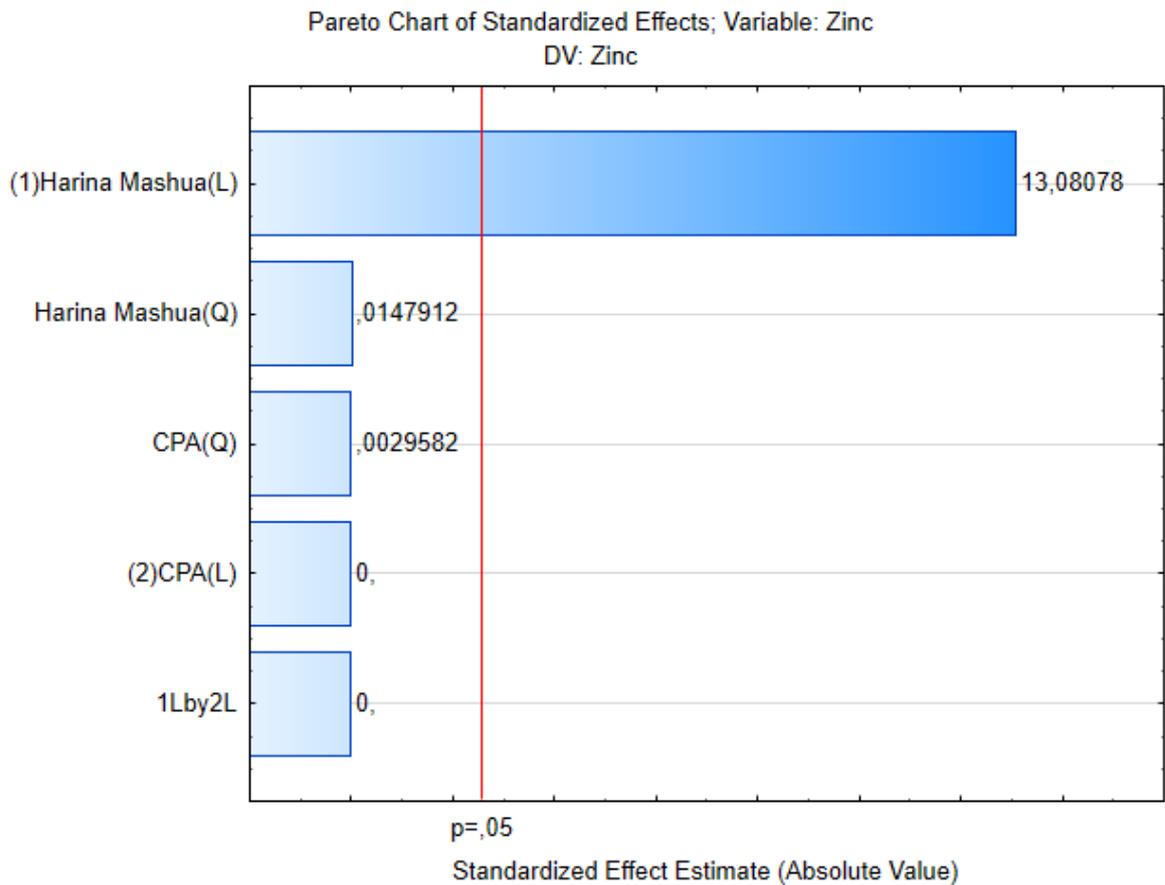
Los valores de zinc obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 0 y 7.69 mg/g. La formulación F5 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F6 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de harina de mashua incorporado en cada una. El mayor contenido de zinc observado en la formulación F6 podría atribuirse a una mayor proporción de harina de mashua, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados difieren de los reportados por Kassa et al. (2021) quienes obtuvieron un contenido de zinc 2.44mg/g en galletas con harina de kiwicha. En concordancia, los valores reportados por Brito et al. (2015) también difieren a los resultados en este estudio, ya que identificaron un contenido de zinc de 1.75 mg/100g en

galletas con harina de quinua. El zinc, un oligoelemento vital, tiene una importancia significativa en numerosos procesos fisiológicos dentro del cuerpo. Participa en más de 300 reacciones enzimáticas, funciones metabólicas, regulación de la expresión génica, apoptosis y modulación inmune, demostrando así su papel esencial en el mantenimiento de la salud y el bienestar general. Si bien la deficiencia de zinc se asocia con riesgos significativos para la salud, un exceso de este oligoelemento también puede provocar efectos nocivos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), de 6,7 a 15 mg por día se conocen como el valor de referencia dietético (Schoofs et al., 2024).

**Figura 18**

*Diagrama de Pareto del contenido de zinc de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que la harina de mashua tiene el mayor efecto en el contenido de zinc de la galleta, con un valor estandarizado de 13.08, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que la harina de mashua es el más efectivo para aumentar el contenido de zinc de la galleta.

En la **Tabla 28** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de zinc de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de zinc, con un p-valor igual a 0.0007 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 97.16%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 28**

*Análisis de ANOVA del contenido de zinc de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	43,13	5	8,63	34,22	0,0007	significant
A-Harina de mashua	43,13	1	43,13	171,11	< 0.0001	
B-CPA	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
AB	7,105E-15	1	7,105E-15	2,819E-14	1,0000	
A <sup>2</sup>	0,0001	1	0,0001	0,0002	0,9888	
B <sup>2</sup>	2,206E-06	1	2,206E-06	8,751E-06	0,9978	
<b>Residual</b>	1,26	5	0,2521			
Lack of Fit	1,26	3	0,4201			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
<b>Cor Total</b>	44,39	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el zinc de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Zinc} = 3.84 + 2.32A + 0.00B + 0.00AB + 0.003A^2 + 0.00B^2$$

**Donde:**

A: Harina de Mashua

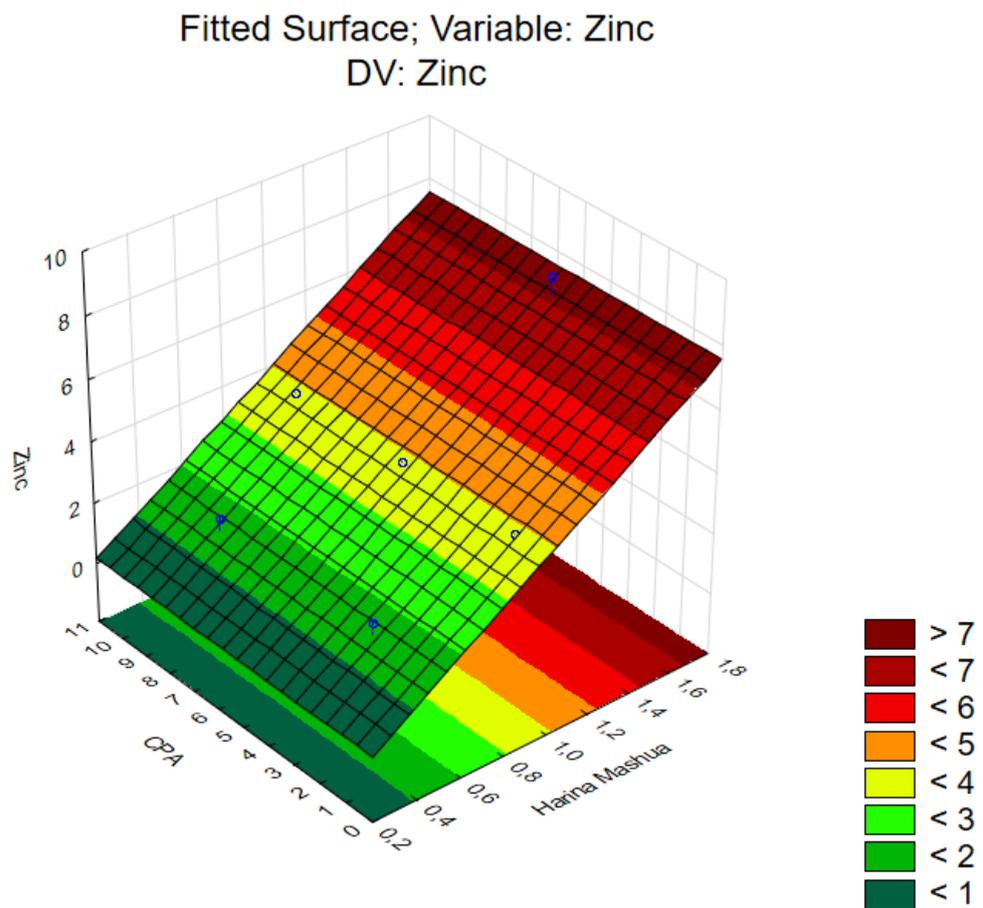
B: CPA

Este modelo permite predecir el zinc de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios

específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y el zinc, como se observa en la **Figura 19**.

**Figura 19**

*Superficie de respuesta del contenido de zinc de la galleta*



#### 4.2.9. Polifenoles totales (PFT)

En la **Tabla 29** se muestran los resultados del análisis del contenido de polifenoles totales en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 29**

*Análisis del contenido de polifenoles totales en galletas.*

Formulación	Harina de Mashua (%)	CPA (%)	Polifenoles totales (AGE/g)
F1	0,5	2,5	1,70
F2	1,5	2,5	1,87
F3	0,5	8,5	1,6
F4	1,5	8,5	1,77
F5	0	5	1,58
F6	2	5	1,92
F7	1	1	1,81
F8	1	10	1,66
F9	1	5,5	1,74
F10	1	5,5	1,74
F11	1	5,5	1,74
Control	-	-	1.66

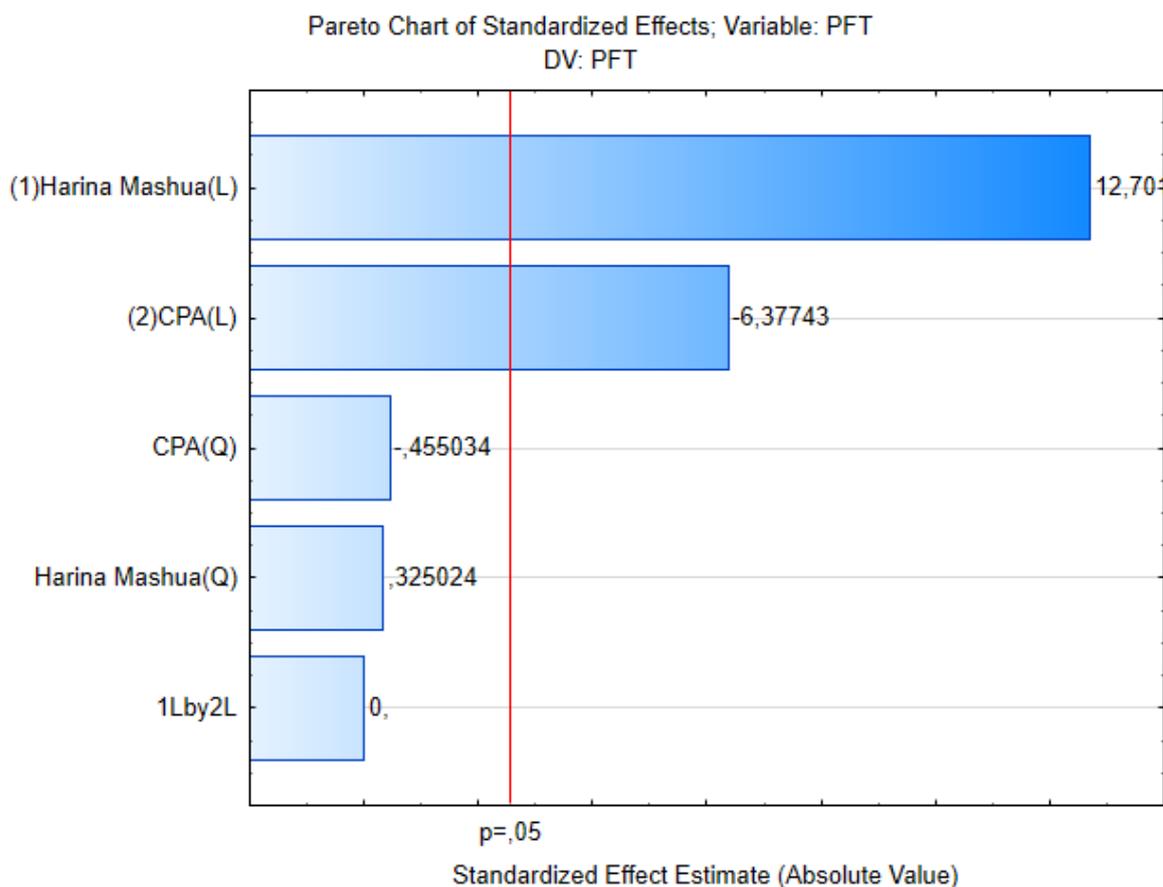
\*Media de 3 repeticiones

Los valores de polifenoles totales obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 1.58 y 1.92 AGE/g. La formulación F5 presentó el contenido más bajo, mientras que la formulación F6 alcanzó el valor más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de harina de mashua incorporado en cada una. El mayor contenido de polifenoles totales observado en la formulación F6 podría atribuirse a una mayor proporción de harina de mashua, lo que resalta su efectividad para mejorar el perfil nutricional del producto.

En comparación con estudios previos, los resultados tienen concordancia con los reportados por Demir & Kılınç (2017) quienes obtuvieron un contenido de polifenoles totales de 815-12858 ug GAE/g en galletas con harina de quinua.

**Figura 20**

*Diagrama de Pareto del contenido de polifenoles totales de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que la harina de mashua tiene el mayor efecto en el contenido de polifenoles totales de la galleta, con un valor estandarizado de 12.70, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que la harina de mashua es el más efectivo para aumentar el contenido de polifenoles totales de la galleta.

En la **Tabla 30** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de polifenoles totales de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones en el contenido de polifenoles totales, con un p-valor igual a 0.0005 ( $p<0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 97.59%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 30***Análisis de ANOVA del contenido de polifenoles totales de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	0,1057	5	0,0211	40,49	0,0005	significant
A-Harina de mashua	0,0842	1	0,0842	161,33	< 0.0001	
B-CPA	0,0212	1	0,0212	40,67	0,0014	
AB	0,0000	1	0,0000	0,0000	1.0000	
A <sup>2</sup>	0,0001	1	0,0001	0,1056	0,7583	
B <sup>2</sup>	0,0001	1	0,0001	0,2071	0,6682	
<b>Residual</b>	0,0026	5	0,0005			
Lack of Fit	0,0026	3	0,0009			
Pure Error	0,0000	2	0,0000			
<b>Cor Total</b>	0,1083	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre los polifenoles totales de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Polifenoles totales} = 1.74 + 0.10A - 0.05B + 0.00AB + 0.003A^2 - 0.004B^2$$

**Donde:**

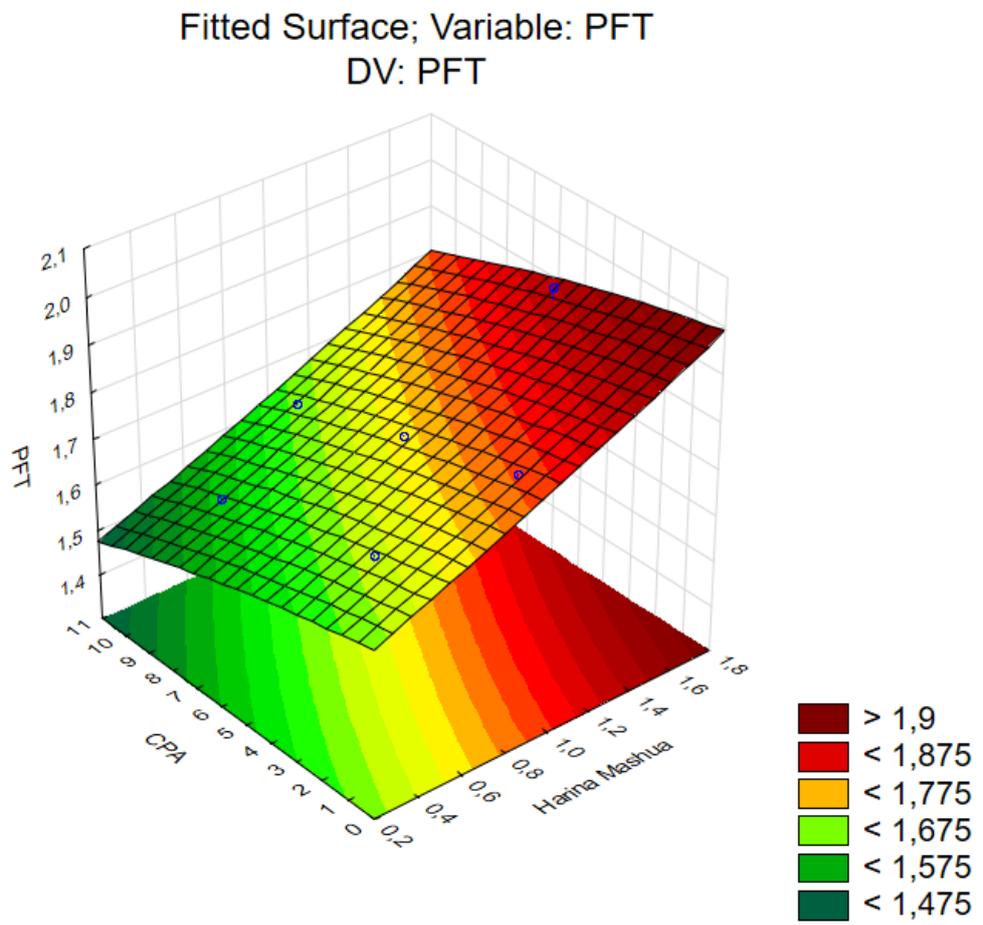
A: Harina de Mashua

B: CPA

Este modelo permite predecir los polifenoles totales de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y los polifenoles totales, como se observa en la **Figura 21**.

**Figura 21**

*Superficie de respuesta del contenido de polifenoles totales de la galleta*



### 4.3. Evaluación sensorial

#### 4.3.1. Color sensorial

En la **Tabla 31** se muestran los resultados del color sensorial en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 31**

*Análisis del color sensorial en galletas.*

Formulación	Harina de Mashua (%)	CPA (%)	Color sensorial
F1	0,5	2,5	6,50
F2	1,5	2,5	5,88
F3	0,5	8,5	4,47
F4	1,5	8,5	4,19
F5	0	5	4,78
F6	2	5	4,72
F7	1	1	5,09
F8	1	10	4,47
F9	1	5,5	5,22
F10	1	5,5	5,22
F11	1	5,5	5,00
Control	-	-	7,70

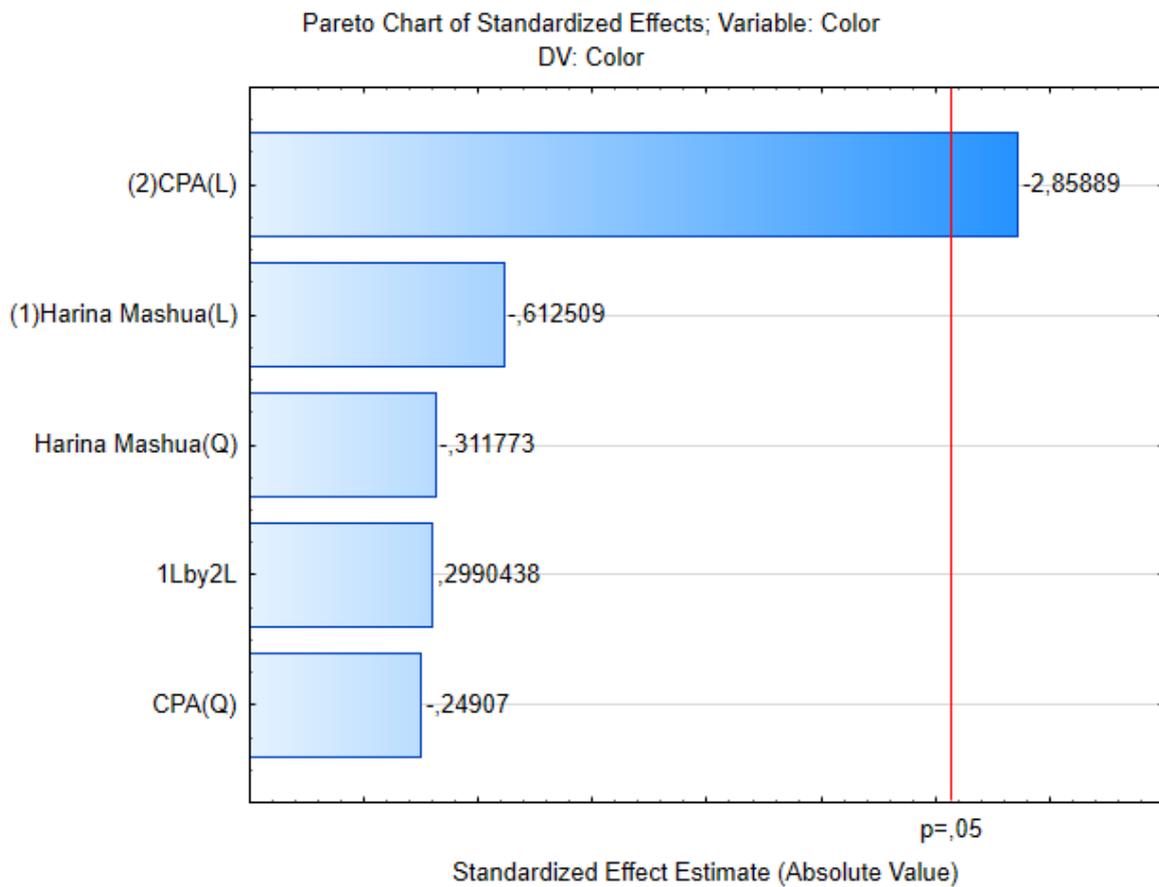
\*Media de 35 repeticiones

Los valores de color sensorial obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 4.19 y 6.50. La formulación F4 presentó el puntaje más bajo, mientras que la formulación F1 alcanzó el puntaje más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una. El mayor puntaje de color sensorial observado en la formulación F1 podría atribuirse a una menor proporción de CPA.

En comparación con estudios previos, los resultados coinciden por los reportados Astuhuaman & Medina (2019) quienes obtuvieron una puntuación del 4.50 en color sensorial en galletas con harina de mashua negra. En concordancia, los valores reportados por Avalos-Ramírez et al. (2024) a los cuales se les observó una aceptabilidad del color sensorial del 72% de muy agradable.

**Figura 22**

*Diagrama de Pareto del color sensorial de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto sobre el color sensorial de la galleta, con un valor estandarizado de -2.86, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para disminuir el valor del color sensorial de la galleta, pues presenta un valor negativo a la percepción sensorial de la galleta

En la **Tabla 32** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al color sensorial de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones del color sensorial, con un p-valor igual a 0.2765 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia que el modelo no es estadísticamente significativo. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 63.67%, lo que demuestra un ajuste del modelo deficiente sobre los datos experimentales e invalida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 32***Análisis de ANOVA del color sensorial de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	2,83	5	0,5663	1,75	0,2765	not significant
A-Harina de mashua	0,1212	1	0,1212	0,3752	0,5670	
B-CPA	2,64	1	2,64	8,17	0,0355	
AB	0,0289	1	0,0289	0,0894	0,7769	
A <sup>2</sup>	0,0314	1	0,0314	0,0972	0,7678	
B <sup>2</sup>	0,0200	1	0,0200	0,0620	0,8132	
<b>Residual</b>	1,62	5	0,3232			
Lack of Fit	1,58	3	0,5279	32,72	0,0298	significant
Pure Error	0,0323	2	0,0161			
<b>Cor Total</b>	4,45	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos nos verifica que no es posible desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el color sensorial de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

### 4.3.2. Olor sensorial

En la **Tabla 33** se muestran los resultados del olor sensorial en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 33**

*Análisis del olor sensorial en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Olor sensorial</b>
F1	0,5	2,5	6,66
F2	1,5	2,5	6,59
F3	0,5	8,5	2,59
F4	1,5	8,5	2,88
F5	0	5	4,59
F6	2	5	4,88
F7	1	1	5,19
F8	1	10	4,59
F9	1	5,5	5,03
F10	1	5,5	5,31
F11	1	5,5	5,00
Control	-	-	7,16

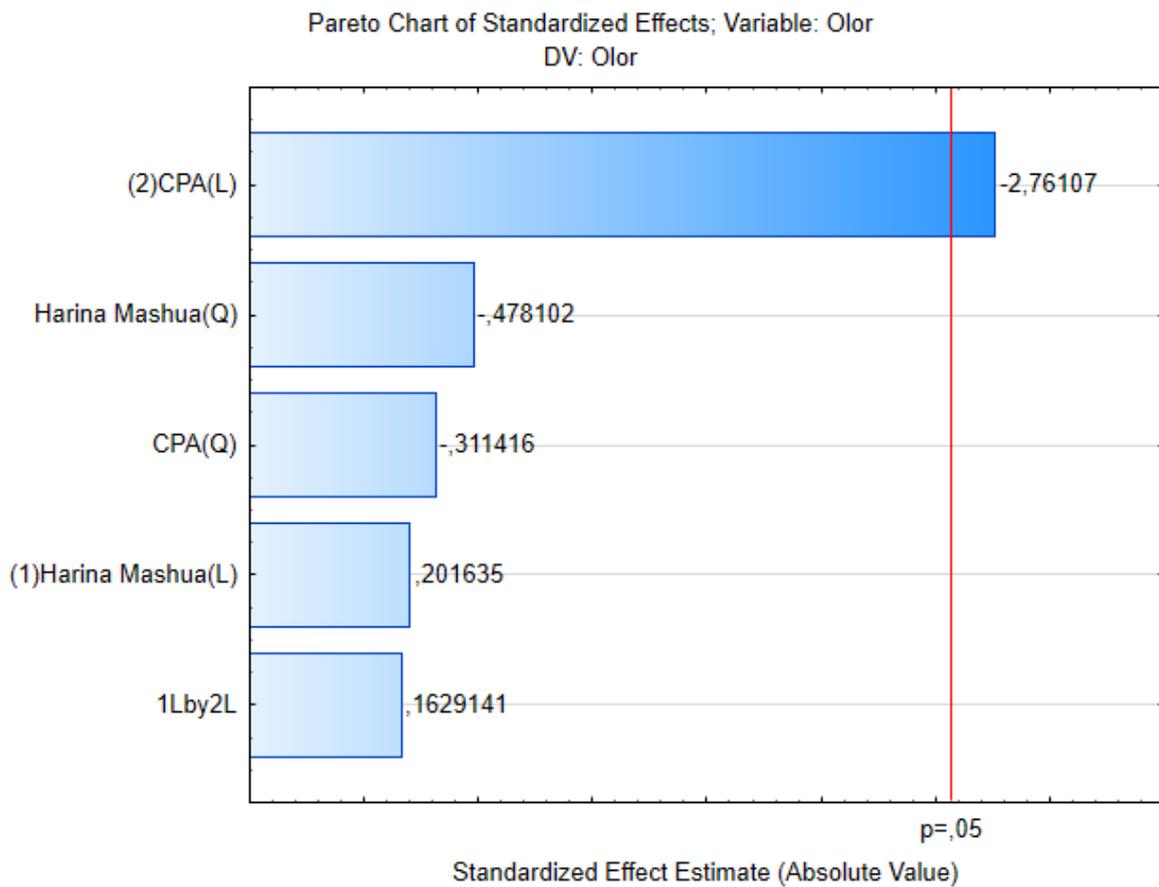
\*Media de 35 repeticiones

Los valores de olor sensorial obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 2.59 y 6.66. La formulación F3 presentó el puntaje más bajo, mientras que la formulación F1 alcanzó el puntaje más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una.

En comparación con estudios previos, los resultados coinciden por los reportados Astuhuaman & Medina (2019) quienes obtuvieron una puntuación del 4.45 en olor sensorial en galletas con harina de mashua negra. En concordancia, los valores reportados por Avalos-Ramírez et al. (2024) a los cuales se les observó una aceptabilidad del olor sensorial del 81% de muy agradable.

**Figura 23**

*Diagrama de Pareto del olor sensorial de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto sobre el olor sensorial de la galleta, con un valor estandarizado de -2.76, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para disminuir el valor del olor sensorial de la galleta, pues presenta un valor negativo a la percepción sensorial de la galleta

En la **Tabla 34** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al olor sensorial de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones del olor sensorial, con un p-valor igual a 0.3116 ( $p < 0.05$ ), lo que evidencia que el modelo no es estadísticamente significativo. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 61.39%, lo que demuestra un ajuste del modelo deficiente sobre los datos experimentales e invalida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 34***Análisis de ANOVA del olor sensorial de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	9,71	5	1,94	1,59	0,3116	not significant
A-Harina de mashua	0,0496	1	0,0496	0,0407	0,8481	
B-CPA	9,31	1	9,31	7,62	0,0398	
AB	0,0324	1	0,0324	0,0265	0,8770	
A <sup>2</sup>	0,2790	1	0,2790	0,2286	0,6527	
B <sup>2</sup>	0,1184	1	0,1184	0,0970	0,7681	
<b>Residual</b>	6,10	5	1,22			
Lack of Fit	6,05	3	2,02	68,93	0,0143	significant
Pure Error	0,0585	2	0,0292			
<b>Cor Total</b>	15,81	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos nos indica que no es posible desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el olor sensorial de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

### 4.3.3. Sabor sensorial

En la **Tabla 35** se muestran los resultados del sabor sensorial en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 35**

*Análisis del sabor sensorial en galletas.*

<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Sabor sensorial</b>
F1	0,5	2,5	6,66
F2	1,5	2,5	6,97
F3	0,5	8,5	4,34
F4	1,5	8,5	4,94
F5	0	5	4,38
F6	2	5	4,94
F7	1	1	6,94
F8	1	10	4,38
F9	1	5,5	6,31
F10	1	5,5	5,78
F11	1	5,5	4,94
Control	-	-	7,75

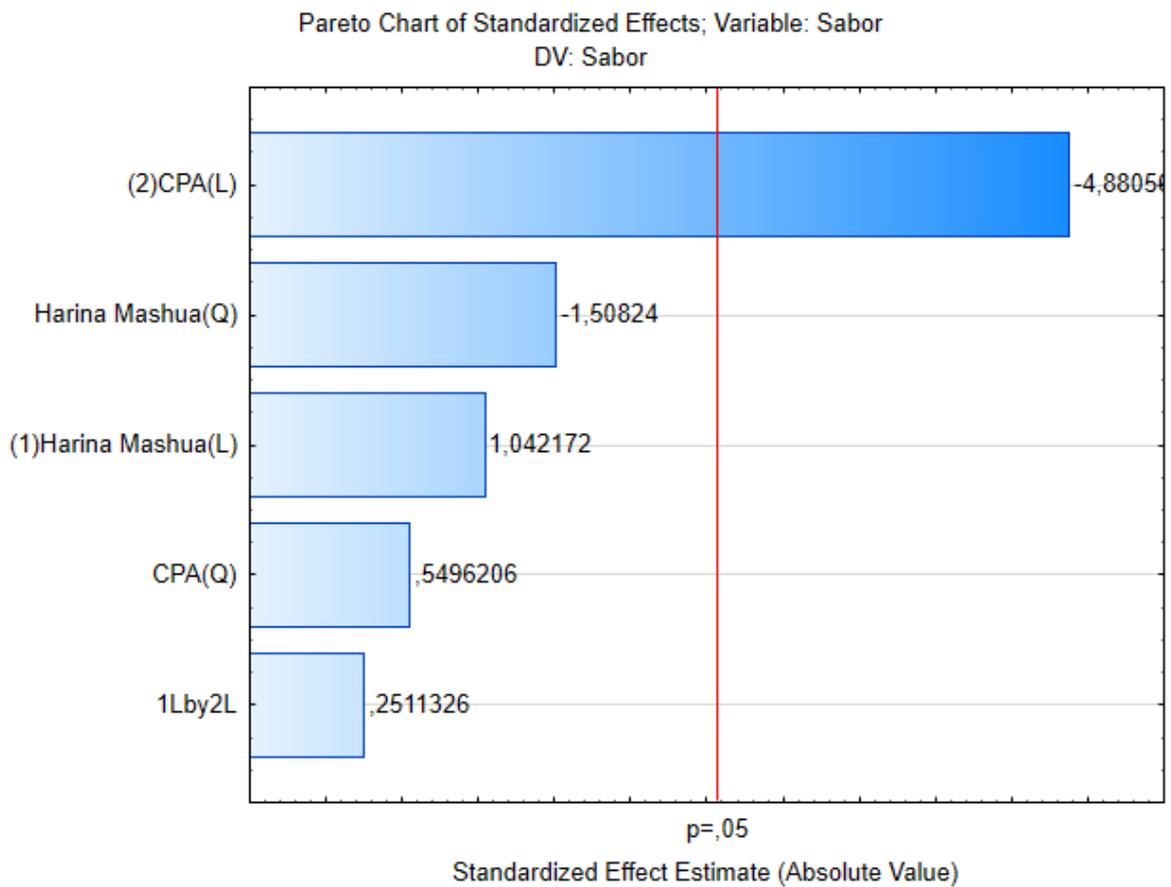
\*Media de 35 repeticiones

Los valores de sabor sensorial obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 4.34 y 6.97. La formulación F3 presentó el puntaje más bajo, mientras que la formulación F2 alcanzó el puntaje más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una.

En comparación con estudios previos, los resultados coinciden por los reportados Astuhuaman & Medina (2019) quienes obtuvieron una puntuación del 4.65 en sabor sensorial en galletas con harina de mashua negra. Por otro lado, los resultados difieren con los valores reportados por Avalos-Ramírez et al. (2024) a los cuales se les observó una aceptabilidad del sabor sensorial del 55% de muy agradable y 40% de agradable

**Figura 24**

*Diagrama de Pareto del sabor sensorial de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto sobre el sabor sensorial de la galleta, con un valor estandarizado de -4.88, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para disminuir el valor del sabor sensorial de la galleta, pues presenta un valor negativo a la percepción sensorial de la galleta

En la **Tabla 36** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al sabor sensorial de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones del sabor sensorial, con un p-valor igual a 0.0400 ( $p<0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 85.00%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 36***Análisis de ANOVA del sabor sensorial de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	9,44	5	1,89	5,66	0,0400	significant
A-Harina de mashua	0,3621	1	0,3621	1,09	0,3451	
B-CPA	7,94	1	7,94	23,82	0,0046	
AB	0,0210	1	0,0210	0,0631	0,8117	
A <sup>2</sup>	0,7584	1	0,7584	2,27	0,1919	
B <sup>2</sup>	0,1007	1	0,1007	0,3021	0,6062	
<b>Residual</b>	1,67	5	0,3334			
Lack of Fit	0,7124	3	0,2375	0,4976	0,7206	not significant
Pure Error	0,9545	2	0,4772			
<b>Cor Total</b>	11,11	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre el sabor sensorial de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Sabor sensorial} = 5.67 + 0.21A - 1.00B + 0.07AB - 0.37A^2 + 0.13B^2$$

**Donde:**

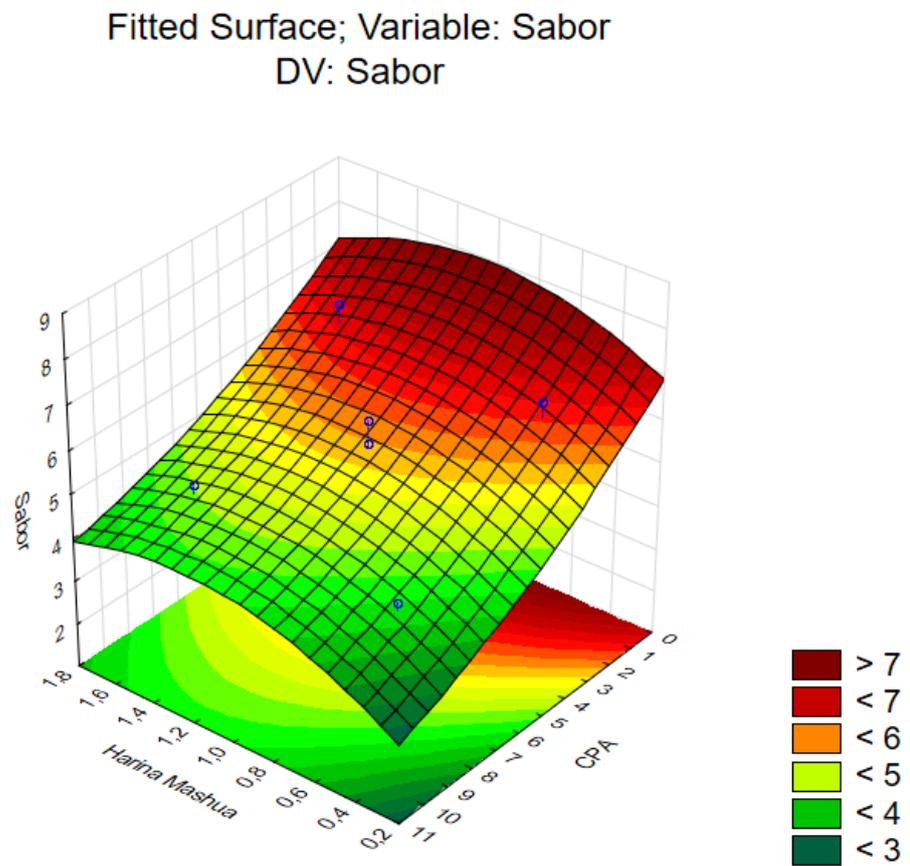
A: Harina de Mashua

B: CPA

Este modelo permite predecir el sabor sensorial de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y el sabor sensorial, como se observa en la **Figura 25**.

**Figura 25**

*Superficie de respuesta del sabor sensorial de la galleta*



#### 4.3.4. Textura sensorial

En la **Tabla 37** se muestran los resultados de la textura sensorial en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 37**

*Análisis de la textura sensorial en galletas.*

Formulación	Harina de Mashua (%)	CPA (%)	Textura sensorial
F1	0,5	2,5	6,66
F2	1,5	2,5	6,94
F3	0,5	8,5	4,47
F4	1,5	8,5	4,81
F5	0	5	5,16
F6	2	5	4,78
F7	1	1	6,81
F8	1	10	4,28
F9	1	5,5	6,75
F10	1	5,5	7,00
F11	1	5,5	5,72
Control	-	-	7,34

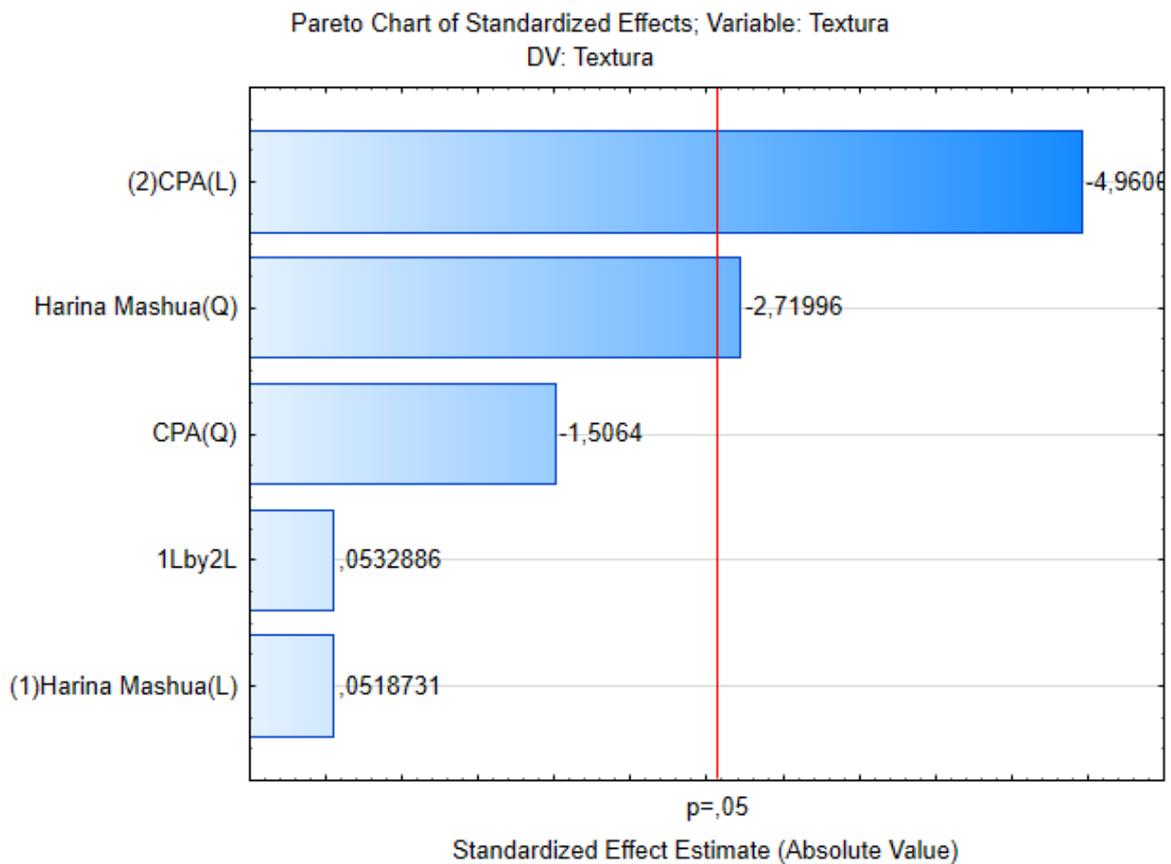
\*Media de 35 repeticiones

Los valores de textura sensorial obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 4.28 y 7.00. La formulación F8 presentó el puntaje más bajo, mientras que la formulación F10 alcanzó el puntaje más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una.

En comparación con estudios previos, los resultados coinciden por los reportados Astuhuaman & Medina (2019) quienes obtuvieron una puntuación del 4.50 en textura sensorial en galletas con harina de mashua negra. Por otro lado, los resultados difieren con los valores reportados por Avalos-Ramírez et al. (2024) a los cuales se les observó una aceptabilidad de la textura sensorial del 81% de muy agradable.

**Figura 26**

*Diagrama de Pareto de la textura sensorial de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto sobre la textura sensorial de la galleta, con un valor estandarizado de -4.96, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para disminuir el valor de la textura sensorial de la galleta, pues presenta un valor negativo a la percepción sensorial de la galleta

En la **Tabla 38** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la textura sensorial de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones de la textura sensorial, con un p-valor igual a 0.0303 ( $p<0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 86.69%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 38***Análisis de ANOVA de la textura sensorial de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	10,32	5	2,06	6,51	0,0303	significant
A-Harina de mashua	0,0009	1	0,0009	0,0027	0,9606	
B-CPA	7,80	1	7,80	24,60	0,0042	
AB	0,0009	1	0,0009	0,0028	0,9596	
A <sup>2</sup>	2,34	1	2,34	7,40	0,0418	
B <sup>2</sup>	0,7192	1	0,7192	2,27	0,1923	
<b>Residual</b>	1,58	5	0,3169			
Lack of Fit	0,6641	3	0,2214	0,4809	0,7287	not significant
Pure Error	0,9206	2	0,4603			
<b>Cor Total</b>	11,90	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre la textura sensorial de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Textura sensorial} = 6.49 + 0.01A - 0.99B + 0.02AB - 0.64A^2 - 0.36B^2$$

**Donde:**

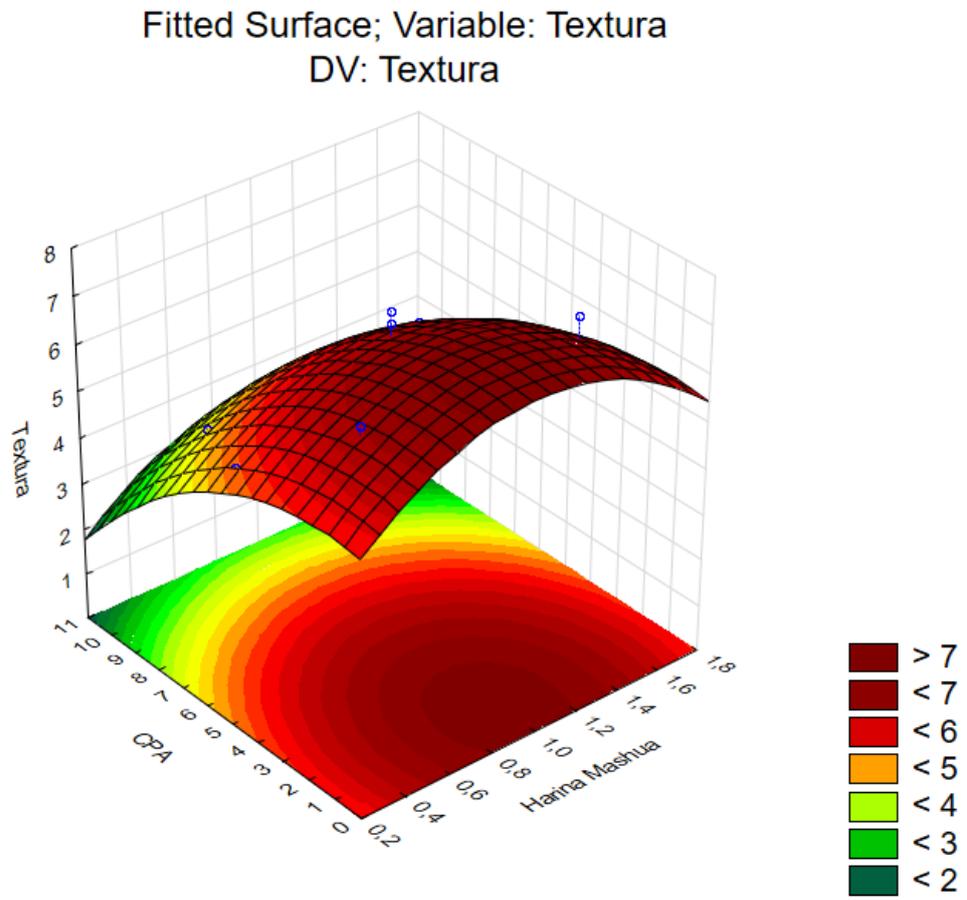
A: Harina de Mashua

B: CPA

Este modelo permite predecir la textura sensorial de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y la textura sensorial, como se observa en la **Figura 27**.

**Figura 27**

*Superficie de respuesta de la textura sensorial de la galleta*



#### 4.3.5. Intención de compra

En la **Tabla 39** se muestran los resultados de la textura sensorial en las diferentes formulaciones de galletas elaboradas con harina de mashua y concentrado proteico de anchoveta (CPA).

**Tabla 39**

*Análisis de la textura sensorial en galletas.*

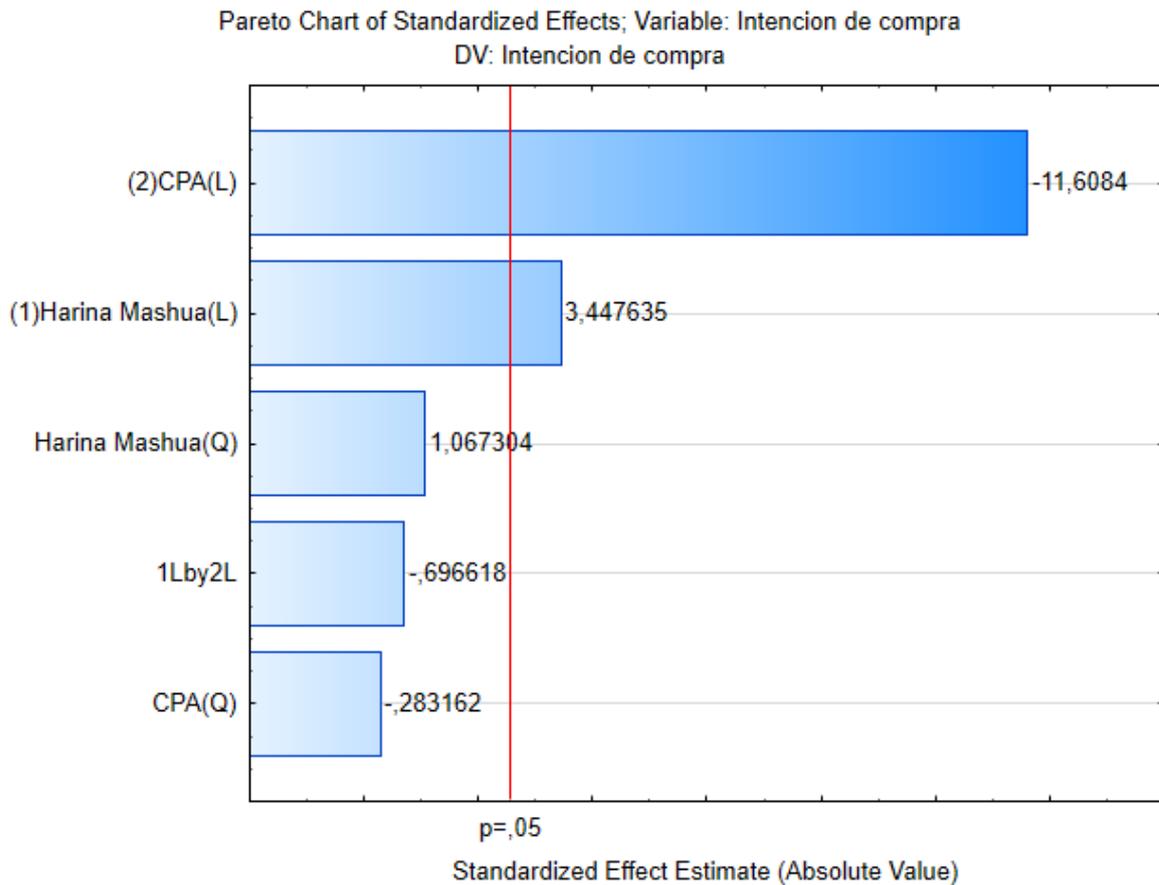
<b>Formulación</b>	<b>Harina de Mashua (%)</b>	<b>CPA (%)</b>	<b>Intención de compra</b>	
F1	0,5	2,5	3,91	78%
F2	1,5	2,5	4,38	88%
F3	0,5	8,5	2,94	59%
F4	1,5	8,5	3,22	64%
F5	0	5	3,31	66%
F6	2	5	3,72	74%
F7	1	1	4,19	84%
F8	1	10	2,53	51%
F9	1	5,5	3,59	72%
F10	1	5,5	3,47	69%
F11	1	5,5	3,38	68%
Control	-	-	4,47	89%

\*Media de 35 repeticiones

Los valores de textura sensorial obtenidos en las diferentes formulaciones de galletas oscilaron entre 51 y 88%. La formulación F8 presentó el puntaje más bajo, mientras que la formulación F2 alcanzó el puntaje más alto. Esta variabilidad refleja las diferencias en la composición de las formulaciones, principalmente influenciadas por el porcentaje de CPA incorporado en cada una.

**Figura 28**

*Diagrama de Pareto de la intención de compra de la galleta*



El diagrama de Pareto muestra que el CPA tiene el mayor efecto sobre la intención de compra de la galleta, con un valor estandarizado de -11.61, estadísticamente significativos, ya que sus valores superan el umbral de  $p=0.05$ . Esto sugiere que el CPA es el más efectivo para disminuir la intención de compra de la galleta, pues presenta un valor negativo a la percepción sensorial de la galleta

En la **Tabla 40** se presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la textura sensorial de las galletas. Los resultados indicaron que el modelo matemático cuadrático es el más adecuado para describir las variaciones de la textura sensorial, con un p-valor igual a 0.0010 ( $p<0.05$ ), lo que evidencia su significancia estadística. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtenido fue del 96.75%, lo que demuestra un excelente ajuste del modelo a los datos experimentales y valida su capacidad para realizar predicciones precisas en función de las formulaciones analizadas.

**Tabla 40***Análisis de ANOVA de la textura sensorial de la galleta*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	0,1106	5	0,0221	29,73	0,0010	significant
A-Harina de mashua	0,0088	1	0,0088	11,89	0,0183	
B-CPA	0,1002	1	0,1002	134,75	< 0.0001	
AB	0,0004	1	0,0004	0,4853	0,5171	
A <sup>2</sup>	0,0008	1	0,0008	1,14	0,3346	
B <sup>2</sup>	0,0001	1	0,0001	0,0802	0,7884	
<b>Residual</b>	0,0037	5	0,0007			
Lack of Fit	0,0028	3	0,0009	2,13	0,3358	not significant
Pure Error	0,0009	2	0,0004			
<b>Cor Total</b>	0,1143	10				

El análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos permitió desarrollar el siguiente modelo matemático ajustado, que describe la relación entre la textura sensorial de la galleta y las proporciones de la harina de mashua y CPA.

$$\text{Intención de compra} = 0.70 + 0.03A - 0.11B - 0.1AB + 0.01A^2 - 0.00B^2$$

**Donde:**

A: Harina de Mashua

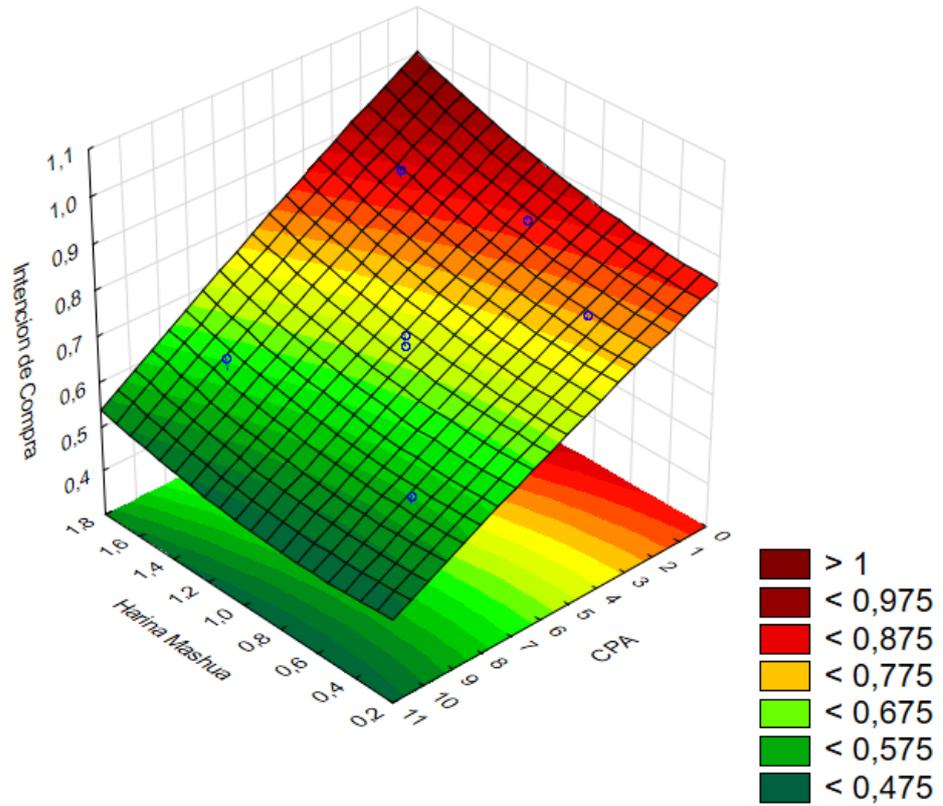
B: CPA

Este modelo permite predecir la textura sensorial de la galleta con base en las proporciones de los ingredientes, lo que facilita la optimización de la formulación para cumplir con criterios específicos de calidad. Además, a partir de la ecuación se generaron gráficos de superficie de respuesta y de contorno, los cuales ilustran visualmente las interacciones entre los ingredientes y la textura sensorial, como se observa en la **Figura 29**.

**Figura 29**

*Superficie de respuesta de la intención de compra de la galleta*

Fitted Surface; Variable: Intencion de Compra  
DV: Intencion de Compra



#### 4.4. Optimización de las variables dependientes e independientes

Para determinar la formulación óptima, se recurrió a la técnica de optimización de respuesta múltiple. Se aplicó la función de deseabilidad para este propósito, eligiendo las variables relevantes que se mostraron estadísticamente significativas ( $p\text{-value} < 0.05$  y  $R^2 > 0.70$ ) de los resultados de la galleta.

**Tabla 41**

*Criterios de deseabilidad para optimización de respuesta múltiple*

Variable dependiente	Meta	Deseabilidad baja	Deseabilidad alta
Proteína	Maximizar	13,27	19,34
FDT	Maximizar	1,58	1,92
Calcio	Maximizar	15,19	16,72
Fosforo	Maximizar	5,13	51,26
Hierro	Maximizar	66,94	603,14
Potasio	Maximizar	11,39	113,92
Sodio	Minimizar	9,14	91,36
Zinc	Maximizar	0	7,69
PFT	Maximizar	1,58	1,92
Sabor	Maximizar	4,34	6,97
Textura	Maximizar	2,59	6,66
IC	Maximizar	0,506	0,876

Se realizó la optimización de múltiples respuestas para las variables relevantes que mostraron significancia estadística, de acuerdo a lo detallado en la **Tabla 42**.

**Tabla 42**

Parámetros seleccionados para el método de optimización de deseabilidad, formulaciones óptimas de galleta con valor de deseabilidad óptimo.

Variables respuestas	Criterio	Límite inferior	Límite superior	Importancia	Valores esperados
Harina de mashua	En rango			3	1.5
Concentrado proteico de anchoveta	En rango			3	2.5
Proteína	Maximizar	13,27	19,34	3	14,137
FDT	Maximizar	1,58	1,92	4	1,891
Calcio	Maximizar	15,19	16,72	3	16,416
Fosforo	Maximizar	5,13	51,26	3	12,308
Hierro	Maximizar	66,94	603,14	4	152,889
Potasio	Maximizar	11,39	113,92	3	27,345
Sodio	Minimizar	9,14	91,36	2	21,931
Zinc	Maximizar	0	7,69	3	6,166
PFT	Maximizar	1,58	1,92	4	1,891
Sabor	Maximizar	4,34	6,97	4	5,364
Textura	Maximizar	2,59	6,66	3	5,786
IC	Maximizar	0,506	0,876	5	6,534
Valor óptimo de deseabilidad					0.695

De acuerdo con los resultados de la tabla x, la formulación F2 (1.5% de harina de mashua y 2.5 de concentrado proteico de anchoveta) exhibe la mejor y mayor deseabilidad prevista entre las formulaciones.

La **Tabla 43** presenta la composición de la galleta óptima, que se produce mediante la sustitución parcial de un 1.5% de harina de mashua negra y 2.5% de concentrado proteico de anchoveta (F2)

**Tabla 43***Composición de la galleta optima*

Componentes	Galleta Optima
Proteína (g/g)	14.28
FDT (g/g)	1.87
Calcio (mg/g)	16.41
Fosforo (g/g)	12.82
Hierro (mg/g)	158.39
Potasio (g/g)	28.48
Sodio (mg/g)	22.84
Zinc (mg/g)	5.77
Polifenoles totales (AGE/g)	1.87

Nota: Media de tres repeticiones

En un estudio realizado por Astuhuaman & Medina (2019) sobre galletas con harina de mashua, se exploró la sustitución del 4-12 % de harina de mashua. Los resultados mostraron que las galletas con un 12% de sustitución tenían un contenido de humedad del 4.89%, proteína del 11.68%, grasa del 11.21% y ceniza del 1.05%, con un contenido de carbohidratos del 70.64%. Esta elección se basó en la riqueza en proteínas y grasas proporcionada por la harina de mashua, lo que la convierte en una excelente fuente nutricional complementaria.

## **V. CONCLUSIONES**

La harina de mashua negra y el concentrado proteico de anchoveta poseen propiedades nutricionales destacadas, lo que las convierte en ingredientes prometedores para la elaboración de productos de panificación, sino que también responde a la creciente demanda por alimentos funcionales y sostenibles. A partir de los análisis realizados a las diferentes formulaciones de galletas se concluye que es viable utilizar harina de mashua negra y el concentrado proteico de anchoveta en su elaboración.

La incorporación de estos ingredientes influye significativamente en la proteína, fibra dietética total, calcio, fosforo, hierro, potasio, sodio, zinc y polifenoles totales de las galletas. Además de tener una aceptabilidad general buena por parte de los panelistas con respecto al color, olor, sabor, textura e intención de compra de la galleta.

Estos parámetros fueron cruciales para determinar la sustitución óptima de ingredientes mediante una optimización por deseabilidad. Determinando que la formulación optima es la F2, que consiste en un 1.5% de harina de mashua negra y 2.5% de concentrado proteico de anchoveta. Teniendo 14.28 g/g de proteína, 1.87 g/g de fibra dietética total, 16.41 mg/g de calcio, 12.82 g/g de fosforo, 158.39 mg/g de hierro, 28.48 g/g de potasio, 22.84 mg/g de sodio, 5.77 mg/g de zinc y 16.41 AGE/g de polifenoles totales.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Innovar en la creación de nuevos alimentos funcionales, como barras energéticas, cereales integrales o snacks saludables, utilizando la harina de mashua negra y el concentrado proteico de anchoveta como base. Estos productos pueden diversificar la oferta y captar a consumidores interesados en alimentos ricos en nutrientes y propiedades bioactivas.

Realizar estudios sobre la estabilidad de las formulaciones a lo largo del tiempo para garantizar la calidad sensorial, nutricional y microbiológica del producto. Esto incluye pruebas de almacenamiento y transporte para asegurar su aceptación en el mercado.

Investigar combinaciones con otros ingredientes ricos en nutrientes, como quinua, kiwicha, chía o maca, para potenciar el valor agregado de los productos. Estas combinaciones podrían crear alimentos con beneficios adicionales, como propiedades antioxidantes, efecto saciante o soporte inmunológico.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abraha, B., Admassu, H., Mahmud, A., Tsighe, N., Shui, X. W., & Fang, Y. (2018). Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. *MOJ Food Process Technol*, 6(4), 376-382. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00191>
- Abraha, B., Mahmud, A., Admassu, H., Yang, F., Tsighe, N., Girmatsion, M., ... & Xu, Y. (2018). Production and quality evaluation of biscuit incorporated with fish fillet protein concentrate. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 8, 1000744. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000744>
- Acero, D. J. R., Sibina, J. R. O., & Ordoñez, A. M. (2021). Elaboración de un hidrolizado de proteína de anchoveta (*Engraulis ringens*) en polvo. *In Anales Científicos* 82(2), 251-261. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8213057>
- Aguilar-Galvez, A., Pedreschi, R., Carpentier, S., Chirinos, R., García-Ríos, D., & Campos, D. (2020). Proteomic analysis of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) tubers subjected to postharvest treatments. *Food chemistry*, 305, 125485. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125485>
- Astuhuaman Cajahuanca, K. M., & Medina Paita, H. E. (2019). *Formulación de una galleta dulce con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) con harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6452>
- Avalos-Ramírez, Y., Grados-Poémape, M., Curibanco-Chinchihuara, S., Moreno-Rojo, C., & Santiago-Castillo, L. (2024). Elaboración de galletas con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) enriquecido con concentrado proteico de anchoveta (*Engraulis ringens*). *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 11(1), 5-16. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2024v11n1.001>
- AwadElkareem, A. M., & Al-Shammari, E. (2015). Nutritional and sensory evaluation of wheat flour biscuits supplemented with lentil flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(12), 841. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.841.848>

- Ayala M, Fernández C. (2003). Variación del contenido de humedad y grasa en la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) durante 1999-2002. *Bol Inv Tec Pes Perú*. 5, 21–25. <http://repositorio.itp.gob.pe/handle/ITP/97>
- Batool, S. A., Rauf, N. T. S. S., Tahir, S. S., & Kalsoom, R. (2012). Microbial and Physico-chemical contamination in the wheat flour of the twin cities of Pakistan. *International Journal of Food Safety*, 14(6), 75-82.
- Beto, J. A. (2015). The role of calcium in human aging. *Clinical nutrition research*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.7762/cnr.2015.4.1.1>
- Brito, Isabelle L.; de Souza, Evandro Leite; Felex, Suênia Samara Santos; Madruga, Marta Suely; Yamashita, Fábio; Magnani, Marciane. (2015). Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)-based cookies development using an experimental mixture design. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5866–5873. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1659-1>
- Campos, D., Chirinos, R., Ranilla, L. G., & Pedreschi, R. (2018). Bioactive potential of Andean fruits, seeds, and tubers. *Advances in food and nutrition research*, 84, 287-343. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.12.005>
- Cañar Pujos, A. M. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en el desarrollo de galletas dulces* [Tesis de bachiller, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Alimentos]. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/da4bc49b-e0cf-44ee-ae1f-3838e4f189d6>
- Capurro Lévano, J. M., & Huerta Lauya, D. G. (2016). *Elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*), quinua (*cheropodium quinoa*) y maíz (*zea mays*)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Santa de Chimbote] Repositorio <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2629>
- Cerezal Mezquita, Pedro, Carrasco Verdejo, Andrea, Pinto Tapia, Karina et al. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años: Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *INCI*, 32(12).

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442007001200013&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007001200013&lng=es&nrm=iso)

- Chalamaiah, M., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food chemistry*, 135(4), 3020-3038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.100>
- Chang, A. R., & Anderson, C. (2017). Dietary phosphorus intake and the kidney. *Annual review of nutrition*, 37(1), 321-346. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071816-064607>
- Chowdhury, K., Khan, S., Karim, R., Obaid, M., & Hasan, G. M. M. A. (2012). Quality and shelf-life evaluation of packaged biscuits marketed in Bangladesh. *Bangladesh journal of scientific and industrial research*, 47(1), 29-42. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v47i1.10717>
- Coloma, A., Flores-Mamani, E., Quille-Calizaya, G., Zaira-Churata, A., Apaza-Ticona, J., Calsina-Ponce, W. C., ... & Huanca-Rojas, F. (2022). Characterization of Nutritional and Bioactive Compound in Three Genotypes of Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pavón) from Different Agroecological Areas in Puno. *International Journal of Food Science*, 2022(1), 7550987. <https://doi.org/10.1155/2022/7550987>
- Dahl, W. J., & Stewart, M. L. (2015). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: health implications of dietary fiber. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(11), 1861-1870. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.09.003>
- David, O., Arthur, E., Kwadwo, S. O., Badu, E., & Sakyi, P. (2015). Proximate composition and some functional properties of soft wheat flour. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(2), 753-758. <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2015.0402097>
- Demir, M. K., & Kılınç, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. *International Food Research Journal*, 24(6), 2394-2401. [http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20\(06\)%202017/\(16\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20(06)%202017/(16).pdf)
- Emem, U. H., Emelike, N. J., Okorie-Humphrey, C., & Enyi, C. U. (2024). Nutritional and sensory properties of cookies produced from flour blends of African walnut

- (Tetracarpidium conophorum), Justicia carnea and wheat. *IPS Applied Journal of Nutrition, Food and Metabolism Science*, 2(1), 19-26. <https://doi.org/10.24966/FSN-1076/100189>
- Espín, S., Villacrés, E., Brito, B., (2004). *Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos*. In: Barrera, V.H., Tapia, C.G., Monteros, A.R. (Eds.), *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. INIAP/CIP/COSUDE, Quito, Ecuador, pp. 92–116. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3264/1/iniapscCD55p91.pdf>
- Fairlie, T., Bermúdez, M. M., & Holle, M. (1999). *Raíces y tubérculos andinos: avances de investigación*. International Potato Center.
- FAO (2001). *Vitamina Humana y Requisitos Minerales*; FAO: Roma, Italia; OMS: Ginebra, Suiza.
- FAO (2002). *Human Vitamin and Mineral Requirements*. Chapter 13: Iron. Geneva
- FAO (Food and Agricultural Organization). (2016). Fichas técnicas: procesados de cereales. Repositorio <http://www.fao.org/3/aau166s.pdf>.
- FNB (2001). *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc: a Report of the Panel on Micronutrients*. Washington, DC: National Academy Press.
- FNB (2005). *Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*; The National Academies Press: Washington, DC, USA.
- Fonseca-Santanilla, E. B., & Betancourt-López, L. L. (2021). Physicochemical and structural characterization of starches from Andean roots and tubers grown in Colombia. *Food Science and Technology International*, 28(2), 144-156. <https://doi.org/10.1177/1082013221997313>
- Fréon, P., Durand, H., Avadí, A., Huaranca, S., & Moreyra, R. O. (2017). *Life cycle assessment of three Peruvian fishmeal plants: Toward a cleaner production*. *Journal of cleaner production*, 145, 50-63. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.036>

- Fukumoto, S. (2014). Phosphate metabolism and vitamin D. *BoneKEy reports*, 3. <https://doi.org/10.1038/bonekey.2013.231>
- Grau, A., Ortega, D.R., Nieto, C.C., & Hermann, M., (2003). *Mashua Tropaeolum Tuberosum Ruíz & Pavón*. Engels Jan M.M. Rome, Italy, pp. 1–27.
- Guevara-Freire, D. A., Valle-Velástegui, L., Barros-Rodríguez, M., Vásquez, C., Zurita-Vásquez, H., Dobronski-Arcos, J., & Pomboza-Tamaquiza, P. (2018). Nutritional composition and bioactive components of mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pavón). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(1). <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2561>
- Higinio, V. (2011). *Elaboración de una mezcla instantánea de arroz (Oryza Sativa), cañihua (Chenopodium pallidicaule aellen) y kiwicha (Amarantus caudatus) por el método de cocción extrusión* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]
- Hruskova M and Famera O (2003), Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique. *Czech Journal of Food Sciences*. 21, 91-96.
- Husejin K, Mirsad S, Amra O, Midhat J, Nihada A and Indira Š (2009), The Importance of Determination of some Physical – Chemical Properties of Wheat and Flour. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74, 197-200.
- Ikasari, D., Hastarini, E., & Suryaningrum, T. D. (2020). characteristics of cookies formulated with fish protein concentrate powder produced from snakehead fish (*Channa striata*) extraction by-product. *E3S Web of Conferences*, 147, 03028. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014703028>
- INEI. Nota de prensa: Desnutrición crónica afectó al 13,1% de menores de cinco años disminuyendo en 1,3 puntos porcentuales en el último año [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/desnutricion-cronica-afecto-al-131-de-menores-de-cinco-anos-disminuyendo-en-13-puntos-porcentuales-en-el-ultimo-ano-9599/#:~:text=El%20Instituto%20Nacional%20de%20Estad%20C3%ADstica,dejaron%20la%20condici%C3%B3n%20de%20desnutridos.>

- Kassa, M. K., & Emire, S. A. (2021). Evaluation of various properties of Amaranthus (Genus amaranthus L.) based composite flour blends for preparation of gluten-free biscuits. *Croatian journal of food science and technology*, 13(1), 57-68. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2021.13.1.08>
- Kumar P, Yadava RK, Gollen B, Kumar S, Verma RK and Yadav S (2011), Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat, L. *Sci. M. Res.* 22, 1-7.
- Leyva, L. (2019). Mashua (Cubio): Características y datos de interés. <https://www.tuberculos.org/mashua-cubio/>
- Lindenfeld J, Albert NM, Boehmer JP, Collins SP, Ezekowitz JA, Givertz MM, Katz SD, Klapholz M, Moser DK, Rogers JG, et al. (2010). Guía integral de práctica de insuficiencia cardíaca HFSA 2010. *Falla de la tarjeta J.*, 16:e1–194. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2010.04.004>
- MINSA, (2011). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. RM N°1020-2010/MINSSA. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/NORMA%20DE%20PANADERIAS.pdf>
- Montes Tornero, R. L. (2014). *Determinación de las características nutricionales y organolépticas de galletas enriquecidas con harina trigo (triticum aestivium l.) y harina de haba (vicia faba l.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica] Repositorio <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/96>
- Murueta C, del Toro A, Carreno FG (2007) Concentrates of fish protein from by catch species produced by various drying processes. *Food Chem*, 4, 705-711 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.029>
- Nikolić, N., Mitrović, J., Karabegović, I., Savić, S., Petrović, S., Lazić, M., & Stojanović, G. (2019). A comparison between wheat and different kinds of corn flour based on minerals, free phenolic acid composition and antioxidant activity. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11(4). <https://doi.org/341-349.10.3920/QAS2018.1411>

- Ocheme, O. B., Adedeji, O. E., Chinma, C. E., Yakubu, C. M., & Ajibo, U. H. (2018). Proximate composition, functional, and pasting properties of wheat and groundnut protein concentrate flour blends. *Food Science & Nutrition*, 6(5), 1173-1178.
- Pacheco, M. T., Escribano-Bailón, M. T., Moreno, F. J., Villamiel, M., & Dueñas, M. (2019). Determination by HPLC-DAD-ESI/MS<sup>n</sup> of phenolic compounds in Andean tubers grown in Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84, 103258. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103258>
- Pariona-Velarde, D., Maza-Ramírez, S., & Ayala Galdos, M. (2020). Nutritional Characteristics of a Peruvian Anchovy (*Engraulis ringens*) Protein Concentrate. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(7), 1–13. <https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1789798>
- Pariona-Velarde, D.; Maza-Ramírez, S. & Ayala Galdos, M. . (2020). Nutritional Characteristics of a Peruvian Anchovy (*Engraulis ringens*) Protein Concentrate. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(7), 1–13. <https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1789798>
- Paz Soto, R. A. (2022). *Modelo de calidad en una fábrica de alimentación “galletera” y la necesidad de un estudio de vida útil de galletas para poder ser comercializadas* [Tesis de grado, Universidad De Jaén]. <https://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/16470>
- Saeid, A., Hoque, S., Kumar, U., Das, M., Muhammad, N., Rahman, M. M., & Ahmed, M. (2015). Comparative studies on nutritional quality of commercial wheat flour in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 50(3), 181-188. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v50i3.25581>
- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from Ecuador. *Agronomy*, 11(9), 1693. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091693>
- Santillán, L. B., Moreno, M. P., Martínez-Monzó, J., & García-Segovia, P. (2016). Propiedades funcionales de tubérculos nativos de la región andina de Chimborazo (Ecuador): una revisión. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 22(4), 28–33. [https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC\\_2016\\_4\\_05.pdf](https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2016_4_05.pdf)

- Schoofs, H., Schmit, J., & Rink, L. (2024). Zinc toxicity: understanding the limits. *Molecules*, 29(13), 3130. <https://doi.org/10.3390/molecules29133130>
- Shaviklo, A. R. (2015). Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. *Journal of food science and technology*, 52(2), 648-661. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1042-7>
- Sotelo Méndez, A. H. (2023). *Elaboración y aceptabilidad de galletas en base a quinua y fibras soluble e insoluble y parámetros bioquímicos en ratas* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina] <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6064/sotelo-mendez-alejandrina-honorata.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Stone, M. S., Martyn, L., & Weaver, C. M. (2016). Potassium intake, bioavailability, hypertension, and glucose control. *Nutrients*, 8(7), 444. <https://doi.org/10.3390/nu8070444>
- Tahergorabi, R., Matak, K. E., & Jaczynski, J. (2015). Fish protein isolate: Development of functional foods with nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*, 18, 746-756. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.05.006>
- Tamás, C., Kisgyörgy, B. N., Rakszegi, M., Wilkinson, M. D., Yang, M. S., Láng, L., ... & Bedó, Z. (2009). Transgenic approach to improve wheat (*Triticum aestivum* L.) nutritional quality. *Plant cell reports*, 28, 1085-1094.
- USDA (2019). *Tropaeolum tuberosum*. <https://plants.sda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=TRTU4&display=31>
- Valcárcel-Yamani, B., Rondán-Sanabria, G. G., & Finardi-Filho, F. (2013). The physical, chemical and functional characterization of starches from Andean tubers: Oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49, 453-464. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502013000300007>
- Valle-Parra, M., Pomboza-Tamaquiza, P., Buenaño-Sanchez, M., Guevara-Freire, D., Chasi-Vizúete, P., Vásquez-Freitez, C., & Pérez-Salinas, M. (2018). Morphology, phenology, nutrients and yield of six accessions of *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y

Pav (Mashua). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(1).  
<http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2574>

Wrigley C (2004), *Cereals - Overview*, Encyclopedia of Grain Science, 187-201.

Zhong, S., Liu, S., Cao, J., Chen, S., Wang, W., & Qin, X. (2016). Fish protein isolates recovered from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by-products using alkaline pH solubilization and precipitation. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(3), 400-413. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.865282>

# **ANEXOS**

**ANEXO 1. Tabla general de composición fisicoquímica y funcional para la galleta de harina de mashua y CPA**

<b>H trigo</b>	97	96	91	90	95	93	98	89	93.5	93.5	93.5	100
<b>H. mashua</b>	0.5	1.5	0.5	1.5	0	2	1	1	1	1	1	0
<b>CPA</b>	2.5	2.5	8.5	8.5	5	5	1	10	5.5	5.5	5.5	0

<b>Componente</b>	<b>Unidades</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>	<b>F9</b>	<b>F10</b>	<b>F11</b>	<b>PATRON</b>
Proteína	g	14.28	14.28	18.33	18.33	15.97	15.72	13.27	19.34	16.3	16.3	16.3	12.6
FDT	g	1.70	1.87	1.6	1.77	1.58	1.92	1.81	1.66	1.74	1.74	1.74	1.66
Calcio	mg	16.52	16.41	15.5	15.39	16.15	15.93	16.72	15.19	15.96	15.96	15.96	17
Fosforo	gr	12.82	12.82	43.57	43.57	25.63	25.63	5.13	51.26	28.19	28.19	28.19	0
Hierro	mg	154.22	158.39	511.69	515.86	301.08	309.42	66.94	603.14	335.04	335.04	335.04	3.19
Potasio	gr	28.48	28.48	96.83	96.83	56.96	56.96	11.39	113.92	62.66	62.66	62.66	0
Sodio	mg	22.84	22.84	77.66	77.66	45.68	45.68	9.14	91.36	50.25	50.25	50.25	0
Zinc	mg	1.92	5.77	1.92	5.77	0	7.69	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	0
PFT	AGE/g	1.70	1.87	1.6	1.77	1.58	1.92	1.81	1.66	1.74	1.74	1.74	1.66

**Nota.** Datos obtenidos de los análisis realizados en el IITA UNS y en los laboratorios de COLECBI SAC

## ANEXO 2. Resultados del análisis sensorial realizado a las galletas de mashua y concentrado proteico de anchoveta

Panelistas	Edad	PATRON					TRATAMIENTO 1					TRATAMIENTO 2					TRATAMIENTO 3					TRATAMIENTO 4					TRATAMIENTO 5					TRATAMIENTO 6					TRATAMIENTO 7					TRATAMIENTO 8					TRATAMIENTO 9					TRATAMIENTO 10					TRATAMIENTO 11							
		ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO					ATRIBUTO							
		Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra	Color	Olor	Sabor	Textura	Intencion de compra			
1	20	9	6	9	7	5	8	7	8	8	5	7	8	8	8	5	5	5	5	4	3	5	3	5	5	3	5	5	5	7	3	4	5	5	5	4	5	5	8	8	5	5	5	4	3	6	5	8	8	4	6	6	6	8	3	5	5	6	6	5				
2	21	9	9	9	9	5	7	7	6	7	4	6	7	6	7	5	6	5	5	4	2	4	3	6	5	4	5	3	3	6	7	6	3	6	5	4	5	2	5	5	6	7	3	7	6	7	6	4	4	4	5	5	4											
3	21	7	4	7	7	4	7	7	6	6	4	6	7	6	7	4	4	4	6	5	2	4	2	4	6	2	4	5	5	2	4	4	6	3	4	4	5	5	2	5	5	7	5	3	5	5	5	7	3	6	6	5	5	4										
4	22	9	7	7	8	5	5	5	6	6	4	6	7	6	7	5	4	2	4	5	3	5	3	5	6	2	5	5	6	5	3	5	5	7	6	4	4	4	5	4	3	6	5	6	7	3	5	5	6	6	2	5	3	4	5	3								
5	22	9	9	9	9	5	8	8	7	5	4	7	7	7	7	5	5	2	4	4	3	4	2	5	5	4	5	5	7	4	5	5	4	4	4	6	5	6	8	6	4	5	6	4	5	3	6	5	7	8	5	5	5	6	7	4	6	4	4	6	4			
6	19	8	8	8	9	5	6	7	7	7	3	6	6	6	7	5	4	3	4	4	3	4	3	4	5	3	4	3	4	5	2	5	6	6	3	4	5	5	5	3	5	5	6	7	4	5	6	6	6	3	5	5	6	6	3									
7	21	9	8	9	8	5	6	7	8	8	4	6	7	6	5	5	6	3	4	4	4	5	2	5	4	4	5	5	5	7	4	4	5	5	4	4	6	5	8	8	5	6	5	5	4	3	5	5	7	6	4	5	6	6	8	4	4	5	5	4				
8	19	9	9	9	9	5	6	7	6	7	4	7	8	7	6	5	5	2	6	6	4	4	2	5	4	3	5	4	5	7	3	5	4	5	5	4	6	6	8	6	4	5	5	4	3	3	6	5	7	7	4	6	5	5	8	5	6	6	5	5	4			
9	23	9	9	9	9	5	6	6	7	8	5	7	8	8	8	5	5	2	5	4	3	4	3	5	4	4	4	4	5	4	6	5	6	4	4	6	6	8	8	5	5	6	5	3	6	4	7	8	4	6	7	7	8	5	5	4	4	5	3					
10	22	9	8	9	8	5	6	6	7	7	4	6	7	6	6	5	4	2	4	3	3	4	4	5	4	3	6	4	5	4	3	5	4	4	5	4	6	5	6	8	2	4	5	4	5	3	5	4	7	7	4	5	5	7	7	3	6	4	6	7	2			
11	21	7	7	7	6	3	6	7	6	6	4	7	7	8	8	3	4	4	5	5	4	4	5	5	3	4	5	4	5	3	5	5	5	4	3	5	6	7	7	4	4	4	5	4	4	5	5	8	7	3	5	5	6	7	3	4	5	6	6	5				
12	22	6	3	6	7	5	7	8	8	8	5	6	7	6	6	5	5	2	4	4	3	6	3	6	5	4	6	4	4	4	5	6	5	5	4	5	6	5	5	4	6	5	7	7	5	5	4	5	4	3	6	6	7	6	3	5	4	4	6	4	4	5	5	4
13	21	8	8	8	8	5	6	6	6	5	4	5	6	7	6	5	4	2	4	5	4	4	2	6	6	4	6	5	4	6	4	6	6	5	5	5	5	8	8	5	4	4	4	4	4	4	7	5	5	6	4	5	6	5	6	4	4	6	6	5	4			
14	19	2	4	6	2	4	7	7	7	7	3	6	7	8	6	4	3	2	5	5	3	5	3	5	5	3	5	5	4	8	3	6	6	6	4	4	6	7	7	4	5	6	4	4	3	5	7	8	7	4	5	6	5	7	4	5	6	4	5	3				
15	19	9	8	9	9	5	6	8	7	7	4	5	8	7	8	4	4	3	4	5	3	5	2	5	4	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6	9	9	5	4	6	4	4	3	6	5	8	7	5	5	5	6	8	4	4	5	4	7	4					
16	20	9	8	9	9	5	6	6	6	5	5	6	6	8	4	5	4	4	5	6	3	4	4	5	6	3	4	4	6	4	4	5	6	7	4	5	4	5	5	3	6	5	6	6	3	6	5	6	8	3	5	5	6	6	3									
17	21	8	8	8	9	5	7	6	7	7	3	5	8	8	7	4	4	2	4	5	2	3	2	5	5	4	5	4	4	4	5	3	5	5	8	8	4	4	5	4	5	2	4	5	7	8	4	4	5	4	5	2	3	5	4	5	4							
18	22	7	8	9	8	5	6	6	6	7	4	5	6	6	7	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	5	5	3	3	5	5	4	3	4	4	5	6	4	4	4	5	6	2	6	5	7	6	3	6	5	5	7	4	6	5	5	5	3			
19	22	8	9	4	4	3	6	6	7	7	3	5	5	6	6	3	4	2	5	5	3	3	2	6	5	2	5	5	4	5	2	4	5	4	5	3	5	6	6	5	3	4	5	3	5	3	5	6	7	3	5	5	6	7	3	5	4	7	2					
20	22	9	8	8	9	5	7	6	8	6	4	6	7	6	7	5	2	2	5	5	3	4	3	5	7	4	5	4	5	5	4	6	5	6	7	4	5	4	5	3	3	5	7	5	8	5	5	6	6	7	3	6	5	4	7	2								
21	21	9	9	9	9	5	7	7	6	5	3	6	6	7	8	5	4	2	3	5	3	5	3	4	5	2	5	5	4	6	2	5	5	5	5	4	5	5	8	8	5	4	5	3	4	3	4	5	5	7	3	5	5	6	8	3	4	6	6	5	4			
22	22	8	8	8	8	5	6	7	7	7	4	5	7	6	5	4	2	5	5	2	4	2	5	4	3	4	4	4	4	4	5	4	6	8	5	4	5	5	4	2	6	5	4	2	6	5	5	7	3	6	5	5	7	4	5	6	4	5	3					
23	20	6	4	4	4	2	7	7	6	6	4	7	6	9	8	3	4	4	3	5	3	4	2	5	3	3	6	5	5	3	3	3	4	5	3	3	4	4	6	2	4	4	3	4	2	4	5	6	5	4	4	5	7	7	4	4	5	4	7	3				
24	21	8	8	8	8	5	6	6	6	6	4	5	6	8	5	5	3	3	5	5	3	4	3	4	5	3	4	4	4	3	5	6	6	4	4	5	6	6	7	5	6	5	6	2	5	6	5	6	3	5	5	6	6	4	6	5	6	7	5					
25	20	9	7	7	7	4	7	7	8	9	5	7	6	6	7	4	4	2	3	4	3	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	5	5	6	5	5	6	8	8	5	4	4	5	3	2	5	6	5	7	4	5	5	6	7	3	5	4	5	5	2				
26	21	5	5	7	5	4	6	5	5	6	3	5	6	7	8	4	3	3	5	4	2	4	3	5	4	3	4	5	4	5	3	5	5	5	6	5	6	5	7	7	3	3	4	5	4	2	4	4	5	6	3	5	4	5	7	2	6	5	5	7	4			
27	21	6	5	6	5	4	6	7	7	7	4	5	5	8	8	4	4	2	3	3	3	4	2	5	4	3	4	5	4	3	3	3	4	4	3	5	6	6	6	4	4	4	5	3	2	4	5	5	7	3	4	5	5	6	3	5	5	5	5	3				
28	22	6	5	6	3	2	7	6	6	6	3	6	6	7	7	2	4	2	5	5	2	3	4	5	7	3	6	4	5	4	4	4	5	4	5	5	6	6	5	6	4	3	4	2	4	3	7	7	2	4	5	5	6	3	6	5	4	7	4					
29	23	9	9	9	9	5	8	8	8	9	4	7	7	8	8	5	3	2	4	4	3	5	4	4	5	3	5	4	4	4	4	6	5	5	5	4	6	5	8	8	5	5	4	5	5	1	4	5	7	7	4	6	5	6	8	4	4	5	5	6	3			
30	21	7	8	8	8	5	7	7	6	6	3	5	7	6	6	5	3	2	4	4	3	4	2	5	6	3	4	5	3	5	4	6	6	4	5	6	6	7	5	5	4	3	4	1	5	4	5	7	4	6	5	6	8	3	5	6	6	7	3					
31	21	6	5	8	7	4	6	6	6	7	4	6	6	8	6	4	3	1	4	4	3	4	3	4	3	3	6	5	5	3	3	5	4	4	3	6	4	6	6	4	3	4	5	3	2	5	5	5	6	4	5	5	6	4	4	6	5	5	2					
32	20	7																																																														

### ANEXO 3. FOTOS DE LA ELABORACION Y ANALISIS DE GALLETAS



amasado de harina de mashua y CPA para obtener galletas



Análisis para obtener FDT en muestras de galletas de mashua y CPA

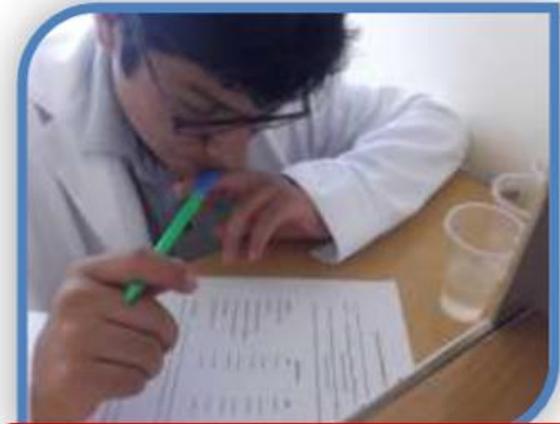


Galletas de harina de mashua y CPA obtenidas De los tratamientos estadísticos





Rotular platos con las muestras de galletas



Analizar muestras



Panelistas recibiendo las muestras de galletas

