

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



---

**Elaboración de galletas dulces con sustitución parcial de harina  
de quinua germinada y camote morado**

---

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

**Autoras:**

**Bach. Gala Bocanegra, Lupe Lucero**

**Código ORCID: 0000-0002-6419-7522**

**Bach. Polo Ballon, Angela Rosario**

**Código ORCID: 0000-0002-8698-5917**

**Asesor:**

**Dr. Castillo Martinez, Williams**

**DNI N° 40169364**

**Código ORCID: 0000-0001-6917-1009**

**Nuevo Chimbote – Perú**

**2026**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

Yo, **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la tesis titulada “ELABORACION DE GALLETAS DULCES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE QUINUA GERMINADA Y CAMOTE MORADO”, ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objeto propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, de acuerdo a la denominación siguiente:

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

**Autores:**

**Bach. Gala Bocanegra, Lupe Lucero**

**Bach. Polo Ballon, Angela Rosario**

**Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**

DNI: 40169364

Cód. ORCID: 0000-0001-6917-1009

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



**HOJA AVAL DEL JURADO EVALUADOR**

El presente trabajo de tesis titulado “ELABORACION DE GALLETAS DULCES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE QUINUA GERMINADA Y CAMOTE MORADO”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: **Gala Bocanegra Lupe Lucero** y **Polo Ballon Angela Rosario**, que tiene como asesor al **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** designado mediante resolución decanal N° 015-2025-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 02 de julio del 2026, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N° 262-2026-UNS-CFI.

**Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador**

**Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca**  
DNI: 18146173  
Cód. ORCID: 0000-0003-4326-1852  
**Presidente**

**Dr. Wilson Daniel Símpalo López**  
DNI: 40186130  
Cód. ORCID: 0000-0002-8397-7145  
**Secretario**

**Dr. Williams Esteward Castillo**  
**Martínez**  
DNI: 40169364  
Cód. ORCID: 0000-0001-6917-1009  
**Integrante**

### **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las diez horas del día siete de agosto del año dos mil veintiséis, se instalaron en el Pabellón Agroindustria, Aula Multimedia de la EPIA – 1er piso; el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 262-2026-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca..... Presidente**
- **Dr. Wilson Daniel Símpalo López ..... Secretario**
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez..... Integrante**

para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **“ELABORACION DE GALLETAS DULCES CON SUSTITUCION PARCIAL DE QUINUA GERMINADA Y CAMOTE MORADO”** elaborado por las Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

**GALA BOCANEGRA LUPE LUCERO  
POLO BALLON ANGELA ROSARIO**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**

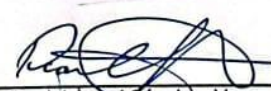
Finalizada la sustentación, las Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. Acto seguido el Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

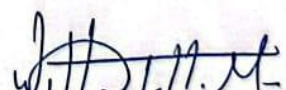
| NOMBRES Y APELLIDOS        | NOTA VIGESIMAL | CONDICIÓN |
|----------------------------|----------------|-----------|
| GALA BOCANEGRA LUPE LUCERO | 19             | EXCELENTE |

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 07 de agosto del 2026

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Wilson Daniel Símpalo López**  
Secretario

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

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**  
Integrante

### **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las diez horas del día siete de agosto del año dos mil veintiséis, se instalaron en el Pabellón Agroindustria, Aula Multimedia de la EPIA – 1er piso; el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 262-2026-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca.....Presidente**
- **Dr. Wilson Daniel Símpalo López ..... Secretario**
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez ..... Integrante**

para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: “**ELABORACION DE GALLETAS DULCES CON SUSTITUCION PARCIAL DE QUINUA GERMINADA Y CAMOTE MORADO**” elaborado por las Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

**GALA BOCANEGRA LUPE LUCERO  
POLO BALLON ANGELA ROSARIO**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**

Finalizada la sustentación, las Tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. Acto seguido 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 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

| NOMBRES Y APELLIDOS        | NOTA VIGESIMAL | CONDICIÓN |
|----------------------------|----------------|-----------|
| POLO BALLON ANGELA ROSARIO | 19             | EXCELENTE |

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 07 de agosto del 2026



**Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca  
Presidente**



**Dr. Wilson Daniel Símpalo López  
Secretario**



**Dr. Williams Esteward Castillo Martínez  
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: Lupe GALA BOCANEGRA  
Título del ejercicio: Revision de Tesis y Proyectos 2026  
Título de la entrega: TESIS  
Nombre del archivo: INFORME\_DE\_TESIS\_2026.doc  
Tamaño del archivo: 7.53M  
Total páginas: 163  
Total de palabras: 31,047  
Total de caracteres: 176,638  
Fecha de entrega: 10-ago-2026 04:16p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2988495730

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

 **UNS**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

---

ELABORACION DE GALLITAS DULCES CON SUSTITUCIÓN  
PARCIAL DE HARINA DE QUINUA GERMINADA Y CAMOTE  
MORADO

---

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autores  
Bach. Gala Bocanegra Lupe Lucero  
Código ORCID: 0000-0002-6419-7922  
Bach. Pato Balboa Angélica Rosario  
Código ORCID: 0000-0002-8096-8917

Ancor  
Dr. Williams Castillo Martínez  
DNI N° 4010364  
Código ORCID: 0000-0001-0915-1009

Nuevo Chimbote – Perú  
2026

## TESIS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**23%**  
ÍNDICE DE SIMILITUD

**22%**  
FUENTES DE INTERNET

**6%**  
PUBLICACIONES

**8%**  
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

|    |                                                                                                   |     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | <a href="https://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | 13% |
| 2  | <a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a><br>Fuente de Internet                         | 2%  |
| 3  | <a href="https://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a><br>Fuente de Internet         | <1% |
| 4  | Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga<br>Trabajo del estudiante          | <1% |
| 5  | <a href="https://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a><br>Fuente de Internet         | <1% |
| 6  | <a href="https://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1% |
| 7  | <a href="https://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a><br>Fuente de Internet         | <1% |
| 8  | <a href="https://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | <1% |
| 9  | <a href="https://repositorio.unaj.edu.pe">repositorio.unaj.edu.pe</a><br>Fuente de Internet       | <1% |
| 10 | <a href="https://revistas.ulcb.edu.pe">revistas.ulcb.edu.pe</a><br>Fuente de Internet             | <1% |
| 11 | <a href="https://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1% |
| 12 | <a href="https://revista.nutricion.org">revista.nutricion.org</a><br>Fuente de Internet           | <1% |
| 13 | <a href="https://apirepositorio.unu.edu.pe">apirepositorio.unu.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1% |
| 14 | <a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet       | <1% |
| 15 | Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru<br>Trabajo del estudiante                   | <1% |

## **DEDICATORIA**

Con profunda gratitud, dedicamos este trabajo a Dios, quien nos brindó la fortaleza y la perseverancia necesarias para enfrentar cada desafío y convertir este sueño en realidad. Su presencia constante nos dio la confianza para creer en nosotros mismos y superar nuestras limitaciones.

A nuestros padres, nuestro mayor tesoro y fuente inagotable de amor. Sus palabras de aliento, abrazos reconfortantes y sacrificios silenciosos fueron el combustible que nos mantuvo en marcha durante los momentos más difíciles. Su apoyo incondicional fue el faro que iluminó nuestro camino y nos impulsó a alcanzar esta meta. Este logro es también un tributo a su amor y dedicación.

A nuestro asesor, por compartir generosamente su invaluable conocimiento y guiarnos con paciencia y dedicación. Su visión experta y su apoyo constante fueron fundamentales para la culminación exitosa de esta tesis. Le agradecemos profundamente su compromiso y su invaluable contribución a nuestro desarrollo académico.

***Lucero y Angela.***

## **AGRADECIMIENTO**

Con gratitud infinita, agradecemos a Dios por habernos permitido llegar con salud a este punto en nuestras vidas y por guiarnos en el cumplimiento de esta meta compartida. Encomendamos en sus manos todos nuestros planes, confiando plenamente en su sabia voluntad.

A nuestros padres, fuente de inspiración y motor principal para alcanzar nuestras metas, les agradecemos profundamente por brindarnos la oportunidad de estudiar y por su apoyo constante en cada paso del camino.

Extendemos nuestra gratitud al Instituto de Investigación Agroindustrial (IITA) de la Universidad Nacional del Santa, que nos abrió sus puertas y nos ofreció un respaldo invaluable para llevar a cabo este proyecto.

Nuestro reconocimiento también a nuestro asesor, quien nos proporcionó una guía profesional y apoyo continuo, siendo clave para el desarrollo de nuestra tesis.

Agradecemos sinceramente al personal técnico y profesional del IITA por su colaboración en las corridas experimentales; así como a los equipos de los laboratorios y a la Planta Piloto Agroindustrial, representada por el Ing. Pedro Ayala, por su tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de las galletas.

Finalmente, a nuestros compañeros de la escuela de agroindustria, quienes han sido parte importante de este viaje. Agradecemos a quienes compartieron con nosotros momentos inolvidables durante los cinco años de la carrera universitaria y a aquellos que colaboraron en el desarrollo experimental de la tesis. Su amistad y apoyo quedarán siempre en nuestros corazones.

***Lucero y Angela***

## INDICE GENERAL

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| DEDICATORIA .....                                 | viii      |
| AGRADECIMIENTO .....                              | ix        |
| ÍNDICE GENERAL .....                              | x         |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                            | xiv       |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                            | xvii      |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                            | xx        |
| RESUMEN .....                                     | xxiii     |
| ABSTRACT.....                                     | xxiv      |
| <b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>                       | <b>25</b> |
| <b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>                    | <b>28</b> |
| 2.1. ANTECEDENTES.....                            | 28        |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL.....                        | 39        |
| 2.2.1. Trigo.....                                 | 39        |
| 2.2.1.1. Generalidades .....                      | 39        |
| 2.2.1.2. Descripción botánica y morfológica ..... | 40        |
| 2.2.1.3. Clasificación taxonómica .....           | 41        |
| 2.2.1.4. Composición nutricional.....             | 42        |
| 2.2.2. Harina de trigo.....                       | 42        |
| 2.2.2.1. Generalidades .....                      | 42        |
| 2.2.2.2. Composición Nutricional.....             | 43        |
| 2.2.2.3. Clasificación .....                      | 43        |
| 2.2.3. Quinua .....                               | 44        |
| 2.2.3.1. Generalidades .....                      | 44        |
| 2.2.3.2 Composición nutricional .....             | 44        |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.4. Harina de quinua germinada .....                                  | 46        |
| 2.2.4.1. Generalidades .....                                             | 46        |
| 2.2.4.2. Composición nutricional.....                                    | 47        |
| 2.2.5. Camote morado .....                                               | 48        |
| 2.2.5.1. Generalidades .....                                             | 48        |
| 2.2.5.2 Descripción botánica y morfológica .....                         | 49        |
| 2.2.5.3 Clasificación taxonómica .....                                   | 50        |
| 2.2.5.4 Composición nutricional .....                                    | 50        |
| 2.2.6. Harina de Camote.....                                             | 50        |
| 2.2.7. Germinación.....                                                  | 50        |
| 2.2.8. Fibra dietética.....                                              | 51        |
| 2.2.9. Polifenoles totales .....                                         | 52        |
| 2.2.10. Capacidad antioxidante .....                                     | 53        |
| 2.2.11. Generalidades de las galletas.....                               | 54        |
| 2.2.11.1. Definición de galletas .....                                   | 54        |
| 2.2.11.2. Preparación de galletas .....                                  | 55        |
| 2.2.12. Diseño de mezclas D-óptimo .....                                 | 55        |
| 2.2.12.1. Diseño de mezclas .....                                        | 55        |
| 2.2.12.2. Diseño de mezclas D- Óptimo .....                              | 56        |
| 2.2.12.3. Aplicación del diseño D-Óptimo en formulación de galletas..... | 56        |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                                    | <b>57</b> |
| 3.1. Lugar de ejecución .....                                            | 57        |
| 3.2. Materiales y equipos.....                                           | 57        |
| 3.2.1. Materia prima .....                                               | 57        |
| 3.2.2. Insumos.....                                                      | 58        |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.3. Equipos .....                                                | 59        |
| 3.2.4. Materiales de laboratorio y otros . ....                     | 61        |
| 3.2.5. Reactivos .....                                              | 61        |
| 3.3. Metodología .....                                              | 61        |
| 3.3.1. Proceso de obtención de galletas .....                       | 63        |
| 3.3.2. Proceso de elaboración de galletas.....                      | 67        |
| 3.3.3. Método de caracterización de las materias primas.....        | 68        |
| 3.4. Diseño Experimental .....                                      | 70        |
| 3.4.1. Variables independientes.....                                | 70        |
| 3.4.2. Variables dependientes.....                                  | 70        |
| 3.4.3. Diseño estadístico .....                                     | 70        |
| 3.4.4. Análisis estadístico .....                                   | 71        |
| 3.4.5. Formulación de las galletas .....                            | 72        |
| 3.4.6. Metodología de evaluación de la calidad de las galletas..... | 73        |
| 3.4.7. Elección de la formula óptima .....                          | 76        |
| 3.4.8. Composición proximal de la formulación óptima .....          | 77        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>                           | <b>78</b> |
| 4.1. Caracterización de materias primas.....                        | 78        |
| 4.1.1. Composición proximal .....                                   | 78        |
| 4.1.1.1. Harina de camote morado.....                               | 78        |
| 4.1.1.2. Harina de trigo .....                                      | 79        |
| 4.1.1.3. Harina de quinua germinada.....                            | 80        |
| 4.1.2. Colorimetría.....                                            | 81        |
| 4.1.3. Polifenoles totales.....                                     | 83        |
| 4.1.4. Actividad antioxidante.....                                  | 84        |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2. Evaluación de calidad de las galletas .....              | 85  |
| 4.2.1. Textura instrumental.....                              | 85  |
| 4.2.2. Polifenoles totales.....                               | 91  |
| 4.2.3. Actividad antioxidante.....                            | 99  |
| 4.2.4. Análisis sensorial.....                                | 107 |
| 4.2.4.1. Evaluación olor sensorial .....                      | 107 |
| 4.2.4.2. Evaluación sabor sensorial .....                     | 114 |
| 4.2.4.3. Evaluación color sensorial .....                     | 121 |
| 4.2.4.4. Evaluación intención de compra .....                 | 127 |
| 4.2.4.5. Evaluación textura sensorial .....                   | 133 |
| 4.3. Optimización para determinar la formulación óptima ..... | 140 |
| 4.4. Caracterización de la formulación óptima. ....           | 141 |
| 4.4.1. Composición proximal .....                             | 141 |
| V. CONCLUSIONES .....                                         | 143 |
| VI. RECOMENDACIONES.....                                      | 144 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA.....                                        | 145 |
| VIII. ANEXO.....                                              | 160 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                         |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Tabla 1 <i>Taxonomía del Trigo</i> .....                                                                                | 41                            |
| Tabla 2 <i>Valor nutricional por cada 100 gr de trigo</i> . ....                                                        | 42                            |
| Tabla 3 <i>Composición química de harina de trigo 100 g</i> .....                                                       | 43                            |
| Tabla 4. <i>Taxonomía de la quinua</i> .....                                                                            | 44                            |
| Tabla 5. <i>Composición química de la quinua</i> .....                                                                  | 45                            |
| Tabla 6. <i>Composición química de los granos de quinua</i> .....                                                       | 46                            |
| Tabla 7. <i>Análisis proximal harina de quinua variedad piartal normal (sin germinar, HNQ) y germinada (HQG)</i> .....  | 48                            |
| Tabla 8. <i>Clasificación taxonómica</i> . ....                                                                         | 50                            |
| Tabla 9. <i>Análisis químico de camote morado por cada 100 g</i> .....                                                  | 50                            |
| Tabla 10. <i>Equipos para la elaboración de harinas</i> . ....                                                          | 59                            |
| Tabla 11. <i>Equipos en la elaboración de la galleta</i> . ....                                                         | 59                            |
| Tabla 12. <i>Equipos para análisis químico proximal de las harinas y galletas</i> . ....                                | 59                            |
| Tabla 13. <i>Equipos para analizar la actividad antioxidante y polifenoles totales de las harinas y galletas</i> . .... | 60                            |
| Tabla 14. <i>Equipos complementarios</i> .....                                                                          | 60                            |
| Tabla 15. <i>Formulaciones experimentales generadas mediante el diseño de mezclas D-óptimos</i> .....                   | 72                            |
| Tabla 16. <i>Formulación control planteada en la elaboración de galletas</i> . ....                                     | 72                            |
| Tabla 17. <i>Composición proximal de la harina de camote morado</i> .....                                               | 78                            |
| Tabla 18. <i>Composición proximal de la harina de trigo</i> .....                                                       | 79                            |
| Tabla 19. <i>Composición proximal de la harina de quinua germinada</i> .....                                            | 80                            |
| Tabla 20. <i>Análisis colorimétrico de las harinas de camote morado, trigo y quinua germinada</i> . ....                | ¡Error! Marcador no definido. |

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 21. <i>Análisis de compuestos bioactivos en harinas.</i> .....                                                                                       | 83  |
| Tabla 22. <i>Análisis de capacidad antioxidante en harinas.</i> .....                                                                                      | 84  |
| Tabla 23. <i>Resultados de dureza de las formulaciones de galletas.</i> .....                                                                              | 86  |
| Tabla 24. <i>Tabla de ANOVA para el modelo Lineal de Mezclas de dureza de las formulaciones de las galletas.</i> .....                                     | 89  |
| Tabla 25. <i>Estadísticos del Modelo de dureza de las formulaciones de las galletas</i> .....                                                              | 90  |
| Tabla 26. <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de la dureza de las formulaciones de las galletas</i> .....                                    | 91  |
| Tabla 27. <i>Resultados de polifenoles totales de las formulaciones de galletas.</i> .....                                                                 | 92  |
| Tabla 28. <i>Tabla de ANOVA para el modelo el Modelo Cúbico Reducido de Mezcla de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas .</i> ..... | 96  |
| Tabla 29. <i>Estadísticos del Modelo de Polifenoles Totales de las formulaciones de las galletas</i> .....                                                 | 97  |
| Tabla 30. <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de Polifenoles Totales de las formulaciones de las galletas</i> .....                          | 98  |
| Tabla 31. <i>Resultados de actividad antioxidante de las formulaciones de galletas.</i> .....                                                              | 100 |
| Tabla 32. <i>Tabla de ANOVA para el modelo cúbico reducido de mezcla de a Actividad Antioxidante de las formulaciones de las galletas</i> .....            | 104 |
| Tabla 33. <i>Estadísticos del Modelo de Actividad Antioxidante de las formulaciones de las galletas.</i> .....                                             | 105 |
| Tabla 34. <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de la Actividad Antioxidante de las formulaciones de las galletas s</i> .....                  | 106 |
| Tabla 35 <i>Puntuaciones de la evaluación sensorial del olor sensorial.</i> .....                                                                          | 108 |
| Tabla 36. <i>Tabla de ANOVA para el modelo cuadráticos de Mezcla de los Olor de las formulaciones de las galletas.</i> .....                               | 111 |

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 37 <i>Estadísticos del Modelo de Olor de las formulaciones de las galletas</i> .....                                                 | 112 |
| Tabla 38 <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de Olor de las formulaciones de las galletas</i> .....                          | 113 |
| Tabla 39 <i>Puntuaciones de la evaluación sensorial del sabor sensorial</i> .....                                                          | 114 |
| Tabla 40. <i>Tabla de ANOVA para el modelo cuadráticos de Mezcla de sabor de las formulaciones de las galletas</i> .....                   | 118 |
| Tabla 41. <i>Estadísticos del Modelo de sabor de las formulaciones de las galletas</i> .....                                               | 119 |
| Tabla 42. <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de sabor de las formulaciones de las galletas</i> .....                        | 120 |
| Tabla 43. <i>Puntuaciones de la evaluación sensorial del color sensorial</i> . ....                                                        | 122 |
| Tabla 44. <i>Tabla de ANOVA para el modelo cuadráticos de Mezcla de los colores sensoriales de las formulaciones de las galletas</i> ..... | 124 |
| Tabla 45. <i>Estadísticos del Modelo de color sensorial de las formulaciones de las galletas</i>                                           | 125 |
| Tabla 46. <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de color sensorial de las formulaciones de las galletas</i> .....              | 126 |
| Tabla 47. <i>Puntuaciones de la evaluación sensorial de intención de compra</i> . ....                                                     | 128 |
| Tabla 48. <i>Tabla de ANOVA para el modelo cuadráticos de Mezcla de la intención de compra de las formulaciones de las galletas</i> .....  | 131 |
| Tabla 49. <i>Estadísticos del Modelo de la intención de compra de las formulaciones de las galletas</i> .....                              | 132 |
| Tabla 50 <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de intención de compra de las formulaciones de las galletas</i> .....           | 132 |
| Tabla 51. <i>Puntuaciones de la evaluación sensorial de la textura sensorial</i> . ....                                                    | 134 |
| Tabla 52. <i>Tabla de ANOVA para el modelo Lineal de Mezclas de la textura de las formulaciones de las galletas</i> .....                  | 137 |

|           |                                                                                                          |     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 53. | <i>Estadísticos del Modelo de textura de las formulaciones de las galletas</i>                           | 139 |
| Tabla 54. | <i>Parámetros del modelos y análisis estadísticos de la textura de las formulaciones de las galletas</i> | 139 |
| Tabla 55. | <i>Formulación optimizada de galletas.</i>                                                               | 141 |
| Tabla 56. | <i>Propiedad funcional y capacidad antioxidante de la galleta óptima</i>                                 | 141 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1.</b> <i>Esquema experimental de la investigación de elaboración de galletas.</i> .....                              | 62  |
| <b>Figura 2.</b> <i>Esquema del proceso de obtención de harina de camote. ....</i>                                              | 63  |
| <b>Figura 3.</b> <i>Esquema del proceso de obtención de harina de quinua germinada.....</i>                                     | 65  |
| <b>Figura 4.</b> <i>Esquema del proceso de elaboración de galletas. ....</i>                                                    | 67  |
| <b>Figura 5.</b> <i>Grafica de superficie respuesta de la Dureza de las formulaciones de las galletas.</i><br>.....             | 87  |
| <b>Figura 6.</b> <i>Grafica de contornos de Dureza de las formulaciones de las galletas.....</i>                                | 88  |
| <b>Figura 7.</b> <i>Grafica de superficie de respuesta de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas. ....</i>    | 94  |
| <b>Figura 8.</b> <i>Grafica de contornos de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.</i><br>.....              | 95  |
| <b>Figura 9.</b> <i>Grafica de superficie de respuesta de Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas. ....</i> | 102 |
| <b>Figura 10.</b> <i>Grafica de contornos de Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.....</i>               | 103 |
| <b>Figura 11.</b> <i>Grafica de superficie de respuesta de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.....</i>         | 109 |
| <b>Figura 12.</b> <i>Grafica de contornos de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.</i>                           | 110 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Grafica de superficie de respuesta de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.....</i>        | 116 |
| <b>Figura 14.</b> <i>Grafica de contornos de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.</i>                          | 117 |
| <b>Figura 15.</b> <i>Grafica de superficie de respuesta de Intención de compra de las formulaciones de las galletas. ....</i>   | 129 |

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 16.</b> <i>Grafica de contornos de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.</i>                |     |
| .....                                                                                                                     | 130 |
| <b>Figura 17.</b> <i>Grafica de superficie de respuesta de la Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.</i> |     |
| .....                                                                                                                     | 135 |
| <b>Figura 18.</b> <i>Grafica de contornos de la Textura sensorial de las formulaciones de las galletas.</i>               |     |
| .....                                                                                                                     | 136 |

## INDICE DE ANEXOS

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo 1.</b> <i>Proceso de obtención de la harina de camote.</i> .....                     | 160 |
| <b>Anexo 2.</b> <i>Camote morado</i> .....                                                    | 160 |
| <b>Anexo 3.</b> <i>Pelado.</i> .....                                                          | 161 |
| <b>Anexo 4.</b> <i>Laminado</i> .....                                                         | 161 |
| <b>Anexo 5.</b> <i>Secado</i> .....                                                           | 161 |
| <b>Anexo 6.</b> <i>Secador de bandejas</i> .....                                              | 161 |
| <b>Anexo 7.</b> <i>Tamizado de la harina de camote</i> .....                                  | 161 |
| <b>Anexo 8.</b> <i>Harina de camote morado</i> .....                                          | 162 |
| <b>Anexo 9.</b> <i>Diagrama de flujo de obtención de la harina de quinua germinada.</i> ..... | 162 |
| <b>Anexo 10.</b> <i>Acondicionamiento de semillas de quinua.</i> .....                        | 163 |
| <b>Anexo 11.</b> <i>Germinación de semillas de quinua</i> .....                               | 163 |
| <b>Anexo 12.</b> <i>Secado de semillas de quinua</i> .....                                    | 163 |
| <b>Anexo 13.</b> <i>Molienda y tamizado de harina de quinua</i> .....                         | 163 |
| <b>Anexo 14.</b> <i>Cremado de manteca y azúcar</i> .....                                     | 164 |
| <b>Anexo 15.</b> <i>Mezclado del cremado de las galletas</i> .....                            | 164 |
| <b>Anexo 16.</b> <i>Laminado y moldeado</i> .....                                             | 164 |
| <b>Anexo 17.</b> <i>Enfriado de galletas</i> .....                                            | 164 |
| <b>Anexo 18.</b> <i>Diagrama de flujo de determinación de contenido de humedad</i> .....      | 165 |
| <b>Anexo 19</b> <i>Deshidratación de muestras en estufa</i> .....                             | 165 |
| <b>Anexo 20.</b> <i>Enfriado de muestras</i> .....                                            | 165 |
| <b>Anexo 21.</b> <i>Diagrama de flujo de determinación de contenido de cenizas.</i> .....     | 166 |
| <b>Anexo 22.</b> <i>Incineración de muestras en horno de mufla</i> .....                      | 166 |
| <b>Anexo 23.</b> <i>Determinación de ceniza</i> .....                                         | 166 |
| <b>Anexo 24.</b> <i>Diagrama de flujo de determinación de grasa.</i> .....                    | 167 |

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo 25.</b> Pesado de depósitos de metal.....                                                                                              | 167 |
| <b>Anexo 26.</b> Extracción de grasas de la muestra .....                                                                                       | 167 |
| <b>Anexo 27.</b> Colocación de muestra de galleta en el Texturómetro .....                                                                      | 168 |
| <b>Anexo 28.</b> <i>Resultado de dureza instrumental</i> .....                                                                                  | 168 |
| <b>Anexo 29.</b> <i>Diagrama de Flujo de obtención del extracto.</i> .....                                                                      | 168 |
| <b>Anexo 30.</b> Adición de reactivo de metanol.....                                                                                            | 169 |
| <b>Anexo 31.</b> Primer baño ultrasónico .....                                                                                                  | 169 |
| <b>Anexo 32.</b> <i>Primera centrifugación</i> .....                                                                                            | 169 |
| <b>Anexo 33.</b> Adición de reactivo de acetona .....                                                                                           | 169 |
| <b>Anexo 34.</b> Segundo baño ultrasónico .....                                                                                                 | 170 |
| <b>Anexo 35.</b> <i>Segunda centrifugación</i> .....                                                                                            | 170 |
| <b>Anexo 36.</b> <i>Diagrama de flujo de determinación de polifenoles.</i> .....                                                                | 170 |
| <b>Anexo 37.</b> Acondicionamiento de las muestras en la microplaca.....                                                                        | 171 |
| <b>Anexo 38.</b> Programación de lector multimodal .....                                                                                        | 171 |
| <b>Anexo 39.</b> <i>Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación Cálculo del BLK 739</i> .....        | 171 |
| <b>Anexo 40.</b> <i>Curva de calibrado para la determinación de polifenoles totales</i> .....                                                   | 172 |
| <b>Anexo 41.</b> <i>Diagrama de flujo de la determinación de polifenoles totales</i> .....                                                      | 172 |
| <b>Anexo 42.</b> Acondicionamiento de las muestras en la microplaca.....                                                                        | 173 |
| <b>Anexo 43.</b> <i>Lectura de la microplaca en el lector multimodal a 515 nm.</i> .....                                                        | 173 |
| <b>Anexo 44.</b> <i>Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación Cálculo del %DPPH Reducido</i> ..... | 173 |
| <b>Anexo 45.</b> <i>Curva de calibrado para la determinación de la capacidad antioxidante</i> .....                                             | 174 |
| <b>Anexo 46.</b> <i>Panelistas de la evaluación sensorial</i> .....                                                                             | 174 |
| <b>Anexo 47.</b> <i>Ficha sensorial</i> .....                                                                                                   | 175 |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo 48.</b> <i>Formulaciones realizadas de las galletas</i> ..... | 176 |
|------------------------------------------------------------------------|-----|

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo formular galletas dulces mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua germinada (*Chenopodium quinoa*) y harina de camote morado (*Ipomoea batatas*), evaluando sus características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales. Se aplicó un diseño de mezclas D-óptimo con 16 corridas experimentales, considerando 60–62 % de harina de trigo, 18–20 % de harina de camote morado y 20–22 % de harina de quinua germinada.

La harina de quinua germinada presentó el mayor contenido de proteína (19,80 %) y actividad antioxidante (9398,59  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$ ), mientras que la harina de camote morado mostró el mayor contenido de polifenoles totales (9,91 mg EAG/100 g) y registró el menor contenido de proteína (3,68 %). La harina de trigo presentó los menores valores de polifenoles y actividad antioxidante. En las galletas, los polifenoles variaron entre 13,0394 y 25,3773 mg EAG/100 g, y la actividad antioxidante entre 1191,19 y 2155,35  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$ . La formulación F14 obtuvo la mayor intención de compra, con  $4,20 \pm 0,67$  puntos.

La optimización determinó como formulación óptima 60,444 % de harina de trigo, 19,365 % de harina de camote morado y 20,192 % de harina de quinua germinada. Esta galleta presentó 8,47 % de proteína, 6,66 % de fibra dietaria, 18,35 % de grasa, 3,06 % de humedad, 2,68 % de cenizas, 60,78 % de carbohidratos y 422,15 kcal/100 g. Asimismo, presentó un contenido de 21,872 mg GAE/100 g de polifenoles totales y una actividad antioxidante de 2228,26  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$ , evidenciando el aporte funcional de las harinas incorporadas. Se concluye que la incorporación parcial de ambas harinas constituye una alternativa tecnológica viable para elaborar galletas con compuestos bioactivos y aceptación sensorial favorable.

**Palabras clave:** diseño de mezclas D-óptimo, polifenoles totales, actividad antioxidante, aceptabilidad sensorial, optimización.

## ABSTRACT

This study aimed to formulate sweet cookies by partially substituting wheat flour with germinated quinoa flour (*Chenopodium quinoa*) and purple sweet potato flour (*Ipomoea batatas*), while evaluating their physicochemical, functional, and sensory characteristics. A D-optimal mixture design with 16 experimental runs was applied, considering ranges of 60–62% wheat flour, 18–20% purple sweet potato flour, and 20–22% germinated quinoa flour.

Germinated quinoa flour exhibited the highest protein content (19.80%) and antioxidant activity (9398.59  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$ ), whereas purple sweet potato flour showed the highest total polyphenol content (9.91 mg GAE/100 g) and the lowest protein content (3.68%). Wheat flour presented the lowest values for polyphenols and antioxidant activity. In the cookies, polyphenol content ranged from 13.0394 to 25.3773 mg GAE/100 g, and antioxidant activity ranged from 1191.19 to 2155.35  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$ . Formulation F14 achieved the highest purchase intention score ( $4.20 \pm 0.67$  points).

Optimization identified the ideal formulation as 60.444% wheat flour, 19.365% purple sweet potato flour, and 20.192% germinated quinoa flour. This cookie contained 8.47% protein, 6.66% dietary fiber, 18.35% fat, 3.06% moisture, 2.68% ash, 60.78% carbohydrates, and 422.15 kcal/100 g. Furthermore, it exhibited a total polyphenol content of 21,872 mg GAE/100 g and an antioxidant activity of 2,228.26  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$ , demonstrating the functional contribution of the incorporated flours. It is concluded that the partial incorporation of both flours represents a viable technological alternative for producing cookies with bioactive compounds and favorable sensory acceptance.

**Keywords:** D-optimal mixture design, total polyphenols, antioxidant activity, sensory acceptability, optimization

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el consumo de alimentos saludables en el país es muy bajo, lo que genera problemas de mala alimentación debido a la escasez de nutrientes en la dieta diaria. Por esta razón, las industrias están innovando en el desarrollo de productos incluyendo materias vegetales, que podrían sustituir parcial o totalmente a los ingredientes tradicionales, como la harina de trigo importada, en la producción. Asimismo, el consumo de alimentos procesados representa una amenaza para la salud, entre ellas está la desnutrición que es un factor de gran relevancia en el País afectando a la población general, según el MINSA, la tasa de desnutrición crónica en el Perú ha disminuido del 23,2% (2010) al 12,2% (2019) en los últimos años. No obstante, este número sigue siendo elevado en comparación con otros países como Brasil, Argentina y Chile, donde la tasa de desnutrición fue del 7%, 8% y 2% en el año 2015 (Cajavilca, 2022). Pese a los esfuerzos del gobierno para abordar este problema, la desnutrición sigue prevaleciendo en zonas rurales y vulnerables de la población debido a la falta de acceso a alimentos nutritivos, la pobreza como también las condiciones de saneamiento deficientes y prácticas alimentarias inadecuadas.

Debido a su elevada demanda en el mercado, las galletas se posicionan como uno de los productos más consumidos a nivel mundial y es considerado un alimento con un notable potencial de crecimiento. Entre sus principales atributos destaca la diversidad de presentaciones que pueden ofrecer, así como la posibilidad de sustituir ingredientes tradicionales por otros con mayor valor nutricional, lo que permite enriquecer el producto final. En los últimos años, se ha enfocado especialmente en la elaboración de galletas funcionales, las cuales buscan mejorar su perfil nutricional incrementando contenidos de fibra, proteínas y compuestos bioactivos, entre otros (Acosta, 2024).

Las galletas, un alimento consumido en todo el mundo, presentan una gran variedad de

sabores, texturas y valores nutricionales. La creciente preferencia por opciones más saludables ha impulsado la innovación en la industria, dando lugar a galletas enriquecidas con fibra, proteínas y compuestos bioactivos. Esta evolución responde a la necesidad de encontrar alternativas que no solo resulten deliciosas, sino que también favorezcan una alimentación equilibrada y el bienestar general (Acosta, 2024).

Por lo tanto, se propone desarrollar una formulación óptima de galleta que incluya una sustitución parcial de harina de quinua germinada y camote morado, con el objetivo de desarrollar un producto con mejores características nutricionales, debido al aporte de proteínas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante provenientes de la harina de quinua germinada y camote morado.

Campos et al. (2022) señalan que la quinua constituye una de las fuentes vegetales de mayor valor nutricional. Su adecuada proporción de proteínas, lípidos y almidón le confiere una calidad biológica semejante a la de alimentos como la leche y el huevo. Asimismo, su contenido proteico puede oscilar entre 13,81 % y 21,90 %, según la variedad, y se caracteriza por aportar aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. A diferencia de otros cereales, cuyos aminoácidos esenciales se concentran principalmente en la cáscara o el exospermo, en la quinua se encuentran distribuidos en el interior del grano, lo que favorece su aprovechamiento por el organismo y eleva su valor nutricional. Ramón (2023) señala que el contenido proteico de la quinua varía entre un 13.81% y un 21.90%, dependiendo de la variedad cultivada. A diferencia de otros cereales como el trigo y el arroz, cuyos aminoácidos esenciales se concentran principalmente en la cáscara o el exospermo, la quinua presenta estos compuestos en su interior, convirtiéndola en una fuente nutricional mayor. Además, este grano no presenta gluten, lo que lo hace idóneo para personas con intolerancia a esta proteína.

Para la investigación se identificó el problema de investigación: ¿Cuál es la proporción

de sustitución de harina de trigo por harina de quinua germinada y camote morado que permita obtener una galleta con alta aceptación sensorial y mejor calidad nutricional?

Sobre lo señalado, la hipótesis formulada para el estudio es que es posible desarrollar una galleta con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de quinua germinada (20-25%) y camote morado (18-30%) con buena aceptabilidad organoléptica, altas características nutricionales y funcionales.

La investigación tiene como objetivo principal: elaborar galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de quinua germinada y camote morado. Además, se han establecido objetivos específicos que incluyen elaborar las harinas (quinua germinada, camote morado) y determinar la composición proximal de las mismas, evaluar el nivel de aceptabilidad mediante pruebas sensoriales utilizando la escala hedónica de las galletas dulces, determinación de características tecnológicas, actividades antioxidantes y polifenoles totales de las formulaciones de las galletas obtenidas a partir del Diseño de mezclas D- optimal.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Acosta y Campos (2024), en la investigación titulada “Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de cáscara de maracuyá y quinua germinada”, evaluó el impacto de diversas combinaciones de estos insumos. Tras analizar sustituciones en rangos de 6% a 8% para la cáscara de maracuyá y de 15% a 22% para la quinua germinada, se determinó que la formulación óptima estaba constituida por un 75% de harina de trigo, 3% de cáscara de maracuyá y 22% de quinua germinada. Este tratamiento no solo destacó por su viabilidad organoléptica, sino que también exhibió propiedades nutricionales y funcionales superiores frente al grupo control.

Arista y Ramírez (2018), en la investigación titulada “Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y chía blanca (*Salvia hispánica* L.) usando glicerol en la elaboración de galletas enriquecidas”, propusieron identificar el porcentaje óptimo para reemplazar la harina de trigo por harina de quinua y chía blanca, así como la cantidad adecuada de glicerol en la preparación de galletas. Para lograrlo, se hicieron 15 formulaciones diferentes, además de un tratamiento control compuesto por 100% harina de trigo. Los resultados experimentales indicaron que la mezcla ideal correspondía a un 15% de harina de quinua, 10% de harina de chía y 287,25 mg de glicerol. El análisis proximal reveló que las galletas contenían 9,94% de proteínas, 22,33% de grasa, 1,98% de fibra, 60% de carbohidratos, 2,12% de cenizas y 3,02% de humedad. Asimismo, se estimó que el producto tendría una vida útil de 88 días bajo condiciones de almacenamiento apropiadas

Avilés (2019), en la investigación denominada “Evaluación nutricional de galletas enriquecidas con harina de quinua negra (*Chenopodium petiolare* Kunth) germinada”,

evaluó el efecto de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de quinua negra germinada en la preparación de galletas dulces. Para ello, empleó niveles de reemplazo del 10 %, 20 % y 30 %. Los hallazgos evidenciaron que el proceso de germinación aumenta el contenido de proteínas en 0,78 %; sin embargo, produjo una reducción de 3,23 % en la humedad, 1,14 % en los lípidos y 0,58 % en la fibra. Si bien el aumento de la proporción de harina de quinua favoreció el valor proteico de las galletas, la formulación con 30 % de sustitución disminuyó la aceptación sensorial, principalmente en los atributos de sabor y aroma. Por ello, el autor determinó que este tipo de harina se presenta como una opción viable que mejore la calidad nutricional del producto, siempre que su incorporación se mantenga por debajo del 30 %, con la finalidad de conservar características sensoriales aceptables para los consumidores.

Cajavilca (2022), en la investigación titulada “Calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de galletas a base de granos andinos”, evaluó las características sensoriales y nutricionales de diferentes formulaciones de galletas elaboradas con ingredientes andinos. Las mezclas propuestas incorporaron diversas proporciones de tarwi, kiwicha, cañihua y quinua, correspondientes a las formulaciones A, B y C. Para determinar el nivel de aceptación, se realizó un estudio sensorial con la evaluación de 30 panelistas mediante una escala hedónica de 3 puntos, considerando atributos como apariencia, color, textura crocante y sabor. Además, se analizó la calidad proteica mediante la determinación del perfil de aminoácidos y el cálculo del índice PDCAAS. La formulación B, compuesta por 50 % de tarwi, 29 % de kiwicha, 13 % de cañihua y 8 % de quinua, fue identificada como la alternativa más favorable debido a su adecuado aporte y calidad proteica, obteniendo un cómputo aminoacídico de 1 y un PDCAAS de 88,53 %. Asimismo, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la aceptación sensorial respecto a las demás formulaciones. En cuanto a su composición proximal, esta formulación presentó 18,3 %

de proteínas, 35,8 % de grasas, 38,3 % de carbohidratos, 5,7 % de humedad y 1,9 % de cenizas, con un aporte energético total de 548 kcal.

Contreras (2015), en la investigación denominada “Desarrollo de una galleta dulce enriquecida con harina de quinua blanca (*Chenopodium quinoa*) utilizando diseño de mezclas”, tuvo como finalidad formular una galleta dulce con mayor valor nutricional mediante la incorporación de harina de quinua blanca, empleando un diseño experimental de mezclas. Se evaluaron diez formulaciones elaboradas con distintas cantidades de harina de trigo, harina de quinua y almidón de maíz. Los resultados evidenciaron que el incremento de harina de quinua favoreció el aumento del contenido de proteínas, grasas y fibra cruda en el producto final. La formulación considerada óptima estuvo conformada por 79 % de harina de trigo, 17 % de harina de quinua y 4 % de almidón de maíz, obteniéndose una galleta con una composición proximal de 3,8 % de humedad, 20,5 % de grasa, 0,74 % de fibra cruda, 8,1 % de proteínas y 64 % de carbohidratos.

Esquivel (2023), en la investigación titulada “Calidad de las galletas formuladas mediante la metodología del diseño de mezclas con sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de soya (*Glycine max*) y harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*)”, evaluó el efecto de sustituir de manera parcial la harina de trigo por harinas alternativas de soya y tarwi en la elaboración de galletas, utilizando un diseño experimental de mezclas D-Optimal, planteando distintas proporciones de los ingredientes y se analizaron las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las formulaciones obtenidas. Mediante el diseño D-Optimal se estableció la combinación más adecuada de los componentes, considerando las restricciones definidas para cada materia prima. La formulación óptima estuvo compuesta por 58,15 % de harina de trigo, 26,40 % de harina de soya y 15,45 % de harina de tarwi, logrando mejorar las

características nutricionales del producto sin comprometer su aceptación por parte de los consumidores. La investigación concluyó que el uso de diseños experimentales de mezclas representa una estrategia eficiente para optimizar formulaciones de productos alimenticios desarrollados con fuentes proteicas alternativas.

Fernández y Julca (2025), en la investigación titulada “Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum spp.*) en la elaboración de galletas integrales enriquecidas con harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y harina de almendra (*Prunus dulcis*)”, evaluaron el efecto de la incorporación de harina de quinua y harina de almendra como sustitutos parciales de la harina de trigo en la elaboración de galletas integrales. La evaluación sensorial se dio por medio de la prueba de Friedman, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en los atributos de aroma, sabor y textura, por otro lado, el color no mostró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Para la evaluación de las características fisicoquímicas y nutricionales se aplicó un diseño completamente al azar, cuyos resultados fueron analizados mediante ANOVA con un nivel de confianza del 95 % y la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5 %. Los tratamientos con mejores características fueron: t4 para humedad (3,18 %) y grasa (29,10 %), t5 para proteína (11,89 %), carbohidratos (55,40 %) y calcio (25,202 mg/100 g), y t9 para cenizas (1,6 %), fibra (0,32 %) y fósforo (244,4 mg/100 g); mientras que el mayor contenido de hierro correspondió al tratamiento t4 (3,0 mg/100 g<). Los autores concluyeron que la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de quinua y almendra permite mejorar el valor nutricional de las galletas integrales, manteniendo niveles adecuados de aceptación sensorial.

Matos (2022), en la investigación titulada “Efecto de la mezcla de trigo (*Triticum aestivum*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y moringa (*Moringa oleifera*) en las

características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas en la producción de galletas fortificadas”, tuvo como finalidad evaluar la influencia de la combinación de harinas de trigo, quinua y moringa en la elaboración de galletas fortificadas. Para ello, aplicó un diseño experimental completamente al azar y la prueba estadística de Tukey con un nivel de significancia del 5%, analizando las características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas de las formulaciones. Los resultados evidenciaron que el incremento de harina de quinua y moringa permitió aumentar el contenido de proteínas de las galletas de 11,98% a 13,17%; sin embargo, afectó negativamente la suavidad del producto. La formulación con mejor respuesta sensorial estuvo compuesta por 50% de harina de trigo, 45% de harina de quinua y 5% de harina de moringa, obteniendo valores de 5,73 para color, 6,13 para sabor y 6,00 para aceptabilidad general.

Moreno y Andahua (2020), en la investigación titulada “Aceptabilidad y valor nutricional de galletas dulces saludables de harina de maíz morado (*Zea mays*), camote morado (*Ipomoea batata*) y algarrobo (*Prosopis pallida*)”, evaluaron mediante la participación de 20 panelistas el efecto de cuatro formulaciones con sustitución parcial de harina de trigo. La formulación seleccionada como óptima estuvo compuesta por 15% de maíz morado, 5% de harina de coronta, 20% de pasta de camote morado y 20% de algarrobo. Esta formulación presentó valores nutricionales de 12-16 g de proteínas, 16-18 g de grasas y 43-50 g de carbohidratos. La muestra denominada GMCA obtuvo la mayor aceptación sensorial, alcanzando 80% en suavidad y 90% en dulzor y sabor, destacando también por su aporte significativo de vitamina A y calcio.

Njapndounke et al. (2023), en la investigación titulada “Mixture design approach for the development of a cowpea and banana cochon flour-based gluten-free biscuit: Chemical, glycemic load, sensory and microbiological characteristics of the optimal biscuit”,

desarrollaron una galleta libre de gluten utilizando mezclas de harina de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) y harina de banano cochon (*Musa sapientum*). Para la optimización de las formulaciones emplearon un diseño experimental de mezclas, con el propósito de analizar la influencia de las proporciones de los ingredientes sobre las propiedades químicas, carga glucémica, atributos sensoriales y calidad microbiológica del producto. Los resultados permitieron establecer una formulación óptima con un adecuado valor proteico, y reducido nivel de grasas y buena aceptación sensorial. Los autores concluyeron que la metodología de diseño de mezclas representa una herramienta eficaz para desarrollar formulaciones de galletas con mejores características nutricionales.

Oyola et al. (2023), en la investigación titulada “Optimización por diseño de mezcla D-óptima de la aceptabilidad general de una galleta enriquecida con harina de tocosh (*Solanum tuberosum* L.) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)”, tuvieron como finalidad establecer la formulación óptima de una galleta enriquecida mediante la aplicación de un diseño experimental de mezclas D-óptimo. Para ello, analizaron distintas proporciones de harina de trigo, harina de tocosh y harina de quinua, evaluando su efecto sobre la aceptabilidad general del producto a través de pruebas sensoriales. El diseño experimental permitió identificar las combinaciones más adecuadas de los componentes y estimar la respuesta sensorial de la formulación final. Los resultados demostraron que la metodología D-óptima permitió optimizar eficazmente la formulación de la galleta, logrando una combinación con mejores niveles de aceptación por parte de los consumidores. Asimismo, los autores señalaron que el uso de diseños estadísticos de mezclas favorece el desarrollo de nuevos productos alimenticios con incorporación de ingredientes funcionales.

Paucar et al. (2022), en la investigación titulada “Mejora de los beneficios nutricionales

y para la salud de las galletas mediante la optimización de formulaciones basadas en granos de pseudocereales germinados”, tuvieron como objetivo mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de las galletas mediante el uso de pseudocereales germinados. Para ello, aplicaron un diseño de mezclas que permitió evaluar la incidencia de la sustitución de la harina de trigo por harinas germinadas de cañihua, kiwicha y quinua sobre diferentes parámetros nutricionales. Los resultados evidenciaron que la harina de kiwicha obtuvo mayor incidencia sobre la reducción del contenido de ácido fítico, mientras que las harinas de cañihua y quinua germinadas favorecieron el incremento de compuestos bioactivos como el ácido gamma-aminobutírico (GABA), los polifenoles solubles totales y la capacidad antioxidante de las galletas. En conclusión, los autores determinaron que las formulaciones óptimas permitieron maximizar la presencia de compuestos beneficiosos y disminuir los niveles de ácido fítico, resaltando el potencial de los granos andinos germinados como ingredientes funcionales en productos de panificación.

Rafael y Tiravanti (2024), en la investigación titulada “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por una mezcla de harinas de pulpa de café y quinua en las características de galletas”, evaluaron el efecto de reemplazar parcialmente la harina de trigo por una combinación de harina de pulpa de café y quinua sobre las características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de las galletas. Para ello, desarrollaron cuatro tratamientos con una sustitución del 30% de harina de trigo mediante mezclas en proporciones de 10:20%, 15:15% y 20:10%. Los análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales fueron realizados empleando metodologías estandarizadas e instrumentos validados. Los resultados evidenciaron que la incorporación de harina de pulpa de café permitió mejorar el contenido nutricional de las galletas, incrementando los niveles de proteína (T2: 13,10%), cenizas (T4: 1,82%), fibra (T4: 6,45%) y polifenoles (T4: 1139,40 mg GAE/100

g) respecto al tratamiento control. Asimismo, las formulaciones obtenidas cumplieron con los requisitos microbiológicos establecidos por DIGESA y presentaron una adecuada aceptación sensorial, alcanzando valores superiores a cinco puntos en la escala hedónica.

Rodríguez (2023), en la investigación titulada “Efecto de la sustitución parcial de la harina de arroz (*Oryza sativa*) por harina de plátano verde variedad Hartón y harina de quinua sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en galletas dulces sin gluten”, evaluó el efecto de sustituir parcialmente la harina de arroz por harina de plátano verde y harina de quinua en la elaboración de galletas sin gluten. Para ello, se emplearon diferentes niveles de sustitución, considerando proporciones de 30% y 50% de harina de plátano verde, así como 20% y 25% de harina de quinua. Se analizaron parámetros como contenido de proteínas, color, firmeza y aceptabilidad general del producto. Los resultados indicaron que la formulación con 30% de harina de plátano verde y 25% de harina de quinua presentó el mayor contenido proteico. La prueba de Friedman evidenció que ambas harinas tuvieron influencia significativa sobre la aceptabilidad de las galletas, mientras que la prueba de Wilcoxon determinó que las formulaciones con 50% de harina de plátano verde y 20% de harina de quinua, y con 30% de harina de plátano verde y 25% de harina de quinua, fueron las más aceptadas por los consumidores, alcanzando puntuaciones de 7,77 y 7,50 en la escala hedónica, respectivamente, correspondientes a la categoría me agrada mucho.

Rodríguez (2021), en la investigación titulada “Elaboración y Caracterización de galleta a base de harinas de quinua, chía y trigo”, desarrolló una galleta artesanal denominada “cuca” mediante la incorporación de harina de chía y quinua como ingredientes enriquecedores. El estudio, de tipo aplicado, analítico y prospectivo, contempló la evaluación de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del

producto a partir de diferentes combinaciones de harinas. Los análisis determinaron una composición de 9,35% de humedad, 1,43% de cenizas, 20,3% de grasa, 4,93% de proteína, 2,0% de fibra dietética, 62,998% de carbohidratos y un aporte energético de 465,1 Kcal. Además, los resultados microbiológicos evidenciaron que la galleta cumplía con los requisitos establecidos, mientras que la evaluación sensorial mostró una adecuada aceptación por parte de los consumidores, quienes resaltaron atributos como sabor dulce, aroma láctico, textura granulosa y facilidad de consumo.

Rodríguez et al. (2024), en la investigación titulada “Evaluación de galletas a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*) empleando diferentes hidrocoloides”, tuvieron como propósito evaluar la elaboración de galletas formuladas con harina de quinua y maíz mediante la incorporación de distintos hidrocoloides. El estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un modelo factorial (A\*B), donde el factor A correspondió a las proporciones de harina de quinua y harina de maíz, mientras que el factor B estuvo relacionado con los diferentes hidrocoloides empleados. Los resultados indicaron que la formulación con mejores características fisicoquímicas estuvo compuesta por 60% de harina de quinua, 40% de harina de maíz y goma xantana. No obstante, en la evaluación sensorial, el tratamiento con 40% de harina de quinua, 60% de harina de maíz y goma xantana presentó las mayores puntuaciones en color, textura, sabor y aceptación general. Respecto a la composición nutricional, la mezcla con 60% de harina de quinua y 40% de harina de maíz presentó incrementos significativos en proteínas (8,12%) y carbohidratos (64,46%), mientras que la formulación con 40% de harina de quinua y 60% de harina de maíz destacó por su mayor preferencia sensorial entre los consumidores.

Saavedra (2020), en la investigación titulada “Determinación proximal y aceptabilidad

general en una galleta dulce sustituyendo la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y grano entero de chía (*Amaranthus caudatus*)”, evaluó la composición proximal y la aceptación general de galletas dulces elaboradas mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cañihua y grano entero de chía. Para ello, se desarrollaron diferentes formulaciones con proporciones de 5%-15%-80%, 10%-20%-70% y 15%-25%-60% de chía, cañihua y trigo, respectivamente. La evaluación de las características proximales y la aceptabilidad del producto se realizó mediante una escala hedónica de 9 puntos. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en el contenido de humedad, proteínas, carbohidratos y grasas, mientras que el contenido de cenizas no presentó variaciones estadísticamente significativas. Asimismo, la evaluación sensorial mostró diferencias significativas en la aceptación general, siendo el tratamiento 1 el que obtuvo mayor preferencia. El tratamiento con mejores características proximales fue el T3, con valores de 7,78% de humedad, 2,2% de cenizas, 9,71% de proteínas y 17,95% de grasa.

Tolentino (2023), en la investigación titulada “Formulación de galletas dulces de yuca y quinua para promover su consumo y diversificación en la industria alimentaria”, desarrolló una investigación enfocada en la elaboración de galletas dulces mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yuca y quinua, con la finalidad de impulsar el aprovechamiento de estos ingredientes en la industria alimentaria. Para ello, aplicó un diseño de mezclas simplex-Lattice con un modelo cúbico, permitiendo obtener y optimizar diferentes formulaciones mediante análisis multivariable. Entre las formulaciones evaluadas, se seleccionó como óptima aquella compuesta por 22,90% de harina de trigo, 15% de harina de yuca y 12,10% de harina de quinua, debido a que presentó características sensoriales y nutricionales favorables.

Villanueva (2019), en la investigación titulada “Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y residuos de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces”, evaluó el efecto de reemplazar parcialmente la harina de trigo por harina de quinua y residuos de pulpa de naranja en polvo en la elaboración de galletas dulces. Para ello, se analizaron diferentes niveles de sustitución, considerando concentraciones de 10%, 15% y 20% de harina de quinua, así como 5%, 10% y 15% de pulpa de naranja en polvo. Se determinaron parámetros fisicoquímicos y sensoriales como contenido de proteína, fibra cruda, color, firmeza, apariencia y aceptación general. Los resultados mostraron que la formulación con 20% de harina de quinua y 15% de pulpa de naranja en polvo presentó los mayores contenidos de proteína y fibra, mientras que la combinación con 15% de quinua y 10% de pulpa de naranja en polvo destacó por presentar mejores características de color y firmeza.

Verma et al. (2025), en la investigación titulada “Optimization of the combination of different flours to minimize the acrylamide and hydroxymethylfurfural and evaluation of physicochemical properties in biscuits by using a D-optimal mixture design”, investigaron la optimización de mezclas de harinas alternativas para la elaboración de galletas mediante la aplicación de un diseño de mezclas D-óptimo. El estudio evaluó diferentes combinaciones de harina de garbanzo, trigo sarraceno y chíá como sustitutos parciales de la harina de trigo, determinando su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, composición nutricional, actividad antioxidante y formación de compuestos derivados del proceso de horneado. Los resultados evidenciaron que el diseño D-óptimo permitió establecer formulaciones adecuadas de harinas, favoreciendo la mejora de las propiedades funcionales del producto y reduciendo la presencia de compuestos indeseables como la acrilamida e hidroximetilfurfural. Los autores destacaron la utilidad del diseño

experimental como herramienta para desarrollar galletas con mejores características nutricionales y funcionales.

Yıldız et al. (2023), en la investigación titulada “D-optimal mixture design approach in the production of cookies enriched with dietary fiber sources such as lentil flour, banana fruit and banana peel powder”, evaluaron la optimización de una formulación de galletas enriquecidas mediante la aplicación de un diseño de mezclas D-óptimo. El estudio tuvo como propósito sustituir parcialmente la harina de trigo mediante la incorporación de fuentes alternativas de fibra dietética, como harina de lenteja, polvo de fruta de banano y polvo de cáscara de banano. A través del diseño experimental se determinaron las proporciones más adecuadas de los componentes de la mezcla, considerando variables como propiedades fisicoquímicas, capacidad de expansión, color, textura y aceptación sensorial. Los resultados demostraron que la metodología D-óptima permitió obtener una formulación con características tecnológicas y nutricionales mejoradas, confirmando su eficacia como herramienta estadística para el desarrollo y optimización de productos de panificación enriquecidos.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. TRIGO**

#### **2.2.1.1. Generalidades**

El trigo es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas y forma parte del género *Triticum*. Su origen se sitúa en la antigua Mesopotamia, con evidencia arqueológica de su cultivo en regiones como Siria, Jordania, Turquía e Irak. Las primeras variedades utilizadas por el ser humano fueron *Triticum monococcum* y *Triticum dicoccum*, caracterizadas por espigas frágiles que se desintegraban al madurar (De la Vega, 2009; citado por Arista y Ramírez, 2018).

El cultivo del trigo marcó un hito en la historia de la agricultura, impulsando el desarrollo de sociedades gracias a su alta productividad y versatilidad como alimento. En la actualidad, es uno de los cereales más importantes a nivel global y forma la base de la alimentación en muchas regiones del mundo. Sin embargo, la dependencia de su importación en algunos países hace necesario equilibrar su consumo con alternativas locales que reduzcan la salida de divisas y fomenten el uso de cultivos nacionales (Ruiz, 2015).

### 2.2.1.2. Descripción botánica y morfológica

#### Morfología

El trigo es una planta compuesta por distintas estructuras, cada una con funciones específicas:

- **Raíz:** El trigo desarrolla un sistema radicular fasciculado que puede alcanzar más de un metro de profundidad. Sin embargo, la mayor parte de sus raíces se concentran en los primeros 25 cm del suelo. Estas raíces se forman después de la emergencia de la planta, ya que las raíces iniciales de la germinación son temporales.
- **Tallo:** Es cilíndrico, hueco y con pocas ramificaciones. Generalmente, presenta seis nudos y su altura varía entre 60 y 120 cm según la especie.
- **Hojas:** Son alargadas, con nervadura paralela y terminadas en punta. Una planta de trigo puede desarrollar entre cuatro y seis hojas.
- **Inflorescencia:** Al finalizar el ahijamiento, la espiga comienza a emerger del tallo durante la fase de encañado. Está compuesta por espiguillas organizadas de manera alterna en ambos lados del raquis.
- **Flores:** Son hermafroditas y están protegidas por brácteas. La fecundación

ocurre antes de que la flor se abra, lo que convierte al trigo en una planta autógama.

- **Grano:** Es un fruto ovoide con una ranura ventral. Su composición está dominada por el endospermo, que almacena almidón y proteínas
- El pericarpio es la capa más externa que recubre la semilla y está compuesto por múltiples capas celulares, las cuales suelen desprenderse parcialmente durante el proceso de limpieza, la misma que se organiza en tres secciones: mesocarpio, epicarpio y endocarpio. Entre sus funciones principales, el pericarpio actúa como una barrera de protección contra agentes bióticos externos, como insectos y microorganismos, además de reducir la pérdida de humedad. También desempeña un papel clave en la conducción y distribución de agua y nutrientes durante la germinación (Argentel et al., 2018, p. 425).

### 2.2.1.3. Clasificación taxonómica

Es parte de la familia de las gramíneas (*Poaceae*), siendo *Triticum durum* y *Triticum compactum* algunas de las variedades más cultivadas (Arellano y Rojas, 2016).

**Tabla 1**  
*Taxonomía del Trigo*

| Taxonomía |               |
|-----------|---------------|
| Reino     | Plantae       |
| División  | Magnoliophyta |
| Clase     | Liliopsida    |
| Orden     | Poales        |
| Familia   | Poaceae       |
| Género    | Triticeae     |
| Especie   | Triticum L.   |

Fuente: Infoagro, (2016); citado por Sandoval (2020).

#### 2.2.1.4. Composición nutricional

Sandoval (2020) señala que el trigo es un cereal rico en carbohidratos, proteínas y fibra, además de contener minerales y vitaminas esenciales, destacando la siguiente composición nutricional:

**Tabla 2**

*Valor nutricional por cada 100 gr de trigo.*

| Nutrientes                | Cantidad |
|---------------------------|----------|
| Agua (g)                  | 12.6     |
| Proteínas (g)             | 11.73    |
| Carbohidratos Totales (g) | 60.97    |
| Extracto etéreo (g)       | 1.7      |
| Fibra (g)                 | 10.30    |
| Ceniza (g)                | 1.5      |
| Calcio (mg)               | 43.7     |
| Fósforo (mg)              | 314      |
| Zinc (mg)                 | 2.98     |
| Tiamina (mg)              | 0.42     |
| Riboflavina (mg)          | 0.17     |
| Niacina (mg)Hierro (mg)   | 3.87     |
|                           | 10.0     |

Fuente: FUNIBER,(2016); Citado por Sandoval (2020)

### 2.2.2 HARINA DE TRIGO

#### 2.2.2.1. Generalidades

La harina de trigo es el producto obtenido a partir de la molienda de granos de trigo, mediante operaciones sucesivas de limpieza, trituración, tamizado y refinación hasta alcanzar una granulometría adecuada. Constituye una materia prima esencial en la elaboración de diversos productos de panificación y repostería. Según Cruz et al. (2024), se define como un producto finamente pulverizado obtenido a partir de trigo limpio, seco y maduro mediante procesos industriales. Para garantizar su calidad, la harina debe presentar características específicas como una textura fina, color uniforme y ausencia de sabores u olores extraños. Además, debe mostrar una

apariciencia homogénea, libre de insectos, impurezas o materiales ajenos que puedan afectar sus propiedades (Rodríguez, 2014).

### 2.2.2.2. Composición Nutricional

**Tabla 3**

*Composición química de harina de trigo 100 g*

| Elementos     | Cantidad | Unidad |
|---------------|----------|--------|
| Proteínas     | 9.30     | g      |
| Calorías      | 353      | kcal   |
| Grasas        | 1.2      | g      |
| Carbohidratos | 80.0     | g      |
| Fibras        | 0.40     | g      |
| Calcio        | 15.0     | mg     |
| Fósforo       | 1.4      | mg     |
| Hierro        | 0.03     | mg     |
| Tiamina       | 0.15     | mg     |
| Niacina       | 0.05     | mg     |

Fuente: INFOODS, 2017; citado por Sandoval, 2020.

### 2.2.2.3. Clasificación

Las harinas de trigo se clasifican principalmente según su contenido de proteínas, lo que determina su uso en panificación o repostería.

Harinas Duras: Las harinas duras contienen un alto contenido de proteínas y se obtienen de trigos como el trigo rojo duro de invierno y el trigo rojo duro de primavera. Son ideales para la elaboración de panes, ya que permiten la formación de gluten resistente. Dentro de las harinas duras se encuentran varias clases que se diferencian por la porción del grano que contienen y su calidad panificadora. La harina integral incluye todas las partes del grano de trigo, salvado, germen y endospermo, conservando así un alto valor nutricional. Por su parte, las harinas completas se obtienen al moler el trigo separando solo parcialmente el salvado y el germen, siendo las más comunes en muchos países. La harina patente, proveniente del centro del endospermo,

se caracteriza por su excelente calidad panificadora, su color blanco y bajo contenido de cenizas. Finalmente, la harina clara es la porción que queda después de separar la patente y posee características intermedias entre las harinas completas y la patente.

Harinas Suaves: Las harinas suaves tienen bajo contenido de proteínas y se elaboran a partir de trigos de baja proteína, como el trigo blando rojo de invierno. Se utilizan principalmente en productos de repostería como bizcochos y galletas, donde no se requiere una estructura de gluten tan fuerte (González y Martínez, 2017, p. 13).

### **2.2.3. QUINUA**

#### **2.2.3.1. Generalidades**

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un pseudocereal andino reconocido por su elevado valor nutricional debido a su contenido equilibrado de proteínas, carbohidratos, fibra, minerales y aminoácidos esenciales. Su capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas y su calidad nutricional han permitido su incorporación en el desarrollo de alimentos funcionales (MIDAGRI, 2023).

#### **2.2.3.5 Composición nutricional**

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) destaca por su elevado valor nutricional debido a su composición equilibrada de macronutrientes y micronutrientes. A diferencia de otros cereales convencionales, presenta un contenido proteico superior y un perfil de aminoácidos más completo, caracterizado por la presencia de aminoácidos esenciales como lisina, leucina, isoleucina y valina, lo que incrementa su calidad nutricional como fuente de proteína vegetal (Rojas et al., 2016).

El contenido de proteína de la quinua puede variar entre 13,81 % y 21,90 % dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo. Además, presenta

carbohidratos principalmente en forma de almidón, fibra dietaria, lípidos insaturados y minerales como calcio, hierro, fósforo y magnesio. Esta composición ha permitido considerar a la quinua como una materia prima con potencial para el desarrollo de alimentos con mejores características nutricionales (Arteaga et al., 2019).

**Tabla 5.**

*Composición química de la quinua*

| <b>Composición</b>        | <b>Cantidad</b> |
|---------------------------|-----------------|
| Energía calorífica (kj)   | 1470            |
| Agua (g)                  | 11.5            |
| Proteína (g)              | 13.6            |
| Grasa total (g)           | 5.8             |
| Carbohidratos totales (g) | 66.6            |
| Fibra dietética (g)       | 5.9             |
| Cenizas (g)               | 2.5             |
| Calcio (mg)               | 56              |
| Fósforo (mg)              | 242             |
| Hierro (mg)               | 7.50            |
| Tiamina (mg)              | 0.48            |
| Riboflavina (mg)          | 0.03            |
| Niacina (mg)              | 1.40            |
| Ácido ascórbico (mg)      | 0.50            |

Fuente: Reyes et al. (2017)

Además, la quinua se distingue por su excelente perfil de aminoácidos, ya que contiene los nueve aminoácidos esenciales en proporciones equilibradas, convirtiéndola en una alternativa proteica ideal para dietas veganas.

**Tabla 6.***Composición química de los granos de quinua*

| Componente             | Cantidad (en 100 g de porción comestible) |
|------------------------|-------------------------------------------|
| Histidina*             | 3.2                                       |
| Isoleucina*            | 4.4                                       |
| Leucina*               | 6.6                                       |
| Lisina*                | 6.1                                       |
| Metionina*+cistina     | 4.8                                       |
| Fenilalanina*+tirosina | 7.3                                       |
| Treonina*              | 3.8                                       |
| Triptófano*            | 1.1                                       |
| Valina*                | 4.5                                       |
| Alanina*               | 4.5                                       |
| Arginina*              | 8.5                                       |
| Ácido aspártico        | 7.8                                       |
| Ácido glutámico        | 13.2                                      |
| Glicina                | 6.1                                       |
| Prolina                | 3.3                                       |
| Serina                 | 4.1                                       |

\*Aminoácidos esenciales para la alimentación humana

Fuente: Vallejos (2016)

## **2.2.4. HARINA DE QUINUA GERMINADA**

### **2.2.4.1. Generalidades**

El uso de harina de quinua en la alimentación permite mejorar significativamente el perfil nutricional de los productos, ya que es una fuente rica en ácidos grasos insaturados, como el ácido linoleico y el ácido linolénico. Además, destaca por su elevado contenido de vitaminas, incluyendo ácido fólico y tocoferoles, así como minerales esenciales como hierro, cobre, manganeso y potasio. También proporciona una cantidad considerable de fibra dietética y polifenoles, entre ellos los flavonoides (Paucarchuco y Vilchez, 2024).

Debido a sus propiedades nutricionales, la harina de quinua se utiliza como una alternativa a la harina de trigo en la producción de diversos alimentos, como pan, galletas, pastas, snacks extrusionados, productos para alimentación infantil, papillas

y otras preparaciones gastronómicas innovadoras (Alía y González, 2003, citado por Tolentino, 2023).

El INACAL (2013) indica que esta debe cumplir con las siguientes especificaciones generales:

- La harina de quinua debe ser segura y apta para que pueda ser consumida, incluyendo únicamente aditivos que sean permitidos por la legislación nacional, el país de origen o el Codex Alimentarius.
- El nivel de residuos de plaguicidas en la harina no debe superar los límites que se establezcan por el Codex Alimentarius y/o las regulaciones de la nación país de origen.
- Debe encontrarse en condiciones óptimas de limpieza y salubridad.

Según el INACAL (2013), los siguientes son los requisitos organolépticos:

- El aspecto es: Exenta de todo material o cuerpo que no pertenezca a su naturaleza.
- Color: Según la variedad, puede ser blanco, cremoso o amarillento.
- Sabor y olor: de la harina de quinua. La harina de quinua no debe tener olores ni sabores extraños.
- Consistencia: Debe presentar un polvo uniforme y homogéneo, sin la formación de grumos, incluso teniendo en cuenta la compactación natural durante el envasado y almacenamiento.

#### **2.2.4.2. Composición nutricional**

Luque et al. (2019) reporta que el proceso de germinación en la quinua genera un incremento en su contenido proteico, pasando de un 12.6 % a un 13.9 %, lo que representa un aumento del 1.3 %. Asimismo, se evidenciaron modificaciones importantes en su perfil de aminoácidos en comparación con la quinua sin germinar.

En particular, la cantidad de lisina aumentó de 113.8 mg a 163.6 mg, mientras que la metionina pasó de 9.2 mg a 12.9 mg, ambos aminoácidos considerados limitantes en la mayoría de los cereales. Por otro lado, Rojas et al. (2010) señalan que la germinación favoreció significativamente la digestibilidad de las proteínas de la quinua en estudios in vitro, aumentando del 79.40 % al 90.35 %.

**Tabla 7.**

*Análisis proximal harina de quinua variedad piartal normal (sin germinar, HNQ) y germinada (HQG).*

| <b>Análisis</b> | <b>HQN<br/>Contenido (g/100 g<br/>muestra seca)</b> | <b>HQG<br/>Contenido<br/>(g/100 g<br/>muestra seca)</b> |
|-----------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Proteínas       | 18.5819                                             | 19.6801                                                 |
| Grasas          | 4.3398                                              | 4.5264                                                  |
| Cenizas         | 1.5892                                              | 1.7835                                                  |
| Fibra cruda     | 2.4694                                              | 2.2878                                                  |
| Carbohidratos   | 79.86                                               | 82.6814                                                 |

Fuente: Tovar et al. (2017).

## 2.2.5. CAMOTE MORADO

### 2.2.5.1. Generalidades

La palabra camote (*Ipomoea batata*) proviene del idioma náhuatl, que era utilizado por los antiguos habitantes de México y Centroamérica. El camote ha sido cultivado y domesticado en el departamento de Ayacucho desde hace alrededor de 8000 años, y su origen se extiende desde México hasta la selva del Perú en el centro de Sudamérica. En Perú, las variedades de camotes son más diversas, con aproximadamente 172 tipos (Yañez, 2012, citado por Moreno, 2020)

En algunas regiones de África, el camote es conocido como *cilera abana*, que significa “protector de los niños”, debido a su papel fundamental en las densamente pobladas llanuras semiáridas del este del continente, donde numerosas aldeas dependen de su cultivo para combatir el hambre.

Este tubérculo, también llamado batata o boniato, posee un centro secundario de diversidad genética, es decir, zonas donde su evolución se dio de manera independiente de sus ancestros americanos. En Papúa Nueva Guinea, existen diversas variedades de camote con características genéticas distintas a las de su lugar de origen (Tovar et al., 2021).

#### **2.2.5.2 Descripción botánica y morfológica**

Guerra y Torres (2025) señalan que el camote morado es una planta herbácea perenne que desarrolla un sistema radicular compuesto por raíces adventicias y tubérculos carnosos, los cuales funcionan como órganos de almacenamiento de nutrientes. Su tallo es herbáceo, generalmente rastrero o ligeramente erecto, con entrenudos desde los cuales emergen las hojas y ramas laterales. Las hojas son grandes, simples y de forma cordada, con venación prominente y pecíolos largos que permiten una adecuada captación de luz para la fotosíntesis. En algunos cultivares, el camote produce inflorescencias en forma de racimos o flores solitarias, con colores que varían desde el blanco hasta tonos rosados o púrpuras, aunque no todas las variedades florecen de manera abundante. El tubérculo, que representa la parte de mayor interés agrícola y alimentario, tiene forma oblonga, fusiforme o redondeada, con piel fina de color morado oscuro y pulpa de intenso tono púrpura debido a la presencia de antocianinas, pigmentos con propiedades antioxidantes. Anatómicamente, el tejido del tubérculo está formado por células parenquimáticas que almacenan carbohidratos, rodeadas por una epidermis delgada. Esta estructura permite conservar las reservas de almidón y mantener la firmeza del tubérculo, otorgándole gran valor nutricional y culinario (Guerra y Torres, 2025).

### 2.2.5.3 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del camote morado permite ubicarlo dentro del reino vegetal y entender su relación con otras especies de la familia Convolvulaceae.

**Tabla 8.**

*Clasificación taxonómica.*

| Taxonomía |                   |
|-----------|-------------------|
| Reino     | Plantae           |
| División  | Magnoliophyta     |
| Clase     | Magnoliopsida     |
| Orden     | Solanales         |
| Familia   | Convolvulaceae    |
| Género    | Ipomoea           |
| Especie   | Ipomoea batatas L |

Fuente: Lopez (2023)

### 2.2.5.4 Composición nutricional

**Tabla 9**

*Análisis químico de camote morado por cada 100 g.*

| Componentes   | Contenido |
|---------------|-----------|
| Energía       | 110 cal   |
| Agua          | 71.60 g   |
| Proteínas     | 1.40 g    |
| Ex. Etéreo    | 0.30 g    |
| Carbohidratos | 25.70 g   |
| Fibra         | 0.90 g    |
| Cenizas       | 1.00 g    |
| Calcio        | 36.00 mg  |
| Fósforo       | 40.00 mg  |
| Hierro        | 1.40 mg   |
| Caroteno      | 0.10 mg   |
| Tiamina       | 0.10 mg   |
| Riboflavina   | 0.10 mg   |
| Niacina       | 0.80 mg   |
| Ac. Ascórbico | 13.60 mg  |

Fuente: Toskana, A. (1978), citado por Tinco, (2023).

### 2.2.6. HARINA DE CAMOTE

La harina de camote destaca por su elevado contenido de vitaminas y nutrientes esenciales, lo que la convierte en un alimento adecuado para el consumo desde edades

tempranas. Una de sus características más relevantes es la ausencia de gluten, propiedad que la hace especialmente apta para personas diagnosticadas con Enfermedad Celíaca (EC), quienes deben evitar el consumo de productos que contengan esta proteína. (Ruiz, 2013; citado por Ayol, 2022).

#### **2.2.7. GERMINACIÓN**

Durante la germinación, se producen transformaciones tanto morfológicas como fisiológicas. Entre las primeras, destaca el crecimiento de la radícula, mientras que, en el plano fisiológico, se activa la degradación de proteínas, así como la síntesis y liberación de enzimas. Estos procesos mejoran la biodisponibilidad y aprovechamiento de macronutrientes por el organismo y, además, incrementan los niveles de compuestos bioactivos y antioxidantes en el grano (Rosabal et al., 2014). Esta fase germinativa se inicia cuando la semilla se encuentra en un entorno con condiciones óptimas de humedad, oxígeno y temperatura. La disponibilidad de agua es esencial, ya que permite activar y mantener las funciones metabólicas necesarias para el desarrollo del embrión (Mujica et al., 2005).

En el transcurso de esta etapa, la radícula es la primera estructura visible, creciendo hacia abajo y dando origen al sistema radicular. Al mismo tiempo, el eje embrionario emerge y se dirige hacia la superficie, liberando las primeras hojas, que al tornarse verdes inician el proceso de fotosíntesis, señalando el comienzo de la autotrofía de la plántula (Gómez y Aguilar, 2016).

#### **2.2.8. FIBRA DIETÉTICA**

La fibra dietética se refiere a la fracción de los vegetales que no puede ser degradada por las enzimas digestivas humanas. Esta incluye compuestos como la celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas, mucílagos, gomas y lignina, así como otros polisacáridos no celulósicos (Dhingra et al., 2011). El consumo regular de alimentos

con alto contenido de fibra —como cereales integrales, frutas, verduras y frutos secos— se ha relacionado con efectos positivos para la salud, especialmente con una menor prevalencia de diversas enfermedades crónicas (Xu y Marques, 2022). En la industria alimentaria, la fibra dietética se incorpora en productos funcionales como panes, bebidas, refrescos y alimentos cárnicos, debido a sus propiedades tecnológicas y nutricionales. Cabe destacar que distintos procesos de transformación, como la extrusión, cocción, enlatado, molienda, hervido o fritura, modifican sus características fisicoquímicas, potenciando así su funcionalidad dentro de los alimentos procesados (Khan et al., 2022).

#### **2.2.9. POLIFENOLES TOTALES.**

Los polifenoles son compuestos bioactivos presentes de forma abundante en alimentos de origen vegetal, reconocidos por su actividad antioxidante y su impacto positivo en la salud humana. Estos metabolitos secundarios cumplen una función esencial en la defensa frente al estrés oxidativo, ya que actúan neutralizando radicales libres y previniendo el daño celular. La evaluación de su presencia en los alimentos permite estimar su funcionalidad, especialmente en productos enriquecidos o formulados con ingredientes naturalmente ricos en estos compuestos, como los cereales andinos, el maíz morado o diversas harinas alternativas. La concentración de polifenoles totales se considera un parámetro relevante para determinar el potencial antioxidante de un alimento y su posible contribución en la prevención de enfermedades y el mantenimiento de la salud (Mendoza et al., 2020). Además de su actividad antioxidante, los polifenoles poseen efectos antiinflamatorios y antimicrobianos, jugando un papel fundamental en la protección celular frente al daño oxidativo y los procesos inflamatorios (Hussain et al., 2016).

Cabe señalar que el contenido de polifenoles en los alimentos está condicionado por diversos factores ambientales, como la composición del suelo, la intensidad de la luz solar, las precipitaciones, las prácticas agrícolas y el rendimiento de los cultivos. En particular, la cantidad de flavonoides en una planta aumenta con la exposición a la luz, mientras que el grado de maduración puede alterar la concentración de ciertos ácidos fenólicos (Cohen et al., 2010). Por otro lado, la biodisponibilidad de estos compuestos en el organismo humano depende de múltiples procesos, como la digestión, la absorción intestinal y el metabolismo hepático, lo que complejiza la relación entre la cantidad consumida y su efecto fisiológico real (Hussain et al., 2016).

#### **2.2.10. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

La capacidad antioxidante en los alimentos representa un atributo relevante que describe la acción de ciertos compuestos bioactivos capaces de neutralizar radicales libres y mitigar el impacto del estrés oxidativo en las células. Sustancias como los polifenoles, vitaminas y minerales cumplen una función clave en la protección celular, ayudando a prevenir el envejecimiento prematuro y la aparición de enfermedades crónicas, incluyendo afecciones cardiovasculares y trastornos neurodegenerativos. Evaluar esta capacidad antioxidante resulta esencial para determinar el potencial de los alimentos y en la prevención de patologías (Benítez et al., 2020).

En el desarrollo de productos funcionales como las galletas elaboradas a partir de cereales andinos o harinas no convencionales, la capacidad antioxidante constituye un elemento clave, no solo por su aporte nutricional, sino también por su influencia en la aceptación del producto en el mercado. La tendencia actual de los consumidores se orienta hacia alimentos que, además de nutrir, ofrezcan beneficios adicionales para la salud. En este contexto, los productos con alto contenido antioxidante adquieren un mayor valor percibido. La inclusión de ingredientes como la quinua o el maíz morado,

reconocidos por su riqueza en compuestos antioxidantes, no solo fortalece el perfil funcional del alimento, sino que también mejora atributos sensoriales, lo que incrementa su atractivo y aceptación por parte del consumidor (Condori et al., 2020).

#### **2.2.11. GENERALIDADES DE LAS GALLETAS**

Las galletas son un alimento energético que, debido a su bajo costo, se han convertido en un producto esencial e irremplazable en la alimentación humana. Presentan ventajas únicas, como su buen sabor, fácil digestión y amplia variedad. Se elaboran a partir de una mezcla de harina, grasa y agua, a la que se pueden añadir azúcar, aromas, huevos y especias. Posteriormente, la masa es amasada y sometida a un tratamiento térmico. (Vicente, 2016, citado por Rodríguez, 2023).

El desarrollo de nuevas tendencias en la industria alimentaria es fundamental, ya que la variedad de productos es el principal atractivo del sector galletero. La elaboración de galletas es un procedimiento tecnológico relativamente simple que consiste en combinar los ingredientes en las cantidades apropiadas, hornearla y obtener el producto final en poco tiempo. (García, 2016, citado por Rodríguez, 2023).

##### **2.2.11.1. Definición de galletas**

Según INACAL (2016), las galletas son productos obtenidos mediante el horneado de una masa, que puede ser sólida o semisólida, preparada a partir del amasado de harinas de trigo u otros cereales, junto con ingredientes seguros para el consumo humano.

##### **2.2.11.2. Preparación de galletas**

Las galletas son productos de panificación elaborados a partir de una mezcla base compuesta principalmente por harina, grasas y agua, a la que pueden incorporarse diversos ingredientes adicionales como azúcares, huevos, leche, almidones, agentes leudantes (como polvo de hornear o levadura), sal y aditivos autorizados, dependiendo del tipo de galleta que se quiera producir (Ñacata, 2022).

Una vez preparada la masa, esta pasa por un proceso de amasado y posterior horneado, dando como resultado productos de distintas formas y características organolépticas atractivas, como textura crujiente, buen sabor, aroma agradable y facilidad al masticar. Estas propiedades han favorecido su alta aceptación por parte del consumidor. Uno de los atributos distintivos de las galletas es su bajo contenido de humedad, que se sitúa alrededor del 6%, lo que contribuye a su estabilidad y vida útil (Rodríguez et al., 2023). En el caso de las galletas, su formulación puede incluir harinas de origen andino, grasas vegetales, tubérculos, azúcares, legumbres, derivados lácteos, agentes de levado, sulfato ferroso y otras fuentes proteicas de origen animal, con el fin de mejorar tanto el valor nutricional como sus propiedades funcionales (Arcaya et al., 2020).

## **2.2.12. DISEÑO DE MEZCLAS D-ÓPTIMO**

### **2.2.12.1. Diseño de mezclas**

El diseño de mezclas es una metodología estadística utilizada para desarrollar y optimizar productos formulados a partir de diferentes componentes, donde las variables independientes representan las proporciones de los ingredientes que conforman una mezcla determinada. A diferencia de otros diseños experimentales, en los diseños de mezclas la suma total de los componentes permanece constante, por lo que la modificación en la cantidad de un ingrediente genera cambios en las proporciones de los demás componentes de la formulación (Esquivel, 2023).

En la industria alimentaria, esta metodología es ampliamente utilizada para el desarrollo y optimización de nuevos productos, debido a que permite analizar el efecto individual y combinado de los ingredientes sobre las características finales del alimento. En productos de panificación como las galletas, los diseños de mezclas permiten determinar la proporción adecuada entre harina de trigo e ingredientes

alternativos, evaluando su influencia sobre propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y sensoriales del producto final (Esquivel, 2023).

#### **2.2.12.2. Diseño de mezclas D-Óptimo**

El diseño de mezclas D-Óptimo constituye una herramienta estadística orientada a la optimización de formulaciones alimentarias donde participan diversos componentes en proporciones determinadas. Su aplicación permite trabajar dentro de una región experimental definida por restricciones establecidas para cada ingrediente, evitando evaluar combinaciones que se encuentren fuera de los límites tecnológicos o nutricionales requeridos para el producto. De esta manera, el diseño selecciona las formulaciones experimentales que proporcionan mayor información para construir modelos predictivos con menor número de ensayos (Oyola et al., 2023).

En el desarrollo de productos alimentarios, esta metodología resulta especialmente útil cuando existen múltiples ingredientes que pueden interactuar entre sí y modificar las características finales del alimento. Oyola et al. (2023) señalan que el diseño D-Óptimo permite trabajar con regiones experimentales irregulares generadas por restricciones en los niveles superiores e inferiores de los componentes de la mezcla, siendo aplicado para optimizar formulaciones de galletas enriquecidas mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harinas alternativas.

#### **2.2.12.3. Aplicación del diseño D-Óptimo en formulación de galletas**

El diseño D-Óptimo ha sido aplicado en la industria alimentaria para optimizar formulaciones de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por ingredientes funcionales o harinas alternativas. Esta metodología permite evaluar diferentes combinaciones de ingredientes y determinar aquella que presenta mejores características de calidad, reduciendo el número de pruebas experimentales requeridas (Esquivel, 2023).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) y del Instituto de Investigación Tecnológica de Agroindustria (IITA), además de las áreas pertenecientes a la Planta Piloto Agroindustrial (PPA) de la Universidad Nacional del Santa.

**- Instituto de Investigación Tecnológica de Agroindustria (IITA)**

- Laboratorio de Operaciones Unitarias
- Laboratorio de Alimentos Funcionales
- Laboratorio de Control de Calidad

**- Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA)**

- Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales

**- Planta Piloto Agroindustrial (PPA)**

- Área de Panificación
- Área de Evaluación Sensorial

#### **3.2. Materiales y equipos**

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

Para la elaboración de galletas de alta calidad se utilizaron los siguientes ingredientes principalmente:

- **Harina de Trigo**

Se emplearon 10 kg de harina destinada a panificación, perteneciente a la marca Espiga de Oro, correspondiente al lote N.º 0013515, la cual fue adquirida en el mercado “La Perla” de la ciudad de Chimbote.

- **Harina de Quinoa Germinada**

Las semillas de quinoa se utilizan para germinar y hacer harina fue traída del Departamento de la Libertad, provincia de pacasmayo, distrito de san Jose. El proceso de elaboración de la harina se llevó a cabo de acuerdo con los estándares de control

- **Harina de Camote morado**

La harina se elaboró con tubérculos de camote conocidos como “La Perla” (Chimbote), pero su origen es de Valle Santa. Se siguieron los procedimientos de control descritos por López & Arévalo (2017).

### **3.2.2. Insumos**

Para la elaboración de las galletas se utilizaron los siguientes ingredientes:

- Manteca Vegetal
- Aceite de Girasol
- Esencia de vainilla
- Azúcar blanca
- Glucosa
- Agua
- Amonio
- Sal de mesa
- Bicarbonato de sodio
- Canela en polvo

### 3.2.3. Equipos

#### 3.2.3.1 Obtención de harinas

Secadora de bandeja, molienda y tamizado.

**Tabla 10.**

*Equipos para la elaboración de harinas.*

| Equipo              | Marca    | Modelo       | País  |
|---------------------|----------|--------------|-------|
| Germinador          | MAQUILAK | BJPX-HT400II | China |
| Secador de Bandejas | TORRH    | SBT-10X10    | Perú  |
| Molienda y Tamizado | TORRH    | MDMT60XL     | Perú  |

#### 3.2.3.2 Elaboración de galletas

**Tabla 11.**

*Equipos en la elaboración de la galleta.*

| Equipo                       | Marca             | Modelo     | País  |
|------------------------------|-------------------|------------|-------|
| Horno rotativo de convección | NOVA              | MAX 1000   | Perú  |
| Batidora planetaria          | Artisan – Kitchen | FPSTHS3610 | Perú  |
| Balanza gramera              | PRECISA           | XB4200C    | Suiza |
| Selladora                    | TEW               | 207-MCSX   | China |

#### 3.2.3.3 Análisis químico proximal de las harinas y galletas

**Tabla 12.**

*Equipos para análisis químico proximal de las harinas y galletas.*

|                         | MARCA    | MODELO     | SERIE    | PAÍS   |
|-------------------------|----------|------------|----------|--------|
| Balanza Gramera         | PRECISA  | XB4200C    | -        | Suiza  |
| Cocina eléctrica        | KESSEN   | HPY6870-26 | 46804273 | China  |
| Determinador de humedad | PRECISA  | XM-50      | -        | Suiza  |
| Equipo de AW            | ROTRONIC | HydroLab2  | -        | Perú   |
| Estufa                  | POL-EKO  | SW-17TC    | SW-1990  | EE.UU. |

|                         |                     |                |                        |          |
|-------------------------|---------------------|----------------|------------------------|----------|
|                         | APARATUR<br>A       |                |                        |          |
| <b>Mufla</b>            | THERMOLY<br>NE      | 347034984      | -                      | Alemania |
| <b>pH metro digital</b> | TERMOCIE<br>NTI FIC | Orion Star A21 | ORION<br>8302BNUN<br>D | EE.UU.   |

### 3.2.3.4. Análisis de actividad antioxidante y polifenoles totales de las harinas y galletas

**Tabla 13.**

*Equipos para analizar la actividad antioxidante y polifenoles totales de las harinas y galletas.*

|                                 | MARCA       | MODELO       | SERIE   | PAÍS   |
|---------------------------------|-------------|--------------|---------|--------|
| <b>Colorímetro</b>              | CHN SPEC    | CS-520       | -       | China  |
| <b>Texturómetro</b>             | BROOKFIELD  | CT34500      | 8555940 | EE.UU. |
| <b>Centrífuga</b>               | ORTO ALRESA | DIGICEN 21 R | -       | España |
| <b>Lavadora<br/>Ultrasonido</b> | BRANSON     | 5800         | CPXH-E  | EE.UU. |
| <b>Lector<br/>Multimodal</b>    | BIOTEK      | SYNER-GY H1  | -       | EE.UU. |
| <b>Agitador<br/>Vortex</b>      | IKA         | MS 3 CONTRO  | -       | BRASIL |

### 3.2.3.5. Equipos complementarios

**Tabla 14**

*Equipos complementarios.*

|                              | MARCA                           | MODELO        | SERIE      | PAÍS     |
|------------------------------|---------------------------------|---------------|------------|----------|
| <b>Pulverizador</b>          | FRITSCH                         | PULVERISETTE2 | -          | ALEMANIA |
| <b>Balanza<br/>analítica</b> | PRECISA<br>GRAVIME<br>TRICS A G | LX320A        | 312LX      | SUIZA.   |
| <b>Refrigeradora</b>         | BOSCH                           | KSV44         | 0200148448 | SUIZA.   |

|                           |                        |   |        |         |
|---------------------------|------------------------|---|--------|---------|
| <b>Selladora al vacío</b> | TEFAL<br>EMBALLE<br>US | - | VT2540 | EE. UU. |
|---------------------------|------------------------|---|--------|---------|

---

### 3.2.4. Materiales de laboratorio y otros .

- Fiolas de 10 ml, 50 ml y 100 ml
- Vasos precipitados de 250,599 y 1000 ml.
- Placas petri
- Unidades de Microplacas para lector multimodal
- Bandejas de metal
- Bandejas de plástico
- Tazones de acero inoxidable
- Cuchillo de acero inoxidable

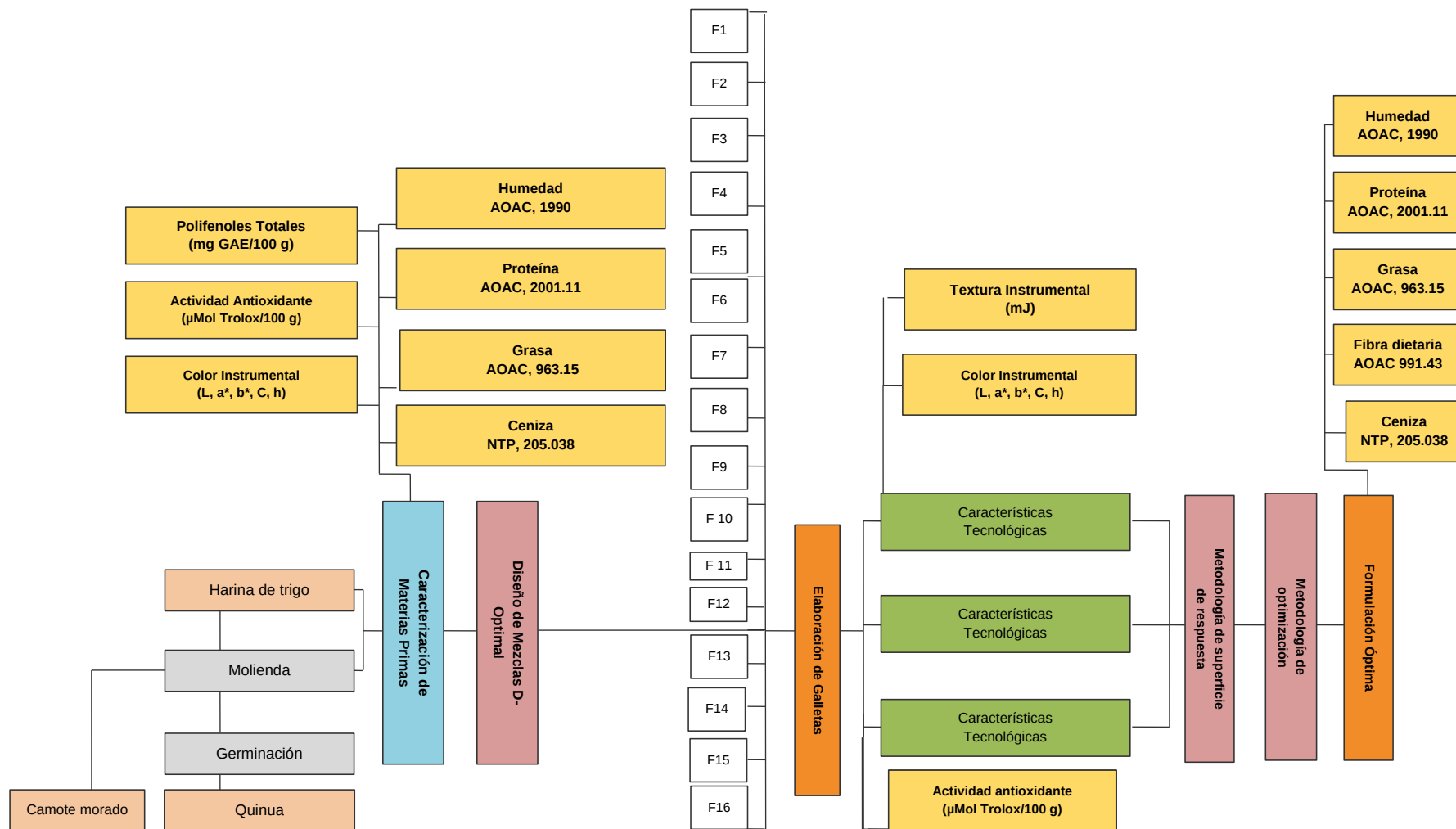
### 3.2.5. Reactivos

- 1 unid. Ácido Gálico para análisis x 100 g. Marca Sigma-Aldrich
- 1 unid. Folin & Ciocalteus phenol reagent para análisis x 500 ml. Marca Supelco
- 1 unid. DPPH para análisis x 1 gr. Marca Sigma-Aldrich
- 1 unid. Trolox para análisis x 1 gr. Marca Merck
- 1 unid. Carbonato sódico para análisis x 500 g. Marca Chemilab
- 1 unid. Acetona q.p. para cromatográfico x 1000 ml. Marca Duksan
- 1 unid. Metanol q.p. para cromatografía x 1000 ml. Marca Duksan
- 1 unid. Hidróxido de Sodio x 1000 g.

## 3.3. Metodología

**Figura 1**

*Esquema experimental de la investigación de elaboración de galletas.*

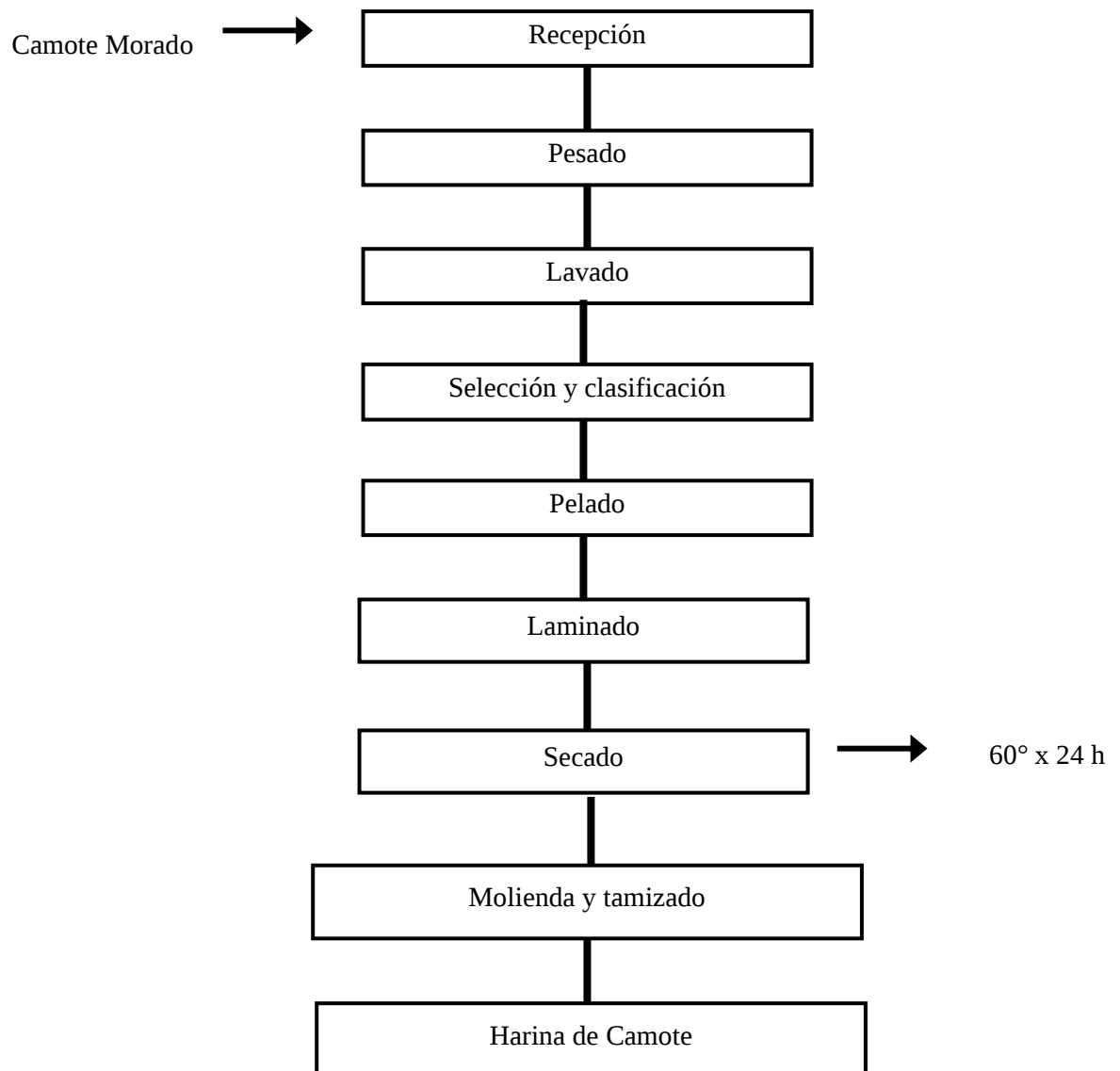


### 3.3.1. Proceso de obtención de harinas

#### 3.3.1.1. Harina de camote

**Figura 2.**

*Esquema del proceso de obtención de harina de camote.*



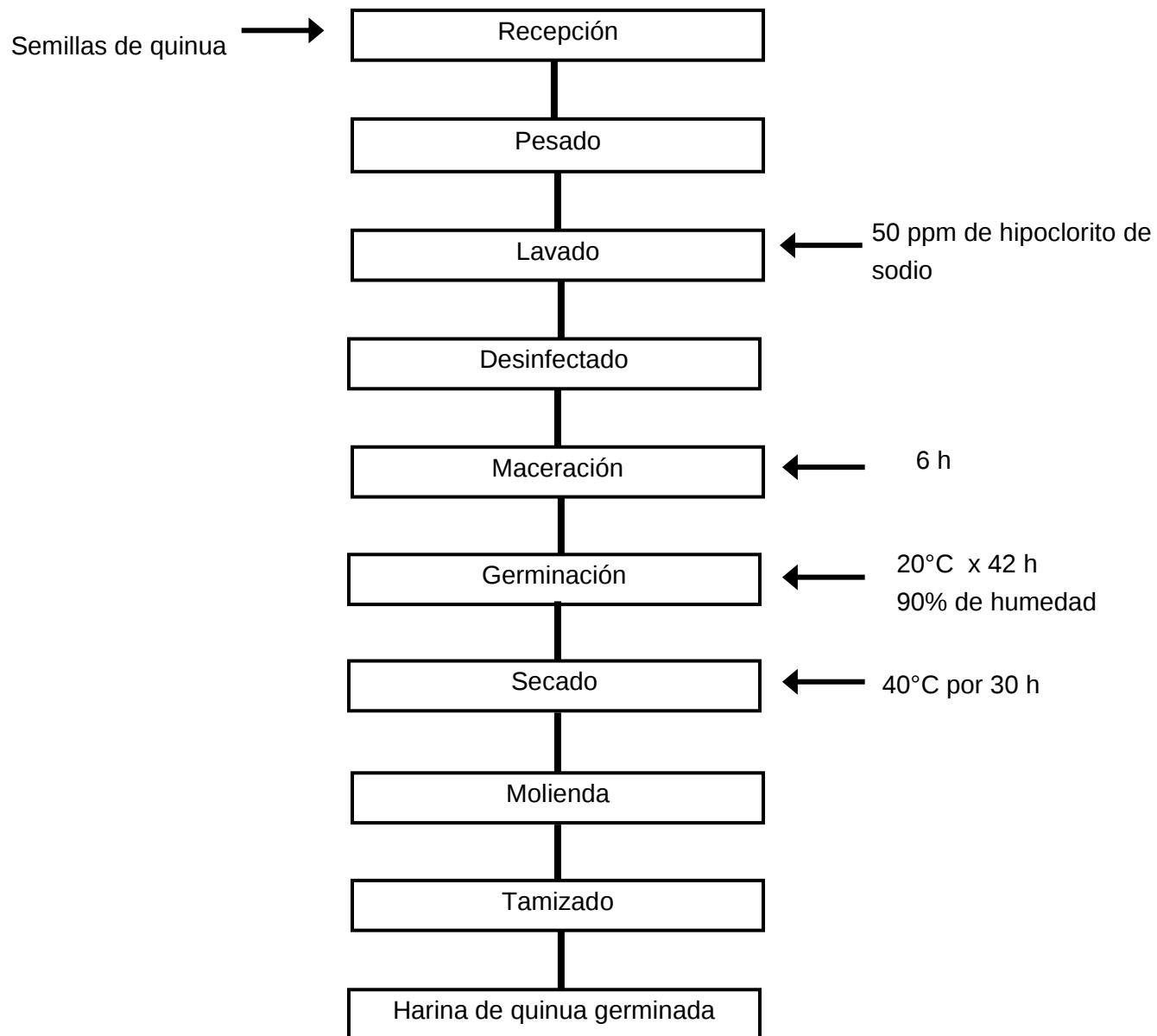
### **Descripción del proceso de obtención de Harina de camote morado**

- Recepción:** En esta etapa se recibe la materia prima (camote morado), para llevar el proceso es importante inspeccionar por si presenta algún daño físico, peso inicial 10 kg, el camote fue adquirido en el mercado La Perla pero es traído de valle santa.
- Lavado y clasificación:** Es crucial lavar las materias primas para evitar que las impurezas deterioren la calidad del producto final. Además, se elimina cualquier camote defectuoso a través de la clasificación, para lo que se utiliza agua fría.
- Pelado:** Para evitar alteraciones en los resultados de rendimiento, se usa un pelador para eliminar la cáscara, teniendo cuidado de no perder más producto.
- Laminado:** Se cortaron los camotes sin cáscara en pequeñas láminas no mayores de 0.5 cm aproximadamente.
- Secado:** se realizó en la máquina llamada secador de bandejas a una temperatura de 60 °C por un periodo de tiempo de 24 horas.
- Molienda y tamizado:** Una vez seca, la muestra se deja enfriar antes de moler y tamizar para retener las partículas más pequeñas.
- Empacado y almacenado:** La harina se empaca y almacena hasta que se hacen las galletas.

### 3.3.1.2. Harina de quinua germinada

**Figura 3.**

*Esquema del proceso de obtención de harina de quinua germinada.*



#### **Descripción del proceso de la obtención de harina de quinua germinada**

**Recepción de la semilla:** Se recibieron 5 kg de semilla de quinua provenientes del Departamento de La Libertad, provincia de Pacasmayo, distrito de San José.

**Lavado de semilla:** La semilla se lavó con agua fría para eliminar las saponinas. El primer enjuague eliminó restos de perigonio adheridos a la semilla. Se realizaron lavados sucesivos hasta que el agua no generó espuma.

**Macerado:** Tras el lavado, las semillas se dejaron en reposo durante 6 horas para el macerado.

**Germinado:** Una vez completado el macerado, se prepararon bandejas y rejillas para el germinado, que se realizó a 20 °C durante 42 horas con 90 % de humedad.

**Secado del germinado:** El germinado se extendió en bandejas con un espesor máximo de 2 cm para optimizar el secado, a 40 °C durante 30 horas.

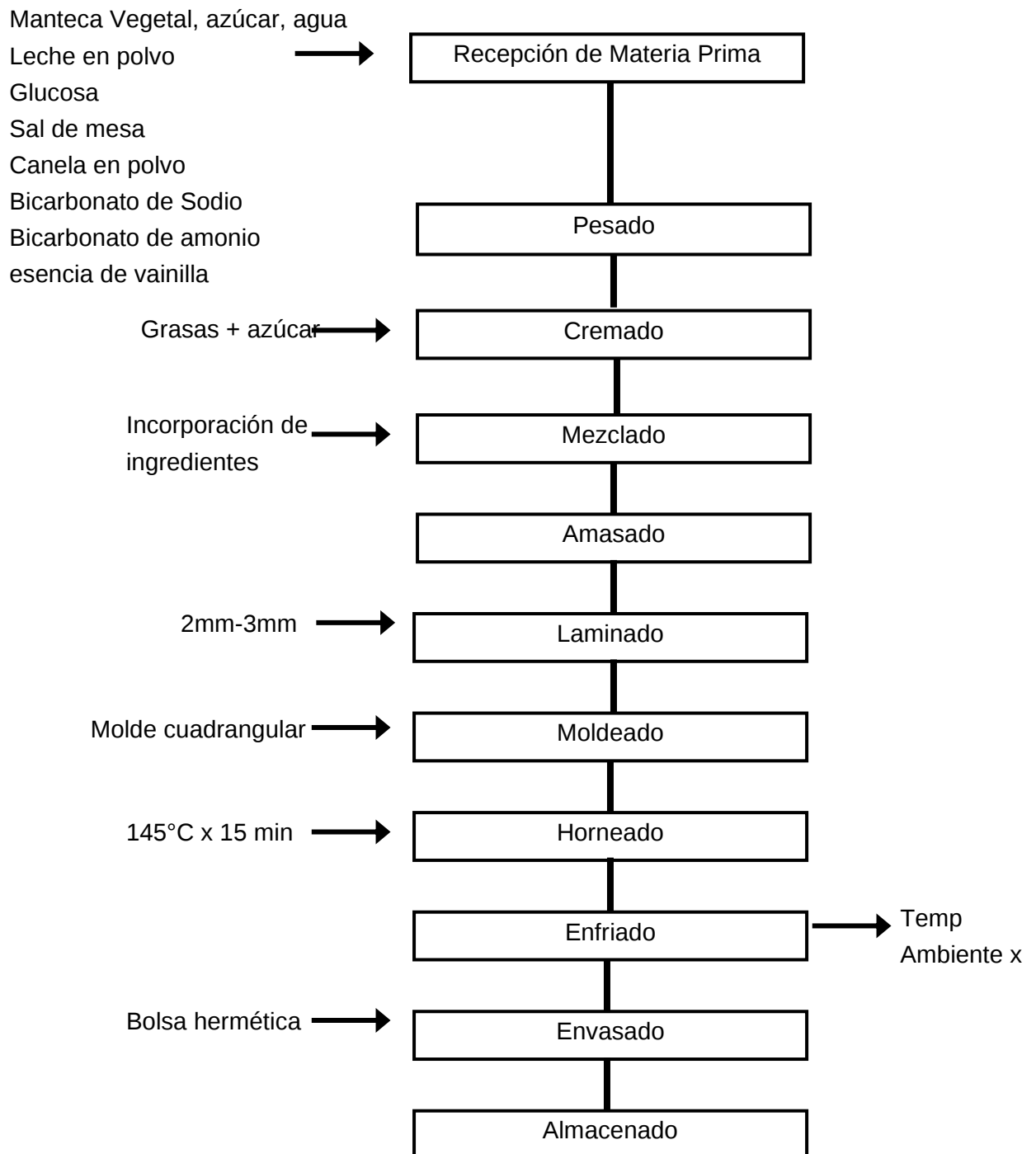
**Molienda y tamizado:** Después del secado, la muestra se dejó enfriar a temperatura ambiente y luego se molió y tamizó, reteniendo las partículas más grandes.

**Empacado y almacenado:** Finalmente, la harina obtenida se empacó y almacenó hasta su uso en la elaboración de las galletas.

### 3.3.2. Proceso de elaboración de galletas

**Figura 4**

*Esquema del proceso de elaboración de galletas.*



## **Descripción del proceso de elaboración de galletas**

**Recepción de materia prima:** Se inició el proceso con la recepción de las harinas y los demás ingredientes.

**Pesado:** Se pesaron las materias primas para asegurar las cantidades correctas en las etapas siguientes.

**Mezclado y amasado:** Los ingredientes se integraron homogéneamente mediante mezcla manual o utilizando un amasador mecánico, formando la masa de cada formulación.

**Laminado y moldeado:** La masa se extendió con un rodillo hasta alcanzar el grosor deseado, y luego se cortó en formas de galleta utilizando moldes específicos.

**Horneado:** Las galletas fueron dispuestas en bandejas de horneado y sometidas a un proceso térmico a una temperatura de 145 °C durante un tiempo de 15 minutos.

**Enfriado:** Tras el horneado, las galletas se dejaron reposar hasta alcanzar una temperatura de 23 °C.

**Envasado:** Se empacaron en bolsas de polipropileno para protegerlas de daños mecánicos y humedad.

**Almacenamiento:** Las galletas se conservaron en un lugar seco a temperatura ambiente, garantizando su integridad hasta su consumo.

### **3.3.3. Método de caracterización de las materias primas**

#### **3.3.3.1. Determinación de la composición proximal**

Se llevó a cabo el análisis proximal de las harinas de trigo, camote morado y quinua germinada mediante diversos métodos de evaluación, entre los cuales se destacan:

**Energía:** Para calcular el valor energético se utilizó el método Atwater, que asigna 4 kcal por gramo de carbohidrato, 4 kcal por gramo de proteína y 9 kcal por gramo de grasa.

**Humedad:** El contenido de humedad se determinó siguiendo el método establecido por AOAC (1990).

**Proteína:** La determinación de proteínas se realizó conforme al procedimiento indicado en AOAC 2001.11 (2012).

**Grasa:** El análisis de grasa se llevó a cabo utilizando el método AOAC 963.15 (2005).

**Ceniza:** El contenido de cenizas fue determinado mediante la aplicación del método establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 205.038, correspondiente al año 1975.

**Carbohidratos:** Para calcular los carbohidratos se aplicó el método NTP 205.038 (1975), obteniéndose como resultado de restar al 100 % la suma de los porcentajes de humedad (H), proteína (P), grasa (G) y ceniza (C):

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (H\% + C\% + G\% + P\%)$$

### 3.3.3.2. Determinación de las características tecnológicas

**Determinación de color:** El análisis se efectuó con un colorímetro (CHN SPEC, CS-520, China) empleando el método CIE-Lab, mediante el cual se obtuvieron los valores de L\* (luminosidad, de 0 para negro a 100 para blanco), a\* (escala de verde a rojo) y b\* (escala de azul a amarillo). Además, se calcularon el ángulo de tonalidad (h\*) y la cromaticidad (C\*).

$$\text{Cromaticidad} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$\text{Ángulo de tonalidad} = \arctg b^*/a^*$$

### 3.4. Diseño Experimental

#### 3.4.1. Variables independientes

Se consideraron como componentes de la mezcla los porcentajes de harina de trigo, harina de camote y harina de quinua germinada. Debido a que se aplicó un diseño de mezclas D-Óptimo, la suma de los componentes fue restringida al 100 %. Los factores de sustitución evaluados fueron la harina de camote (X1) y la harina de quinua germinada (X2), mientras que la proporción de harina de trigo se determinó por diferencia hasta completar el total de la mezcla.

#### 3.4.2. Variables dependientes

- **Propiedades tecnológicas:** evaluación instrumental de la textura.
- **Propiedades sensoriales:** valoración del sabor, color, aroma, textura y la disposición del consumidor a adquirir el producto.
- **Propiedades funcionales:** medición del contenido de polifenoles totales y de la capacidad antioxidante.

#### 3.4.3. Diseño estadístico

Con el propósito de identificar la mejor formulación, se aplicó un diseño experimental basado en un Diseño de Mezclas tipo D-Optimal, donde las formulaciones obtenidas se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 15***Formulaciones experimentales generadas mediante el diseño de mezclas D-óptimo*

| <b>Fórmula</b> | <b>Ht (%)</b> | <b>Hc (%)</b> | <b>Hqg (%)</b> |
|----------------|---------------|---------------|----------------|
| F1             | 60.355        | 18.408        | 21.237         |
| F2             | 61.079        | 18.921        | 20.000         |
| F3             | 60.001        | 19.999        | 20.000         |
| F4             | 60.000        | 18.382        | 21.618         |
| F5             | 60.000        | 19.177        | 20.823         |
| F6             | 60.728        | 18.651        | 20.620         |
| F7             | 61.120        | 18.000        | 20.880         |
| F8             | 61.199        | 18.001        | 20.000         |
| F9             | 60.000        | 18.001        | 21.999         |
| F 10           | 61.392        | 18.325        | 20.283         |
| F 11           | 61.999        | 18.001        | 20.000         |
| F12            | 61.120        | 18.000        | 20.880         |
| F13            | 61.079        | 18.921        | 20.000         |
| F14            | 60.000        | 18.001        | 21.999         |
| F15            | 60.001        | 19.999        | 20.000         |
| F16            | 60.444        | 19.365        | 20.192         |

#### **3.4.4. Análisis estadístico**

Los resultados derivados de los diversos análisis realizados serán procesados utilizando el software DESIGN EXPERT v7.0.0, que nos habilitará para llevar a cabo análisis de varianza ANOVA. De esta manera, podremos determinar si hay alguna diferencia significativa con un nivel de significancia del 5% ( $p < 0.05$ ).

### 3.4.5. Formulación de las galletas

La formulación base se preparó considerando 500 g de mezcla de harinas. Para el diseño experimental D-óptimo se establecieron como componentes variables las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ), las cuales fueron modificadas de acuerdo con las combinaciones generadas por el diseño de mezclas.

Los demás ingredientes empleados en la elaboración de las galletas, tales como manteca vegetal (128,25 g), agua (108,40 g), glucosa (33,50 g), sal de mesa (2,95 g), canela en polvo (1,25 g), azúcar (150 g), amonio (3,30 g), aceite (25 g), bicarbonato de sodio (1,70 g) y esencia de vainilla (1,25 g), se mantuvieron constantes en todas las formulaciones, con la finalidad de evaluar únicamente el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por las harinas alternativas sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del producto final.

**Tabla 16**

*Formulación control planteada en la elaboración de galletas.*

| Ingredientes         | Cantidad (g) |
|----------------------|--------------|
| Harina               | 500          |
| Manteca vegetal      | 128.25       |
| Agua                 | 108.40       |
| Glucosa              | 33.5         |
| Sal de mesa          | 2.95         |
| Canela en polvo      | 1.25         |
| Azúcar               | 150          |
| Amonio               | 3.30         |
| Aceite               | 25           |
| Bicarbonato de sodio | 1.70         |
| Esencia de vainilla  | 1.25         |

### **3.4.6. Metodología de evaluación de la calidad de las galletas**

#### **- Caracterización funcional de la galleta**

##### **Procedimiento para la obtención del extracto**

Para preparar el extracto de cada muestra se aplicó un protocolo de extracción en dos etapas, empleando mezclas hidroalcohólicas y acetónicas. El proceso seguido fue el siguiente:

- Se tomó una porción de 1 g de cada harina y se colocó en tubos de ensayo independientes.
- Luego, se añadieron 10 mL de una solución metanol–agua (50:50) ajustada a pH 2. Las mezclas se agitaron en un vortex durante aproximadamente 2 a 4 minutos.
- Posteriormente, las muestras se sometieron a ultrasonido por 30 minutos y después se centrifugaron a 4000 rpm durante el mismo tiempo. El sobrenadante obtenido (fracción A) se separó y se mantuvo en refrigeración.
- En el residuo resultante se incorporaron 20 mL de una solución acetona–agua (70:30), repitiendo nuevamente la agitación en vortex por 2 a 4 minutos.
- Las muestras volvieron a pasar por ultrasonido por 30 minutos y se centrifugaron nuevamente a 4000 rpm durante 30 minutos. El nuevo sobrenadante (fracción B) también fue recolectado y conservado en refrigeración.
- Finalmente, se unieron las fracciones A y B, se filtraron mediante papel filtro y el extracto final se almacenó refrigerado hasta su análisis

#### **- Polifenoles totales**

La determinación se realizó siguiendo el procedimiento propuesto por Folin y Ciocalteu (1927). Los valores obtenidos se reportaron en miligramos de ácido gálico

(GAE) por cada 100 g de muestra. De acuerdo con el protocolo estandarizado, la preparación de los reactivos se efectuó bajo la siguiente metodología:

**a) Preparación de solución Folin- Ciocalteu 2N**

Se toman 5 mL del reactivo Folin–Ciocalteu y se completa el volumen hasta 10 mL con agua destilada en una fiola ámbar (o cubierta con papel aluminio). Luego, la mezcla se homogeniza en un vortex durante 3 a 5 minutos.

**b) Preparación de la solución de ácido gálico a 450 µg/mL**

Se pesan 0.0225 g de ácido gálico y se enrasan con agua destilada en una fiola de 50 mL protegida de la luz. Posteriormente, la solución se agita en el vortex por 3 a 5 minutos hasta lograr su completa disolución.

**c) Elaboración de la solución de carbonato de sodio al 20%**

Se pesan 2 g de carbonato de sodio y se prepara la solución aforando con agua destilada en una fiola de 10 mL también protegida de la luz. La mezcla se homogeniza en el vortex durante 3 a 5 minutos para asegurar su completa disolución.

**d) Construcción de la curva estándar**

- En seis tubos Eppendorf se colocan 20 µL, 40 µL, 60 µL, 80 µL y 100 µL de la solución de ácido gálico; el sexto tubo se deja sin añadir.
- A cada tubo se agregan 100 µL de la solución Folin–Ciocalteu 2N y se deja reposar por 5 minutos.
- Luego, se incorporan 50 µL de la solución de carbonato de sodio al 20%. Finalmente, se añaden 1080 µL, 1060 µL, 1040 µL, 1020 µL, 1000 µL y 1100 µL de la solución de ácido gálico, respectivamente, permitiendo reposar la mezcla durante 2 horas.

#### **e) Lectura de las muestras**

- En un tubo de microcentrífuga Eppendorf de 1,5 ml, añadir 800 µl de la muestra y 100 µl de solución de Folin-Ciocalteu 2N.
- Dejar reposar durante 5 minutos, luego incorporar 50 µl de una solución de carbonato de sodio al 20 % y 300 µl de agua destilada, dejando reposar por 2 horas.
- En la microplaca destinada a la lectura en el multimodal, colocar 200 µl de cada uno de los 6 tubos Eppendorf de la curva y 200 µl de las muestras.
- Medir la absorbancia a 739 nm.

#### **-Determinación de actividad antioxidante por DPPH**

##### **a) Preparación de la solución de DPPH 1 mM**

Se pesan 0.02 g del reactivo DPPH y se completa el volumen hasta 50 mL con metanol en una fiola ámbar o protegida con papel aluminio. La mezcla se agita en un vortex durante 3 a 5 minutos para lograr una adecuada homogenización. Luego, la solución se diluye con metanol hasta obtener una absorbancia aproximada de 0.800 a 515 nm.

##### **b) Elaboración de la solución de Trolox 1 mM**

Se pesan 0.0125 g de Trolox y se enrasan con metanol en una fiola de 50 mL protegida de la luz. Posteriormente, se agita en el vortex durante 3 a 5 minutos para facilitar su completa disolución.

##### **c) Preparación de la curva estándar**

En ocho tubos Eppendorf se preparan soluciones conteniendo 500 µL, 400 µL, 200 µL, 100 µL, 50 µL, 25 µL, 10 µL y 5 µL de la solución de Trolox, completando cada tubo con metanol hasta el volumen requerido.

#### **d) Lectura de las muestras**

En la microplaca destinada a las mediciones con el lector multimodal, se añaden 10  $\mu$ L de cada solución de la curva y 10  $\mu$ L de las muestras. A cada pocillo se incorporan 190  $\mu$ L de la solución preparada de DPPH, y posteriormente se registra la absorbancia a 515 nm.

#### **Caracterización tecnológica de las galletas**

##### **- Análisis instrumental de textura**

Se empleó el analizador de textura Brookfield CT3, conectado al software Texture Pro CT V1.4 Build 17. El equipo dispone de una plataforma de aluminio donde se colocaron las galletas para su evaluación. Se aplicó una prueba de compresión utilizando una celda de carga de 500 N y una velocidad de desplazamiento de 0.5 mm/s. A partir de esta prueba se obtuvo el valor correspondiente al parámetro de dureza (mJ).

##### **- Análisis sensorial**

Se llevó a cabo un análisis sensorial de todas las formulaciones, incluida la galleta de referencia, evaluando atributos como olor, sabor, color, textura e intención de compra. La degustación contó con la participación de 50 panelistas semi-entrenados, de entre 18 y 25 años, pertenecientes a la UNS. Cada evaluador probó todas las formulaciones y emitió su opinión sobre los atributos sensoriales, registrándose los resultados mediante una escala hedónica de 9 puntos.

#### **3.4.7. Elección de la formulación óptima**

Para elegir la formulación óptima de galletas, se aplicó un enfoque de optimización de múltiples respuestas utilizando el software Designe Expert 7.0.0 Trial. En este proceso, se buscó maximizar tres aspectos, como el sabor, el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante.

### 3.4.8. Composición proximal de la formulación óptima

- **Energía:** Para calcular el valor energético se utilizó el método Atwater, que estima 4 kcal por gramo de carbohidrato, 4 kcal por gramo de proteína y 9 kcal por gramo de grasa.
- **Humedad:** El contenido de humedad se determinó siguiendo el método establecido por AOAC (1990).
- **Proteína:** La determinación de proteínas se realizó conforme al procedimiento descrito en AOAC 2001.11 (2012).
- **Grasa:** El contenido de grasa se evaluó mediante el método AOAC 963.15 (2005).
- **Ceniza:** La cantidad de cenizas se midió utilizando el método NTP 205.038, establecido en 1975.
- **Carbohidratos:** Para calcular los carbohidratos se aplicó el método NTP 205.038 (1975), obteniéndose como la diferencia de 100 % menos la suma de humedad (H), proteína (P), grasa (G) y ceniza (C):  
$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (H\% + C\% + G\% + P\%)$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización de materias primas

#### 4.1.1. Composición proximal

##### 4.1.1.1. Harina de camote morado

**Tabla 17**

*Composición proximal de la harina de camote morado  
(100 g en base seca).*

| Composición    | Valores obtenidos (%) |
|----------------|-----------------------|
| Energía (Kcal) | 338.25± 0.12          |
| Humedad        | 4.64± 0.03            |
| Grasas         | 0.53± 0.02            |
| Cenizas        | 1.95 ± 0.23           |
| Proteínas      | 3.68 ± 0.01           |
| Fibra dietaria | 9.51 ± 0.02           |
| Carbohidratos  | 79.69 ± 0.22          |

**Nota:** Media de 3 repeticiones ± DS.

La composición proximal de la harina de camote morado evidencia un predominio de carbohidratos (79.69%) y fibra dietética (9.51%), lo cual indica que se trata de un insumo con alta densidad energética y un importante potencial funcional. Este comportamiento es característico de los tubérculos ricos en almidón, los cuales aportan principalmente energía en sistemas alimentarios procesados.

El contenido proteico (3.68%) y lipídico (0.53%) es bajo, lo cual es consistente con su origen vegetal no proteico. Sin embargo, este perfil puede complementarse adecuadamente en formulaciones de galletas mediante la mezcla con harinas de cereales y pseudocereales, mejorando el equilibrio nutricional del producto final.

El contenido de fibra (9.51%) resulta relevante desde el punto de vista tecnológico, ya que contribuye a mejorar la retención de agua, la estructura y la textura del producto horneado. En este sentido, Moreno y Andahua (2020) señalan que la incorporación de

camote morado en productos de panificación incrementa el contenido de fibra dietaria y mejora las propiedades funcionales de galletas enriquecidas, favoreciendo su calidad nutricional.

De manera complementaria, Toapanta (2023) reporta que la inclusión de camote morado en formulaciones de galletas influye directamente en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, especialmente en la textura y el contenido de humedad, evidenciando su impacto positivo en la estructura del producto.

Asimismo, el bajo contenido de humedad (4.64%) favorece la estabilidad del insumo durante el almacenamiento, reduciendo la actividad de agua y limitando el deterioro microbiológico, lo cual es clave para su uso en la industria alimentaria.

En síntesis, la harina de camote morado presenta un perfil nutricional orientado principalmente al aporte energético y funcional, siendo un ingrediente adecuado para su incorporación en productos de panificación, donde contribuye a mejorar el contenido de fibra y las propiedades tecnológicas del producto final.

#### 4.1.1.2. Harina de trigo

**Tabla 18**

*Composición proximal de la harina de trigo (100 g en base seca).*

| Composición     | Valores obtenidos (%) |
|-----------------|-----------------------|
| Energía (Kcal)  | 344.09± 0.12          |
| Humedad         | 9.52± 0.03            |
| Grasas          | 0.53± 0.02            |
| Cenizas         | 0.77 ± 0.23           |
| Proteínas       | 13.10 ± 0.01          |
| Fibra dietética | 4.94 ± 0.02           |
| Carbohidratos   | 71.19 ± 0.22          |

**Nota:** Media de 3 repeticiones ± DS.

La composición proximal de la harina de trigo muestra un perfil predominantemente energético, con un valor de 344.09 kcal, sustentado principalmente por su elevado contenido de carbohidratos (71.19%), lo que confirma su rol como fuente principal de energía en productos de panificación. Asimismo, se observa un contenido proteico de 13.10%, el cual contribuye a la formación de la estructura del producto durante el proceso de horneado.

En cuanto a los componentes minoritarios, la harina de trigo presenta bajos niveles de grasa (0.53%) y cenizas (0.77%), lo cual es característico de cereales refinados o procesados. Estas características influyen en la estabilidad del producto final, ya que un bajo contenido lipídico reduce el riesgo de oxidación durante el almacenamiento. Finalmente, el contenido de fibra (4.94%) junto con la humedad (9.52%) refleja un equilibrio típico de este tipo de harina, donde la humedad permite condiciones adecuadas de manejo y procesamiento, mientras que la fibra contribuye en menor proporción a las propiedades funcionales del producto final.

#### 4.1.1.3. Harina de quinua germinada

**Tabla 19**

*Composición proximal de la harina de quinua germinada  
(100 g en base seca).*

| Composición    | Valores obtenidos (%) |
|----------------|-----------------------|
| Energía (Kcal) | 293.90± 0.12          |
| Humedad        | 8.76± 0.03            |
| Grasas         | 4.14± 0.02            |
| Cenizas        | 0.88 ± 0.23           |
| Proteínas      | 19.80 ± 0.01          |
| Fibra dietaria | 22.06 ± 0.02          |
| Carbohidratos  | 44.36 ± 0.22          |

**Nota:** Media de 3 repeticiones ± DS.

La caracterización de la harina de quinua germinada revela un insumo de alta densidad proteica y fibrosa, alcanzando valores de 19.80% y 22.06%, respectivamente. Con un valor calórico de 293.90 kcal, este componente presenta un equilibrio entre carbohidratos (44.36%) y grasas naturales (4.14%). Sus bajos porcentajes de humedad (8.76%) y cenizas (0.88%) completan un perfil nutricional superior en comparación con harinas convencionales.

Este comportamiento nutricional es consistente con lo señalado por Paucar et al. (2022), quienes señalan que la germinación de pseudocereales como la quinua incrementa significativamente el contenido de compuestos bioactivos, además de mejorar su valor nutricional, especialmente en proteínas y fibra dietaria, lo que favorece su aplicación en productos de panificación funcional.

Asimismo, estos resultados coinciden con lo indicado por Avilés (2019), quien encontró que la incorporación de quinua germinada en productos de panadería mejora progresivamente el perfil proteico y funcional del alimento, aunque su uso debe ser controlado para mantener características sensoriales adecuadas en el producto final.

#### 4.1.2. Colorimetría

**Tabla 20**

*Análisis colorimétrico de las harinas de camote morado, trigo y quinua germinada*

| <b>Parámetros</b>        | <b>Harina de camote morado</b> | <b>Harina de trigo</b> | <b>Harina de quinua germinada</b> |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Luminosidad (L*)         | 87.37 ± 0.16                   | 93.37 ± 0.24           | 77.70 ± 0.13                      |
| a*                       | 0.52 ± 0.03                    | 0.42 ± 0.01            | 1.33 ± 0.03                       |
| b*                       | 15.40 ± 0.14                   | 9.76 ± 0.28            | 15.89 ± 0.21                      |
| Cromaticidad (C*)        | 15.40 ± 0.22                   | 9.80 ± 0.21            | 15.90 ± 0.02                      |
| Ángulo de tonalidad (h*) | 88.07 ± 0.02                   | 87.54 ± 0.22           | 85.22 ± 0.028                     |

El análisis colorimétrico de las harinas evidenció diferencias asociadas a la naturaleza y composición de cada materia prima. La harina de trigo presentó la mayor luminosidad ( $L=93.37$ ), característica de las harinas refinadas y asociada a una coloración más clara, lo que favorece su empleo como ingrediente base en productos de panificación debido a su capacidad de mantener una apariencia uniforme. En comparación, la harina de camote morado presentó una luminosidad menor ( $L=87.37$ ), mientras que la harina de quinua germinada registró el menor valor ( $L=77.70$ ), evidenciando una tonalidad más oscura relacionada con la presencia de compuestos naturales propios del grano germinado.

Respecto a los parámetros cromáticos, las tres harinas presentaron valores positivos de  $b^*$ , indicando una tendencia hacia tonalidades amarillas; sin embargo, la harina de quinua germinada mostró el mayor valor ( $b=15.89$ ) y mayor cromaticidad ( $C=15.90$ ), seguida por la harina de camote morado ( $C=15.40$ ), reflejando colores más intensos frente a la harina de trigo ( $C=9.80$ ). Asimismo, los valores de  $a^*$  fueron positivos en todas las muestras, destacando la harina de quinua germinada ( $a=1.33$ ) por presentar una ligera mayor tendencia hacia tonalidades rojizas.

En relación con el ángulo de tonalidad ( $h^*$ ), los valores cercanos a  $90^\circ$  en las tres harinas indican predominancia de tonalidades amarillas, siendo la harina de camote morado la más próxima a dicho valor ( $88.07^\circ$ ), seguida de la harina de trigo ( $87.54^\circ$ ) y la harina de quinua germinada ( $85.22^\circ$ ). Estos resultados evidencian que la incorporación de harinas alternativas como camote morado y quinua germinada puede modificar las características visuales de los productos de panificación, aportando tonalidades más intensas y diferenciadas respecto a la harina de trigo convencional.

#### 4.1.3. Polifenoles totales

Los resultados de los análisis de polifenoles totales efectuados a las harinas se presentan en la tabla 21.

**Tabla 21**

*Análisis de compuestos bioactivos en harinas.*

| Harina                     | Polifenoles totales (mg GAE/100 g) |
|----------------------------|------------------------------------|
| Harina de camote morado    | 9.91 ± 0.52                        |
| Harina de trigo            | 1.16 ± 0.19                        |
| Harina de quinua germinada | 4.66 ± 0.12                        |

**Nota:** Media de 3 repeticiones ± DS.

La evaluación de compuestos bioactivos reveló una disparidad significativa en la concentración de polifenoles totales entre las harinas analizadas ( $\pm$ DE, n=3). La harina de camote morado exhibió el perfil antioxidante más robusto con  $9.91 \pm 0.52$  mg GAE/100 g, superando ampliamente a la harina de quinua germinada, la cual reportó  $4.66 \pm 0.12$  mg GAE/100 g. En contraposición, la harina de trigo mostró el nivel más bajo de bioactividad con apenas  $1.16 \pm 0.19$  mg- GAE/100 g, lo que posiciona al camote morado como el principal portador de compuestos fenólicos en la investigación.

Estos resultados evidencian que las diferencias observadas en el contenido de polifenoles están directamente relacionadas con la naturaleza de las materias primas utilizadas. En este sentido, la elevada concentración en la harina de camote morado puede atribuirse a la presencia de compuestos fenólicos y antocianinas propios de este tubérculo, los cuales han sido ampliamente reportados por su capacidad antioxidante. Por el contrario, la harina de trigo presenta una baja actividad bioactiva debido a su naturaleza refinada y menor contenido de compuestos fenólicos, mientras que la quinua germinada muestra un incremento moderado asociado al proceso de germinación, el cual favorece la liberación de metabolitos bioactivos.

#### 4.1.4. Actividad antioxidante

**Tabla 22**

*Análisis de capacidad antioxidante en harinas.*

| Harina                     | DPPH (uMol Trolox/100 g) |
|----------------------------|--------------------------|
| Harina de camote morado    | 3985.31 ± 108.88         |
| Harina de quinua germinada | 9398.59 ± 281.79         |
| Harina de trigo            | 30.47 ± 19.95            |

**Nota:** Media de 3 repeticiones ± DS.

El estudio de la capacidad antioxidante de diversas harinas, evaluada mediante el método DPPH y expresada en uMol Trolox/100 g, evidenció variaciones importantes entre las muestras analizadas. La harina de quinua germinada registró el valor más alto ( $9398.59 \pm 281.79$  uMol Trolox/100 g), confirmando su notable contenido de compuestos antioxidantes. En segundo lugar, se ubicó la harina de camote morado con  $3985.31 \pm 108.88$  uMol Trolox/100 g, mientras que la harina de trigo mostró la menor actividad antioxidante ( $30.47 \pm 19.95$  uMol Trolox/100 g). Estos valores, obtenidos a partir de tres mediciones independientes con su desviación estándar, resaltan la quinua germinada como la harina con mayor actividad antioxidante y, por tanto, como una alternativa con potencial aporte beneficioso para la salud

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Paucar et al. (2022), quienes señalan que la germinación de pseudocereales como la quinua incrementa significativamente la actividad antioxidante debido a la liberación de compuestos fenólicos y la activación de enzimas antioxidantes durante el proceso germinativo. De manera similar, Rafael y Tiravanti (2024) encontraron que la incorporación de harinas no convencionales, como la pulpa de café y la quinua, incrementa notablemente los valores de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en productos de panificación, lo que respalda el comportamiento observado en la harina de quinua germinada y camote morado en el presente estudio.

## 4.2. Evaluación de calidad de las galletas

### 4.2.1. Textura instrumental (Dureza)

El modelo lineal obtenido mediante el software Design-Expert se expresó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza\_instrumental} = 0,00157266(HT) - 0,00393983(HC) + 0,00247811(HQ) \quad (1)$$

Donde HT representa la harina de trigo, HC la harina de camote morado y HQ la harina de quinua germinada. La fórmula obtenida indica que la harina de trigo y la harina de quinua germinada presentan una tendencia a incrementar la dureza, mientras que la harina de camote morado tiende a disminuirla.

El diseño D-óptimo consideró tres componentes: harina de trigo, harina de camote morado y harina de quinua germinada, cuyas proporciones sumaron el 100 %. El software generó 16 corridas experimentales, de las cuales 12 fueron formulaciones distintas y cuatro correspondieron a puntos repetidos. El número de corridas no depende únicamente del número de harinas, sino también de los límites de cada componente, el modelo estadístico y las repeticiones incorporadas; por ello, puede diferir de otros estudios con otro número de tratamientos.

**Tabla 23***Resultados de dureza de las formulaciones de galletas.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqg(%) | Dureza (N) |
|---------|--------|--------|--------|------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 40.237     |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 47.852     |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 22.310     |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 23.247     |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 24.276     |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 33.004     |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 31.994     |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 31.421     |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 40.448     |
| F 10    | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 44.954     |
| F 11    | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 42.041     |
| F12     | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 24.159     |
| F13     | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 26.777     |
| F14     | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 31.558     |
| F15     | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 39.129     |
| F16     | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 36.123     |

El análisis de dureza registró un intervalo entre 22.310 N (F3) y 47.852 N (F2), donde la harina de camote actuó como un agente densificante que incrementa la firmeza por la compactación de sus almidones. En contraste, la harina de quinua germinada redujo la resistencia mecánica al diluir la red estructural de gluten del trigo. De este modo, la textura final de la galleta quedó determinada por el equilibrio entre el efecto endurecedor del tubérculo y la acción ablandadora del pseudocereal germinado.

Estas variaciones ponen en evidencia el rol fundamental de la composición en la determinación de la textura final de las galletas y permiten establecer ajustes en los

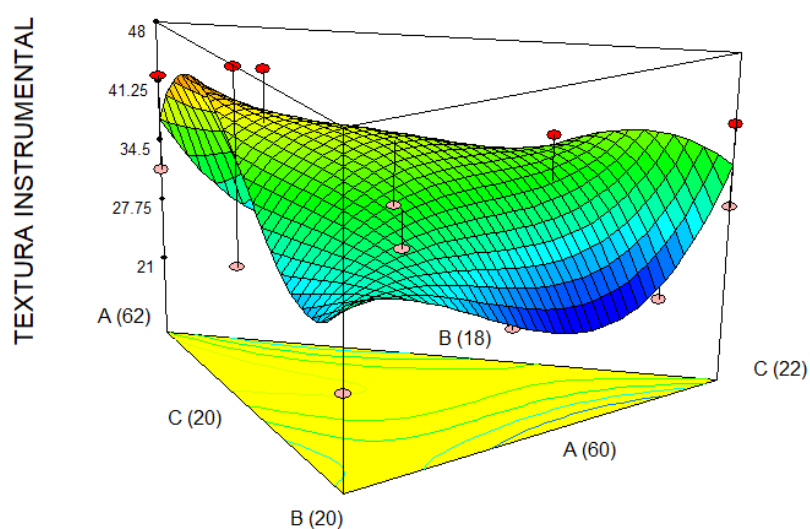
ingredientes para adecuar la dureza a las preferencias del consumidor.

Estos resultados son coherentes con lo reportado por Toapanta (2023), quien indica que la incorporación de harinas provenientes de cultivos andinos, como el camote morado y la oca, influye directamente en la textura de productos de panificación, incrementando la dureza a medida que se eleva la proporción de sustitución. Este comportamiento se asocia a la modificación de la estructura del almidón y a la menor presencia de gluten, lo que genera matrices más compactas y menos extensibles.

De manera similar, Matos (2022) señala que el aumento de harinas no convencionales en formulaciones de galletas tiende a modificar significativamente la firmeza del producto final, debido a la interacción entre proteínas y carbohidratos estructurales. En este sentido, la variabilidad observada en la dureza instrumental del presente estudio refleja el efecto combinado de los componentes HT, HC y HQ, los cuales determinan la formación de redes estructurales con diferentes niveles de resistencia mecánica.

**Figura 5.**

*Grafica de superficie respuesta de la Dureza de las formulaciones de las galletas*

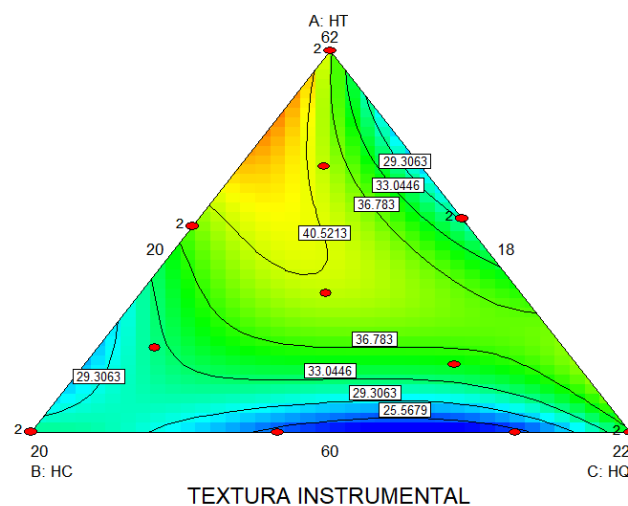


*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

La evaluación de la textura instrumental (dureza) de las galletas evidenció una alta sensibilidad del producto ante variaciones en la formulación, registrando un rango amplio que osciló entre 22.31 N (F3) y 47.85 N (F2). El gráfico de superficie de respuesta para el diseño de mezclas mostró un comportamiento no lineal con marcados efectos de interacción entre las variables; los valores más altos de dureza se concentraron en las mezclas con mayor proporción de harina de trigo (61 –62%), debido al aporte estructural de la red de gluten, mientras que el incremento de las harinas no glutinosas de camote y quinua germinada promovió la formación de matrices más suaves y frágiles (21–24 N), atribuible a la dilución del gluten y a la acción del almidón y la actividad enzimática propia de la quinua germinada.

**Figura 6.**

Grafica de contornos de Dureza de las formulaciones de las galletas



El gráfico de contorno para la textura instrumental reafirma el comportamiento no lineal de la mezcla, donde las isolíneas delimitan claramente las regiones de firmeza dentro del espacio de formulación. La zona de mayor dureza (>40.5 N, representada en tonos anaranjados y rojos) se concentra en el vértice superior del triángulo, correspondiente a proporciones elevadas de harina de trigo (A: HT entre 61% y 62%) combinadas con niveles moderados de harina de camote (B: HC ~19%) y quinua

germinada (C: HQ ~20%), lo que ratifica la influencia determinante del gluten en la cohesividad estructural de la galleta. Por el contrario, a medida que la formulación se desplaza hacia la base inferior y el vértice derecho (donde se incrementa el porcentaje de HQ hacia el 22% o de HC hacia el 20%), las isolíneas descienden progresivamente hasta valores inferiores a 25.5 N (zonas azuladas), evidenciando que la sustitución parcial con harinas sustitutas no glutinosas flexibiliza la matriz de horneado y genera una textura significativamente más suave.

### **Análisis de varianza de la Dureza de las galletas**

**Tabla 24**

*Tabla de ANOVA para el modelo Lineal de Mezclas de dureza de las formulaciones de las galletas*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | df | Cuadrado al medio | Valor F | Valor P | Significancia |
|---------------------|-------------------|----|-------------------|---------|---------|---------------|
| Modelo              | 2.677E-004        | 2  | 1.338E-004        | 0.41    | 0.6710  | No            |
| Mezcla lineal       | 2.677E-004        | 2  | 1.338E-004        | 0.41    | 0.6710  | significativo |
| Residual (Error)    | 4.229E-003        | 13 | 3.253E-004        |         |         |               |
| Falta de ajuste     | 1.935E-003        | 8  | 2.418E-004        | 0.53    | 0.7995  | No            |
| Error puro          | 2.295E-003        | 5  | 4.589E-004        |         |         | significativo |
| Total corregido     | 4.49E-003         | 15 |                   |         |         |               |

El valor F del modelo de 0,41 indica que el modelo no es significativo en relación con el error experimental (ruido). Existe una probabilidad del 67,10 % de que un valor F del modelo igual o mayor al observado se deba a variaciones aleatorias del proceso.

Los valores de “Prob > F” menores a 0,0500 indican significancia estadística de los términos del modelo; sin embargo, en este caso no se identifican términos significativos, lo que sugiere que los factores evaluados no explican de manera relevante la variabilidad de la dureza instrumental.

Asimismo, los valores superiores a 0,1000 confirman la ausencia de significancia en los términos del modelo. En este contexto, si el modelo presenta múltiples términos

no significativos (sin afectar la jerarquía del modelo), su simplificación podría mejorar la capacidad predictiva.

Por otro lado, el valor F de la falta de ajuste de 0,53 indica que esta no es significativa en relación con el error puro. Existe una probabilidad del 79,95 % de que un valor F de falta de ajuste igual o mayor se deba al ruido experimental. Este resultado es favorable, ya que una falta de ajuste no significativa indica que el modelo es adecuado en términos de representación de los datos observados.

**Tabla 25**

*Estadísticos del Modelo de dureza de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                    | Valor      |
|------------------------------|------------|
| Desviación Estándar          | 0.018      |
| Media                        | 0.073      |
| Coeficiente de variación     | 24.62      |
| PRESS                        | 6.929E-003 |
| Coeficiente de determinación | 0.0595     |
| $R^2$ ajustado               | -0.0852    |
| $R^2$ predicho               | -0.5408    |
| Precisión adecuada           | 1.642      |

Los estadísticos del modelo de dureza instrumental muestran un bajo ajuste del modelo a los datos experimentales. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.0595$ ) indica que solo el 5.95% de la variabilidad es explicada por el modelo, evidenciando una baja capacidad explicativa.

Asimismo, el  $R^2$  ajustado (-0.0852) y el  $R^2$  predicho (-0.5408) presentan valores negativos, lo que confirma que el modelo no posee capacidad predictiva adecuada. Además, la precisión adecuada (1.642) es inferior al valor mínimo recomendado, lo que indica una relación señal-ruido insuficiente. Sobre lo señalado, los resultados muestran que el modelo no es adecuado para describir ni predecir la dureza instrumental de las galletas.

**Tabla 26**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de la dureza de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación | df | Error      | IC 95% Inferior | IC 95% Superior | VIF  |
|------------|------------|----|------------|-----------------|-----------------|------|
| A-HT       | 0.076      | 1  | 9.580E-003 | 0.055           | 0.097           | 1.10 |
| B-HC       | 0.065      | 1  | 0.010      | 0.043           | 0.087           | 1.09 |
| C-HQ       | 0.078      | 1  | 9.703E-003 | 0.057           | 0.099           | 1.08 |

Los parámetros del modelo de dureza instrumental muestran que los componentes evaluados presentan efectos positivos sobre la respuesta. Se observa que el componente C-HQ presenta la mayor estimación (0.078), seguido de A-HT (0.076) y B-HC (0.065), lo que indica una influencia similar entre los factores en la dureza de las galletas.

Asimismo, los intervalos de confianza al 95% no incluyen el valor cero, lo que sugiere que los efectos estimados son estadísticamente relevantes dentro del modelo.

Por otro lado, los valores del factor de inflación de la varianza (VIF) se encuentran entre 1.08 y 1.10, lo que indica ausencia de multicolinealidad entre los componentes, confirmando la estabilidad del modelo.

En conjunto, los resultados evidencian que los tres componentes contribuyen de manera positiva y equilibrada a la dureza instrumental de las galletas.

#### **4.2.2. Polifenoles totales**

El modelo reducido obtenido mediante el software Design-Expert se expresó mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Polifenoles\_totales} = & 4083.38768(HT) - 6230.69644(HC) + \\ & 40.65222(HQ) + 1148.36427(HT)(HC) - 121.01468(HT)(HQ) + \end{aligned}$$

$$562.92286(HC)(HQ) - 9.64949(HT)(HC)(HT - HC) - 3.13167(HC)(HQ)(HC - HQ) \quad (2)$$

Donde HT representa la harina de trigo, HC la harina de camote morado y HQ la harina de quinua germinada. La ecuación corresponde a un modelo cúbico reducido y permite estimar el contenido de polifenoles totales a partir de la combinación de las tres harinas. La presencia de términos de interacción indica que la respuesta depende del efecto conjunto de los componentes, por lo que sus coeficientes no deben interpretarse de manera aislada.

**Tabla 27**

*Resultados de polifenoles totales de las formulaciones de galletas.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqg(%) | Polifenoles totales<br>(mg GAE/100 g) |
|---------|--------|--------|--------|---------------------------------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 16.63 ± 0.49                          |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 15.49 ± 0.52                          |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 14.36 ± 0.52                          |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 21.84 ± 0.74                          |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 17.65 ± 0.66                          |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 13.92 ± 1.35                          |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 17.95 ± 1.25                          |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 25.38 ± 2.28                          |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 14.41 ± 0.65                          |
| F 10    | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 16.60 ± 0.91                          |
| F 11    | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 24.54 ± 11.35                         |
| F12     | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 18.39 ± 0.47                          |
| F13     | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 13.04 ± 0.74                          |
| F14     | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 17.88 ± 0.83                          |
| F15     | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 16.42 ± 0.83                          |
| F16     | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 21.28 ± 2.02                          |

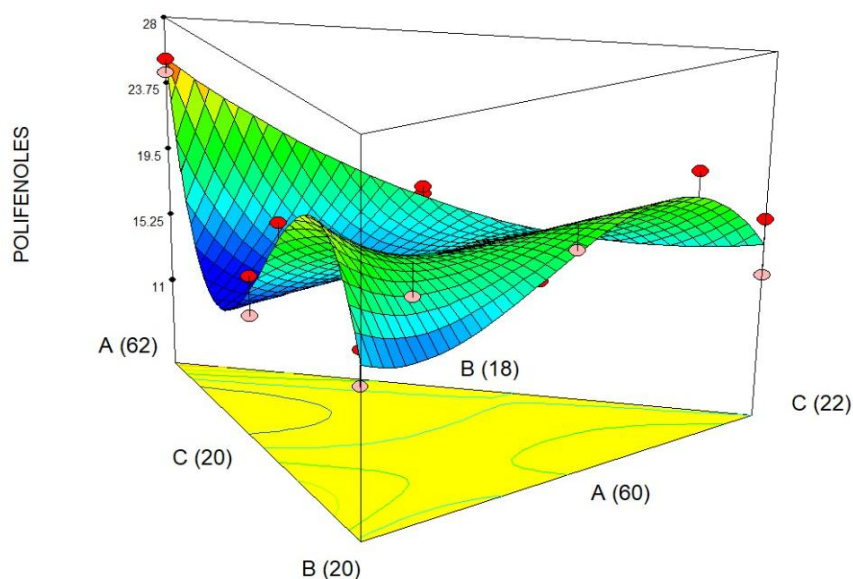
**Nota:** Media de 3 repeticiones ± DS.

Se determinó que la inclusión de Harina de Camote Morado y Harina de Quinua Germinada incrementa significativamente el valor funcional del producto final. El contenido de Polifenoles Totales en las galletas alcanzó valores de hasta 25.38 mg GAE/100 g. La formulación F8 (61.199% HT, 18.001 % HC, 20% HQg) demostró ser la más eficiente al combinar un alto perfil bioactivo (25.38mg GAE/100 g). Al bajar el % de HC al mínimo (18,001) y ajustar los balances con el trigo, el contenido de polifenoles se elevó, esto demuestra que el camote no es el principal aportante de polifenoles, sino la interacción de harina de trigo y quinua germinada.

Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de harina de camote morado y quinua germinada influye en la variabilidad del contenido de polifenoles totales en las formulaciones de galletas, observándose valores que alcanzan hasta 25.38 mg GAE/100 g en ciertas combinaciones. Este comportamiento sugiere que la interacción entre los componentes de la mezcla contribuye de manera significativa al incremento del perfil bioactivo del producto final. Este resultado guarda relación con lo señalado por Paucar et al. (2022), quienes señalan que la incorporación de pseudocereales germinados y cultivos andinos en productos de panificación incrementa la concentración de compuestos fenólicos, debido a la activación de metabolitos bioactivos durante el proceso de germinación y a la presencia de pigmentos naturales con actividad antioxidante. En este sentido, las variaciones observadas confirman el potencial funcional de estas harinas como ingredientes enriquecedores.

**Figura 7.**

*Grafica de superficie de respuesta de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.*

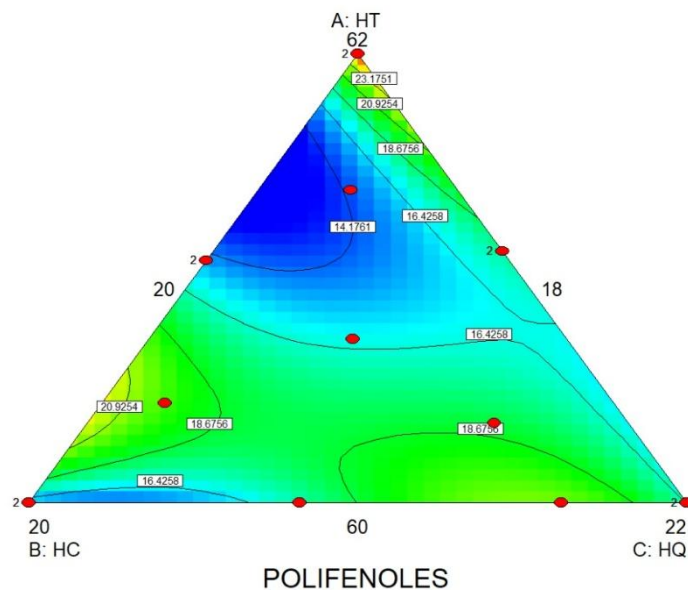


*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

La superficie de respuesta muestra la variación predicha del contenido de polifenoles totales en función de las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ), dentro de los intervalos evaluados de 60–62 %, 18–20 % y 20–22 %, respectivamente. Los valores oscilaron entre 13,0394 y 25,3773 mg EAG/100 g. La región de mayor contenido de polifenoles se ubicó cerca de la combinación con mayor proporción de HT (aproximadamente 62 %), menor proporción de HC (18 %) y 20 % de HQ; mientras que los valores menores se localizaron en la zona intermedia de la superficie. La curvatura pronunciada evidencia que la respuesta no sigue un comportamiento lineal, sino que depende de las interacciones entre los componentes, lo cual concuerda con el modelo cúbico reducido significativo ( $p = 0,0078$ ). Los puntos rojos representan los resultados experimentales y las líneas verticales muestran la diferencia entre los valores observados y los estimados por el modelo.

**Figura 8.**

*Grafica de contornos de Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas.*



*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

La gráfica de contornos muestra la variación del contenido de polifenoles totales en función de las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ). Los valores estimados oscilaron entre 13,0394 y 25,3773 mg EAG/100 g. La región de mayor contenido se ubicó cerca de la combinación de 62 % de HT, 18 % de HC y 20 % de HQ, mientras que los menores valores se observaron en la zona intermedia próxima al lado HT–HC. Las líneas curvas de contorno evidencian un comportamiento no lineal de la respuesta, por lo que el contenido de polifenoles depende de la combinación de los tres componentes y no únicamente del incremento individual de una harina. Los puntos rojos representan las corridas experimentales y la interpretación se limita a los intervalos evaluados.

**Tabla 28**

*Tabla de ANOVA para el modelo el Modelo Cúbico Reducido de Mezcla de los Polifenoles totales de las formulaciones de las galletas*

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | gl | Cuadrado Medio | Valor F | Valor p (Prob > F) | Significación    |
|---------------------|-------------------|----|----------------|---------|--------------------|------------------|
| Modelo              | 173.2             | 7  | 24.74          | 6.7     | 0.0078             | Significativo    |
| Mezcla Lineal       | 47.44             | 2  | 23.72          | 6.42    | 0.0217             |                  |
| AB                  | 36                | 1  | 36             | 9.74    | 0.0142             |                  |
| AC                  | 20.55             | 1  | 20.55          | 5.56    | 0.0461             |                  |
| BC                  | 8.01              | 1  | 8.01           | 2.17    | 0.179              |                  |
| AB(A-B)             | 45.71             | 1  | 45.71          | 12.37   | 0.0079             |                  |
| BC(B-C)             | 7.29              | 1  | 7.29           | 1.97    | 0.1978             |                  |
| Residual (Error)    | 29.56             | 8  | 3.69           |         |                    |                  |
| Falta de Ajuste     | 17.95             | 3  | 5.98           | 2.58    | 0.1666             | No significativo |
| Error Puro          | 11.6              | 5  | 2.32           |         |                    |                  |
| Total Corregido     | 202.76            | 15 |                |         |                    |                  |

Para determinar el efecto de la sustitución de harinas sobre las propiedades bioactivas, los datos se ajustaron mediante un Modelo Cúbico Reducido empleando el software Design-Expert. El Análisis de Varianza (ANOVA) demostró que el modelo predictivo fue estadísticamente significativo ( $p = 0.0078 < 0.05$ ), lo que confirma que el contenido de polifenoles está gobernado por las proporciones de los ingredientes y sus interacciones.

Asimismo, el modelo exhibió un coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.8542$ ), indicando que la combinación de factores logra explicar el 85.42% de la variabilidad experimental observada. Un aspecto metodológico crucial fue la prueba de Falta de Ajuste (*Lack of Fit*), la cual resultó No Significativa ( $p = 0.1666 > 0.05$ ); este comportamiento es el ideal en la Metodología de Superficie de Respuesta, ya que valida matemáticamente la capacidad predictiva del modelo cúbico ajustado para describir el espacio de diseño experimental sin omitir variables críticas del proceso.

Al evaluar los componentes individuales del ANOVA, se determinó que la dinámica de los compuestos bioactivos está gobernada por interacciones no lineales complejas en lugar de efectos aditivos simples. Las interacciones binarias AB (Trigo \ Camote) y AC (Trigo \ Quinoa) ejercieron impactos significativos sobre la retención fenólica con valores p de 0.0142 y 0.0461, respectivamente. De manera sobresaliente, el término cúbico AB(A-B) manifestó una significancia estadística muy alta ( $p = 0.0079$ ), lo que se traduce físicamente en las marcadas crestas y curvaturas de la superficie de respuesta; este fenómeno comprueba que ligeras reducciones en la harina de camote (18.00%) en favor de la harina de trigo (~61-62%) mitigan el atrapamiento estérico provocado por la rápida gelatinización de los almidones del camote, optimizando la porosidad de la matriz de gluten y maximizando la extractabilidad y estabilidad térmica de los polifenoles provistos por la harina de quinua (20.00%).

**Tabla 29**

*Estadísticos del Modelo de Polifenoles Totales de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                    | Valor  |
|------------------------------|--------|
| Desviación Estándar          | 1.92   |
| Media                        | 17.86  |
| Coeficiente de variación     | 10.76  |
| PRESS                        | 160.74 |
| Coeficiente de determinación | 0.8542 |
| $R^2$ ajustado               | 0.7267 |
| $R^2$ predicho               | 0.2072 |
| Precisión adecuada           | 8.015  |

La Tabla 29 presenta los estadísticos de ajuste para el modelo de polifenoles totales en las formulaciones de galletas, donde se observa que el coeficiente de determinación ( $R^2=0.8542$ ) y el  $R^2$  ajustado (0.7267) indican que el modelo explica una proporción sólida de la variabilidad de los datos experimentales. No obstante, existe una discrepancia crítica con el  $R^2$  predicho (0.2072), cuyo valor inusualmente bajo advierte

que el modelo tiene una capacidad muy deficiente para predecir nuevas observaciones, lo que podría deberse a datos atípicos, problemas en la estructura del modelo o un fuerte efecto de bloque. Por otra parte, el coeficiente de variación de 10.76 respecto a la media de 17.86 sugiere una dispersión aceptable en los ensayos, mientras que el indicador de precisión adecuada de 8.015 (al ser superior a 4) confirma que existe una relación señal/ruido suficiente para emplear el modelo en la exploración y navegación del espacio de diseño experimental.

**Tabla 30**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de Polifenoles Totales de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación del Coeficiente | Error gl | Estándar | IC del 95% Inferior | IC del 95% Superior | VIF  |
|------------|----------------------------|----------|----------|---------------------|---------------------|------|
| A-HT       | 25.42                      | 1        | 1.35     | 22.31               | 28.54               | 1.93 |
| B-HC       | 15.59                      | 1        | 1.36     | 12.46               | 18.72               | 1.72 |
| C-HQ       | 16.33                      | 1        | 1.36     | 13.21               | 19.46               | 1.85 |
| AB         | -19.35                     | 1        | 6.2      | -33.65              | -5.06               | 1.82 |
| AC         | -14.78                     | 1        | 6.26     | -29.22              | -0.33               | 1.66 |
| BC         | 10.97                      | 1        | 7.45     | -6.21               | 28.16               | 1.71 |
| AB(A-B)    | -77.2                      | 1        | 21.95    | -127.81             | -26.58              | 1.21 |
| BC(B-C)    | -25.05                     | 1        | 17.84    | -66.19              | 16.08               | 1.31 |

La Tabla 30 detalla los coeficientes de regresión del modelo para el contenido de polifenoles totales en las galletas, donde se evidencia que todos los componentes principales individuales —harina de trigo (A-HT = 25.42), harina de camote (B-HC = 15.59) y harina de quinua germinada (C-HQ = 16.33)— poseen un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la respuesta. Respecto a las interacciones binarias, las combinaciones de trigo con camote (AB = -19.35) y trigo con quinua germinada (AC = -14.78) muestran un marcado efecto antagonista o negativo, validado porque

sus intervalos de confianza (IC) del 95% no incluyen el cero ( [-33.65, -5.06] y [-29.22, -0.33], respectivamente), mientras que la interacción entre camote y quinua germinada (BC = 10.97), junto con su término cúbico (BC(B-C) = -25.05), no resultan significativas al cruzar el cero en sus intervalos. Por último, la ausencia de problemas de multicolinealidad queda plenamente demostrada ya que todos los valores del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) se sitúan por debajo de 2, manteniéndose muy inferiores al límite crítico de 5 habitualmente establecido.

#### 4.2.3. Actividad antioxidante

Debido a que el modelo cúbico reducido no proporciona una ecuación equivalente en componentes reales o actuales, se empleó la ecuación expresada en pseudocomponentes:

$$\begin{aligned} \text{Actividad\_antioxidante} = & 1481,49(A) + 1289,78(B) + \\ & 1331,67(C) + 500,69(A)(B) - 8467,60(A)(B)(A - B) \end{aligned}$$

(3)

Donde A representa la harina de trigo, B la harina de camote morado y C la harina de quinua germinada, expresadas como pseudocomponentes del diseño. La fórmula evidencia un comportamiento no lineal, debido a la interacción entre la harina de trigo y la harina de camote morado. El término AB(A-B) indica que la actividad antioxidante depende principalmente del equilibrio entre ambos componentes y no únicamente de su efecto individual.

**Tabla 31***Resultados de actividad antioxidante de las formulaciones de galletas.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqg(%) | DPPH (uMol Trolox/100 g) |
|---------|--------|--------|--------|--------------------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 1238.79 ± 23.48          |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 1301.88 ± 30.44          |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 1290.81 ± 68.17          |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 1308.53 ± 93.93          |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 1312.95 ± 30.68          |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 1408.15 ± 41.48          |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 1414.79 ± 23.95          |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 1776.77 ± 42.27          |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 1534.35 ± 28.18          |
| F 10    | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 1208.90 ± 23.01          |
| F 11    | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 1191.19 ± 65.53          |
| F12     | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 1255.39 ± 91.31          |
| F13     | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 1212.22 ± 51.66          |
| F14     | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 1242.11 ± 26.57          |
| F15     | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 1262.03 ± 18.79          |
| F16     | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 2155.35 ± 23.48          |

**Nota:** Media de 3 repeticiones ± DS.

Los resultados del análisis de actividad antioxidante (Tabla 31) demostraron que la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de camote y harina de quinua germinada ejerce un impacto directo sobre el valor funcional de las galletas. La formulación F16 exhibió la mayor capacidad antioxidante con  $2155.35 \pm 23.48$  uMol Trolox/100 g, superando ampliamente a F 11 ( $1191.19 \pm 65.53$  uMol Trolox/100 g), la cual presentó la menor actividad. Esta tendencia sugiere que el decremento de harina de trigo en favor de proporciones equilibradas de harina de camote (19.36%) y quinua germinada (20.19%) maximiza la retención de compuestos bioactivos en la matriz alimentaria. Este comportamiento se atribuye a los antioxidantes naturales del camote

y al incremento de compuestos fenólicos libres derivado del proceso de germinación de la quinua, consolidando a estas mezclas como alternativas viables para el desarrollo de alimentos funcionales.

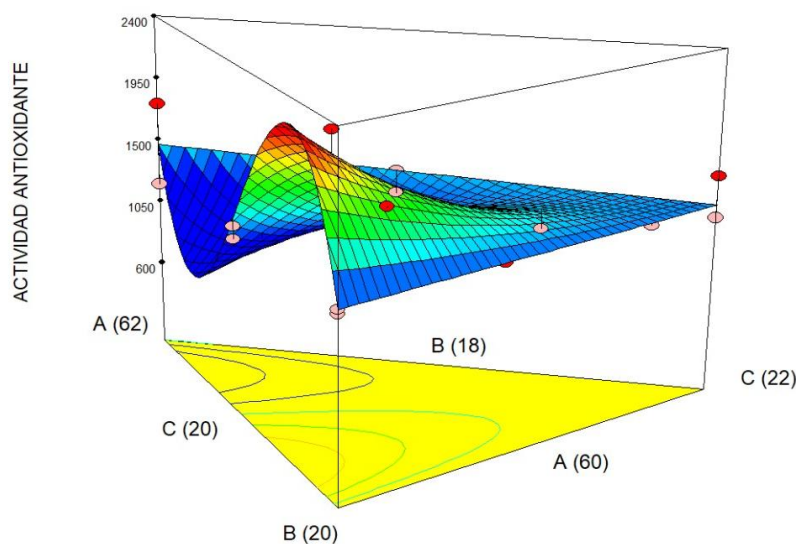
En conjunto, los resultados evidencian que la formulación de las mezclas influye directamente en la capacidad antioxidante del producto final.

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Paucar et al. (2022), quienes señalan que la incorporación de pseudocereales germinados y cultivos andinos incrementa significativamente la actividad antioxidante debido a la liberación de compuestos fenólicos y la activación de enzimas antioxidantes durante el proceso de germinación. En este sentido, la quinua germinada actúa como un componente clave en el incremento de la capacidad antioxidante del producto.

De manera similar, Rafael y Tiravanti (2024) indican que la inclusión de harinas no convencionales, como la pulpa de café y la quinua, en matrices de panificación mejora significativamente los niveles de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante. Este comportamiento respalda los resultados obtenidos en el presente estudio, donde las formulaciones con mayor proporción de ingredientes funcionales muestran un desempeño antioxidante superior.

**Figura 9.**

*Grafica de superficie de respuesta de Actividad antioxidante de las formulaciones de la galleta.*

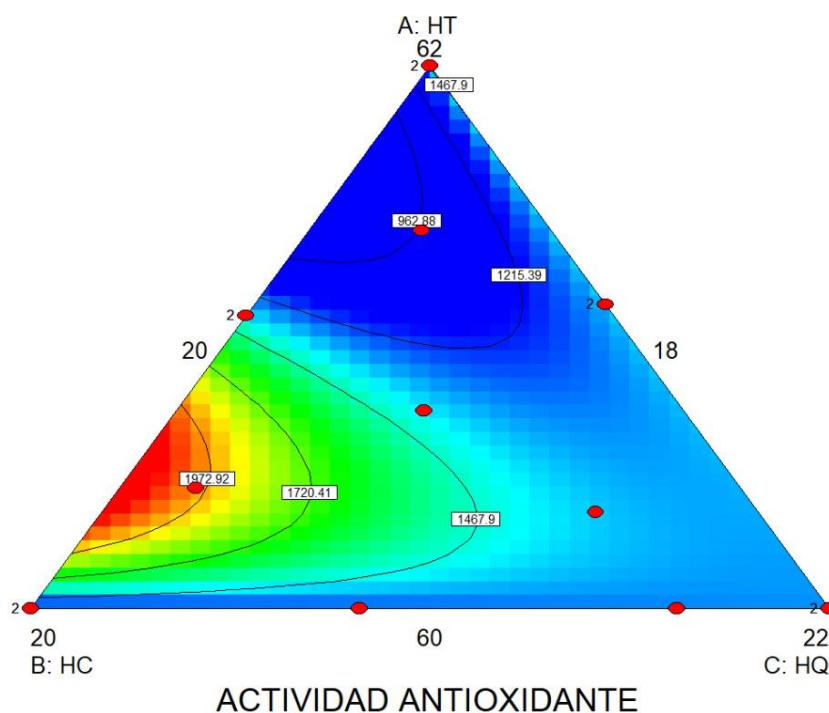


*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

La superficie de respuesta muestra la variación de la actividad antioxidante de las galletas según las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ), dentro de los límites evaluados. Los valores estimados oscilaron entre 1191,19 y 2155,35  $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ . La mayor actividad antioxidante se ubicó en la región próxima al contenido mínimo de HQ (20 %), con mayor proporción de HT y menor proporción de HC; mientras que los valores más bajos se observaron al aumentar HC y disminuir HT. La curvatura pronunciada de la superficie evidencia un comportamiento no lineal, indicando que la respuesta depende de la combinación de las tres harinas. Los puntos rojos representan los valores experimentales y las líneas verticales muestran la diferencia respecto a los valores estimados por el modelo.

**Figura 10.**

*Grafica de contornos de Actividad antioxidante de las formulaciones de las galletas.*



En la Figura 10 se presenta el gráfico de contornos ternarios optimizado para la actividad antioxidante mediante el modelo cúbico reducido. El mapa de superficie revela que la mayor capacidad de captación de radicales libres se localiza de forma específica en la región basal izquierda (zona roja y anaranjada), delimitando un área óptima donde una sustitución máxima de harina de camote (19.36% - 20.00%) e interacciones controladas con la harina de trigo potencian la retención de compuestos bioactivos funcionales hasta alcanzar el máximo experimental de 2155.35 uMol Trolox/100 g. En contraste, se aprecia un marcado gradiente de descenso hacia zonas azuladas a medida que el sistema se aproxima al vértice superior de máxima inclusión de harina de trigo (62%), o bien hacia el extremo inferior derecho de harina de quinua germinada (22%).

La distribución de los contornos refleja un comportamiento gradual de la respuesta, lo que indica que la actividad antioxidante depende de la interacción proporcional de los tres componentes evaluados.

**Tabla 32**

*Tabla de ANOVA para el modelo cúbico reducido de mezcla de a Actividad Antioxidante de las formulaciones de las galletas*

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | gl | Cuadrado Medio | Valor F | Valor p (Prob > F) | Significación    |
|---------------------|-------------------|----|----------------|---------|--------------------|------------------|
| Modelo              | 6.03E+05          | 4  | 1.51E+05       | 4.53    | 0.0209             | Significativo    |
| Mezcla Lineal       | 11566.91          | 2  | 5783.46        | 0.17    | 0.8428             |                  |
| AB                  | 24411.41          | 1  | 24411.41       | 0.73    | 0.4102             |                  |
| AB(A-B)             | 5.89E+05          | 1  | 5.89E+05       | 17.67   | 0.0015             |                  |
| Residual (Error)    | 3.66E+05          | 11 | 33304.72       |         |                    |                  |
| Falta de Ajuste     | 1.35E+05          | 6  | 22510.01       | 0.49    | 0.7969             | No significativo |
| Error Puro          | 2.31E+05          | 5  | 46258.37       |         |                    |                  |
| Total Corregido     | 9.70E+05          | 15 |                |         |                    |                  |

En la Tabla 32 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el modelo cúbico reducido de mezcla correspondiente a la actividad antioxidante. El modelo demostró ser estadísticamente significativo ( $p = 0.0209$ ) con un valor F de 4.53, validando la capacidad predictiva de la ecuación matemática formulada. Asimismo, la falta de ajuste no significativa ( $p = 0.7969$ ) corrobora el adecuado acoplamiento del modelo a los datos experimentales obtenidos. Al evaluar los componentes individuales e interacciones, se observa que la mezcla lineal y la interacción binaria simple (AB) no ejercieron un efecto significativo en la variable respuesta ( $p > 0.05$ ). No obstante, el término de interacción cúbica reducida AB(A-B) resultó altamente significativo ( $p = 0.0015$ ), lo que demuestra que la capacidad antioxidante de las galletas está fuertemente gobernada por un efecto sinérgico no

lineal y específico entre las proporciones de harina de trigo y harina de camote empleadas en el diseño.

La harina de quinua germinada y la de camote son las principales fuentes de compuestos bioactivos en las galletas. Sin embargo, estadísticamente el término cúbico reducido AB(A-B) resultó ser el más significativo debido a que la retención final de estos antioxidantes tras el proceso de horneado depende estrictamente de la interacción y el efecto protector que ejerce la matriz de harina de trigo en combinación con la harina de camote. Además, dado que la harina de quinua se mantuvo en proporciones basales estables (20-22%) en el diseño, el modelo matemático identifica que las fluctuaciones críticas en la respuesta son gobernadas por la óptima sustitución e interacción de los componentes A y B.

**Tabla 33**

*Estadísticos del Modelo de Actividad Antioxidante de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                    | Valor      |
|------------------------------|------------|
| Desviación Estándar          | 182.50     |
| Media                        | 1382.14    |
| Coeficiente de variación     | 13.20      |
| PRESS                        | 1.270E+006 |
| Coeficiente de determinación | 0.6221     |
| R <sup>2</sup> ajustado      | 0.4847     |
| R <sup>2</sup> predicho      | -0.3099    |
| Precisión adecuada           | 10.073     |

Con respecto a los criterios de precisión y ajuste del modelo propuesto (Tabla 33), se obtuvo un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0.6221, lo que indica que el 62.21% de los cambios en la capacidad antioxidante de las galletas se encuentra justificado por las interacciones del modelo modificado. El coeficiente de variación (C.V.) se situó en 13.20%, demostrando una adecuada repetibilidad y control en las mediciones experimentales de laboratorio. Asimismo, el indicador de precisión adecuada (*Adeq*

*Precision*) reportó un valor de 10.073; al superar holgadamente el límite crítico de 4.0, se confirma que el modelo posee una relación señal-ruido óptima y cuenta con la capacidad estadística suficiente para discriminar y explorar el espacio de diseño en la optimización de las mezclas de harinas.

**Tabla 34**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de la Actividad Antioxidante de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación del Coeficiente | Error gl | Estándar | IC del 95% Inferior | IC del 95% Superior | VIF  |
|------------|----------------------------|----------|----------|---------------------|---------------------|------|
| A-HT       | 1481.49                    | 1        | 112.98   | 1232.83             | 1730.15             | 1.5  |
| B-HC       | 1289.78                    | 1        | 119.24   | 1027.34             | 1552.22             | 1.47 |
| C-HQ       | 1331.67                    | 1        | 98.53    | 1114.81             | 1548.53             | 1.08 |
| AB         | 500.69                     | 1        | 584.82   | -786.5              | 1787.88             | 1.79 |
| AB(A-B)    | -8467.6                    | 1        | 2014.31  | -12901.07           | -4034.14            | 1.13 |

La ecuación predictiva obtenida en función de los pseudo-componentes demuestra que los tres factores ejercen una contribución lineal positiva sobre la matriz, destacando la harina de trigo (A) con un coeficiente de 1481.49, seguida por la harina de quinua (C) con 1331.67 y la harina de camote (B) con 1289.78. No obstante, el comportamiento de la variable está fuertemente regido por efectos de mezcla no lineales; el término de interacción binaria AB exhibió un efecto sinérgico complementario (500.69), mientras que el término cúbico AB(A-B) presentó un coeficiente negativo antagónico de magnitud crítica (-8467.60). Este alto valor negativo fundamenta estadísticamente la marcada curvatura asimétrica observada en la superficie de respuesta ternaria, delimitando de forma estricta la región óptima de sustitución. Finalmente, los valores del Factor de Inflación de la Varianza ( $VIF < 1.80$ ) descartan la existencia de multicolinealidad, confirmando la estabilidad de los coeficientes estimados.

En conjunto, los resultados evidencian que los tres factores influyen de manera positiva y equilibrada en la actividad antioxidante de las formulaciones de galletas.

#### **4.2.4. Análisis sensorial**

Según García (2019), La evaluación sensorial consiste en describir y examinar si un producto alimenticio es bien recibido o no por el degustador, fundamentándose en las percepciones que se tienen desde el instante en que lo ve hasta después de probarlo. Asimismo, ayuda a valorar las propiedades sensoriales de los alimentos con el objetivo de analizar su calidad y prever la aprobación del consumidor (Valle & Mina, 2021)

##### **4.2.4.1. Evaluación olor sensorial**

El modelo lineal obtenido mediante el software Design-Expert se expresó mediante la siguiente ecuación:

$$Olor\_sensorial = 0,07976(HT) + 0,071598(HC) + 0,007202(HQ) \quad (4)$$

Donde HT representa la harina de trigo, HC la harina de camote morado y HQ la harina de quinua germinada. La ecuación permite calcular la puntuación estimada del olor sensorial a partir de la combinación de las tres harinas. Debido a que corresponde a un diseño de mezclas, los términos deben interpretarse conjuntamente y dentro de los límites experimentales establecidos.

Se presentan en la tabla 35 los resultados correspondientes a la variable de olor sensorial.

**Tabla 35***Puntuaciones de la evaluación sensorial del olor sensorial.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqg(%) | Olor        |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 5.2 ± 2.01  |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 5.9 ± 1.90  |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 6.0 ± 1.65  |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 5.7 ± 1.66  |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 6.2 ± 1.64  |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 6.2 ± 1.79  |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 6.2 ± 1.44  |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 6.7 ± 0.92  |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 6.7 ± 1.79  |
| F10     | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 6.5 ± 1.50  |
| F11     | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 6.6 ± 1.54  |
| F12     | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 6.2 ± 1.76  |
| F13     | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 6.1 ± 1.65  |
| F14     | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 7.0 ± 1.28  |
| F15     | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 7.1 ± 0.694 |
| F16     | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 6.9 ± 1.62  |

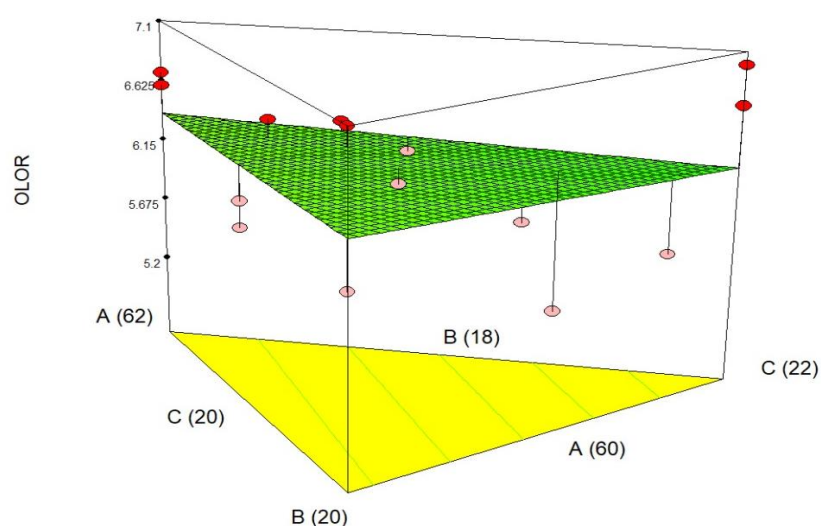
**Nota:** Media de 30 repeticiones ± DS.

Con respecto a la evaluación sensorial del atributo olor de las galletas, se observa que las puntuaciones promedio otorgadas por los jueces se situaron dentro de un rango estrecho que va desde 5.2 ± 2.01 para la formulación F1 hasta 7.1 ± 0.694 para la formulación F15. Tomando en consideración la escala hedónica de 9 puntos empleada, la media global del atributo (6.33) ubica la aceptación del aroma entre las categorías descriptivas de me gusta poco y me gusta moderadamente, lo cual denota una respuesta favorable generalizada por parte de los panelistas. Asimismo, resalta una marcada dispersión de los datos en la mayoría de los tratamientos, reflejada en desviaciones estándar que superan de manera recurrente el valor de 1.5 puntos. Con

ello se demuestra que las discretas variaciones en la sustitución de harina de trigo por harina de camote y harina de quinua germinada no modifican el perfil aromático de las galletas de manera estadísticamente perceptible, manifestándose como un atributo estable y homogéneo en todas las formulaciones ensayadas. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Rodríguez (2023), quien indica que la incorporación de harinas no convencionales en productos de panificación puede modificar significativamente el perfil aromático debido a la presencia de compuestos fenólicos y productos de reacción de Maillard. En este sentido, las variaciones observadas en el presente estudio reflejan el efecto combinado de los ingredientes sobre la percepción del olor. Asimismo, Fernández y Julca (2025) señalan que la sustitución parcial de harina de trigo por harinas funcionales influye en la aceptación sensorial del aroma, debido a cambios en la composición química de la masa durante el horneado. Este comportamiento coincide con los resultados obtenidos, donde ciertas formulaciones presentan mejores calificaciones, lo que sugiere una interacción favorable entre los componentes de la mezcla.

**Figura 11**

*Grafica de superficie de respuesta de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.*

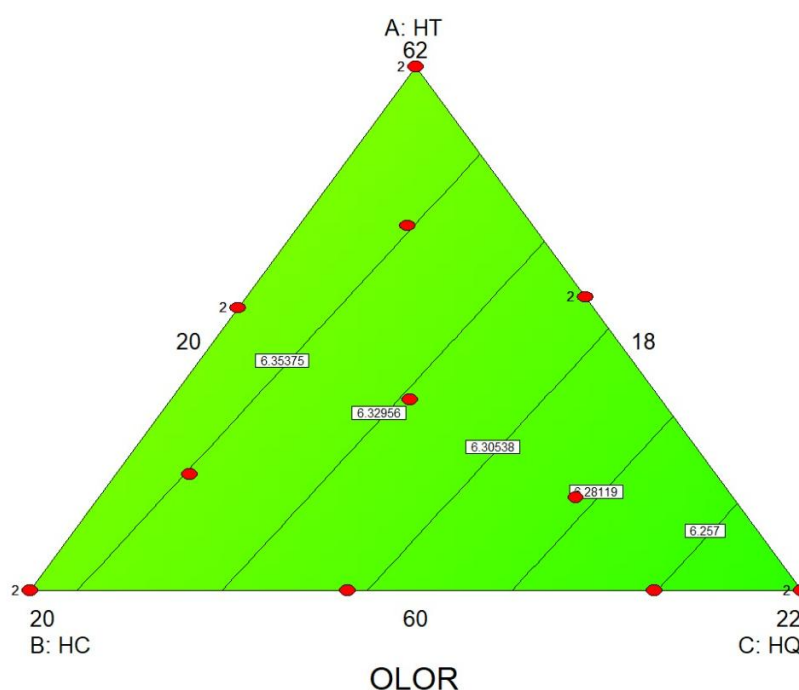


*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

La superficie de respuesta muestra la variación de la aceptabilidad sensorial del olor de las galletas según las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ), dentro de los intervalos evaluados de 60–62 %, 18–20 % y 20–22 %, respectivamente. Los valores estimados se encontraron entre 5,2 y 7,1 puntos de la escala hedónica. La superficie prácticamente plana, sin picos ni valles pronunciados, indica que las modificaciones en las proporciones de las harinas produjeron variaciones reducidas en la aceptación del olor. Este comportamiento concuerda con la falta de significancia estadística del modelo ( $p > 0,05$ ), por lo que no se evidenció un efecto significativo de la composición de la mezcla sobre esta respuesta sensorial. Los puntos rojos representan los valores experimentales y las líneas verticales muestran las diferencias respecto de los valores estimados por el modelo.

**Figura 12**

*Grafica de contornos de Olor sensorial de las formulaciones de las galletas.*



En la Figura 12 se presenta la gráfica de contornos de la aceptación sensorial del olor de las galletas en función de las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ). Las líneas de contorno rectas, paralelas y ampliamente separadas evidencian un comportamiento lineal y una variación reducida de la respuesta dentro de la región experimental. Los valores estimados se ubicaron aproximadamente entre 6,28 y 6,35 puntos de la escala hedónica, correspondientes a una aceptación favorable del atributo olor. Se aprecia una ligera tendencia a disminuir la puntuación al incrementarse la proporción de HQ; sin embargo, el gradiente de color prácticamente uniforme indica que estas diferencias fueron mínimas. Los puntos rojos representan las formulaciones evaluadas. En concordancia con el análisis de varianza ( $p > 0,05$ ), no se evidenció un efecto estadísticamente significativo de las proporciones de las harinas sobre la aceptación sensorial del olor.

**Tabla 36**

*Tabla de ANOVA para el modelo lineal de Mezcla de los Olor de las formulaciones de las galletas*

| Fuente          | Suma de Cuadrados | gl | Cuadrado Medio | Valor F | Valor p (Prob > F) |
|-----------------|-------------------|----|----------------|---------|--------------------|
| Modelo          | 0.038             | 2  | 0.019          | 0.065   | 0.9377             |
| Mezcla lineal   | 0.038             | 2  | 0.019          | 0.065   | 0.9377             |
| Residuo         | 3.79              | 13 | 0.29           |         |                    |
| Falta de ajuste | 3.12              | 8  | 0.39           | 2.89    | 0.1291             |
| Error puro      | 0.67              | 5  | 0.13           |         |                    |
| Total Corregido | 3.83              | 15 |                |         |                    |

El Análisis de Varianza (ANOVA) realizado para la respuesta sensorial de olor mediante un modelo lineal de mezclas, determinó que las variaciones en las proporciones de los componentes no ejercen un efecto estadísticamente significativo sobre esta variable, al registrar un valor p de 0.9377 ( $p > 0.05$ ) y un valor F de solo

0.065. Asimismo, la prueba de falta de ajuste (*Lack of Fit*) resultó ser no significativa ( $p = 0.1291$ ), lo cual confirma que el error residual se debe enteramente a la variabilidad experimental y no a una inadecuación del modelo matemático. Estos indicadores estadísticos demuestran que las modificaciones en las formulaciones de las galletas dentro del espacio de diseño restringido no inducen cambios perceptibles en el perfil aromático, manifestando un comportamiento homogéneo y estable independiente de las tasas de sustitución de las harinas evaluadas.

**Tabla 37**

*Estadísticos del Modelo de Olor de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                    | Valor   |
|------------------------------|---------|
| Desviación Estándar          | 0.54    |
| Media                        | 6.33    |
| Coeficiente de variación     | 8.54    |
| PRESS                        | 6.16    |
| Coeficiente de determinación | 0.0099  |
| $R^2$ ajustado               | -0.1425 |
| $R^2$ predicho               | -0.6072 |
| Precisión adecuada           | 0.620   |

El análisis estadístico e instrumental de la aceptabilidad sensorial del olor determinó de forma concluyente que este atributo no varía ni experimenta modificaciones significativas ante los cambios en la formulación de las galletas. Esta ausencia de variación se fundamenta en un valor  $p$  de 0.9377 ( $p > 0.05$ ) obtenido en el Análisis de Varianza (ANOVA) y en un coeficiente de determinación extremadamente bajo ( $R^2 = 0.0099$ ), indicadores que demuestran que las sutiles fluctuaciones en las proporciones de harina de trigo (60 - 62), harina de camote (18% - 20%) y harina de quinua germinada (20% - 22%) no ejercen un efecto real sobre el perfil aromático. Numéricamente, el atributo se mantuvo estable en torno a una media global de 6.33 en la escala hedónica, un comportamiento homogéneo que visualmente se traduce en una superficie de respuesta tridimensional completamente plana. Científicamente, esta

estabilidad se atribuye a que los estrechos rangos de sustitución evaluados no logran alterar los compuestos volátiles predominantes generados durante el horneado (reacción de Maillard), consolidando al olor como una propiedad sensorial robusta, invariable e independiente de las mezclas ensayadas dentro del espacio de diseño restringido.

**Tabla 38**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de Olor de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación | df | Error | IC 95% Inferior | IC 95% Superior | VIF  |
|------------|------------|----|-------|-----------------|-----------------|------|
| A-HT       | 6.38       | 1  | 0.29  | 5.76            | 7               | 1.10 |
| B-HC       | 6.36       | 1  | 0.30  | 5.70            | 7.02            | 1.09 |
| C-HQ       | 6.23       | 1  | 0.29  | 5.61            | 6.86            | 1.08 |

Con respecto a los coeficientes estimados del modelo de regresión lineal para el atributo olor (Tabla 38), se evidencia matemáticamente la homogeneidad y la ausencia de variación en la respuesta ante los cambios de los componentes de la mezcla. Los coeficientes para la harina de trigo (A-HT: 6.38), la harina de camote (B-HC: 6.36) y la harina de quinua germinada (C-HQ: 6.23) presentan valores numéricos sumamente cercanos entre sí, lo que confirma que el impacto individual de cada ingrediente sobre el aroma es equivalente y se sitúa de manera uniforme entre las categorías hedónicas de me gusta poco y me gusta moderadamente. Asimismo, los intervalos de confianza del 95% (95% IC) para los tres componentes se superponen de forma casi idéntica (abarcando rangos similares entre 5.6 y 7.0), denotando que estadísticamente no existen diferencias reales entre sus efectos. Finalmente, los valores del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) cercanos a la unidad (aprox. 1.09) demuestran una ausencia total de multicolinealidad severa, ratificando que la estabilidad observada en el olor es un reflejo genuino de la formulación y consolidando la conclusión de que este atributo se mantiene invariable y robusto dentro del espacio de diseño restringido.

#### 4.2.4.2. Evaluación sabor sensorial

El modelo cúbico obtenido mediante el software Design-Expert se expresó mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Sabor}_{\text{sensorial}} = & 29,04885(HT) - 10605,91576(HC) + 8574,63127(HQ) + \\ & 204,20939(HT)(HC) - 166,52734(HT)(HQ) + 16,53773(HC)(HQ) - \\ & 0,031168(HT)(HC)(HQ) - 1,42186(HT)(HC)(HT - HC) + \\ & 1,16778(HT)(HQ)(HT - HQ) + 0,056867(HC)(HQ)(HC - HQ) \end{aligned} \quad (5)$$

Donde HT representa la harina de trigo, HC la harina de camote morado y HQ la harina de quinua germinada. La ecuación permite estimar la puntuación del sabor sensorial según la combinación de las tres harinas. La presencia de términos de interacción indica un comportamiento no lineal, por lo que los componentes deben interpretarse conjuntamente y dentro de los límites experimentales establecidos.

Se presentan en la tabla 39 los resultados correspondientes a la variable de sabor sensorial.

**Tabla 39**

*Puntuaciones de la evaluación sensorial del sabor sensorial.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqg(%) | Sabor      |
|---------|--------|--------|--------|------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 5.6 ± 1.73 |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 6.3 ± 1.86 |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 6.1 ± 1.37 |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 6.2 ± 1.82 |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 5.9 ± 1.81 |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 6.3 ± 1.30 |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 6.7 ± 1.60 |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 6.5 ± 1.57 |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 6.2 ± 1.82 |

|      |        |        |        |            |
|------|--------|--------|--------|------------|
| F 10 | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 6.2 ± 2.07 |
| F 11 | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 6.9 ± 1.73 |
| F12  | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 6.7 ± 1.26 |
| F13  | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 6.6 ± 1.19 |
| F14  | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 7.4 ± 1.14 |
| F15  | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 7.4 ± 1.23 |
| F16  | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 7.2 ± 1.73 |

---

**Nota:** Media de 30 repeticiones ± DS

Con respecto a la evaluación de la aceptabilidad sensorial del atributo sabor en las galletas, se observa que las puntuaciones promedio otorgadas por los jueces registraron un rango de variación que oscila entre un valor mínimo de  $5.6 \pm 1.73$  correspondiente a la formulación F1 [HT: 60.355%, HC: 18.408%, HQg: 21.237%] y valores máximos idénticos de  $7.4 \pm 1.14$  para la formulación F14 [HT: 60.000%, HC: 18.001%, HQg: 21.999%] y  $7.4 \pm 1.23$  para la formulación F15 [HT: 60.001%, HC: 19.999%, HQg: 20.000%]. Al contrastar estos resultados con la escala hedónica de 9 puntos, el sabor de las muestras transitó desde la categoría me gusta poco (F1) hasta alcanzar un nivel de me gusta moderadamente en los tratamientos máximos (F14 y F15), demostrando una preferencia superior cuando se optimizan las interacciones de los componentes. Asimismo, la presencia de desviaciones estándar elevadas en la mayoría de las corridas (superiores a 1.5 puntos) refleja la variabilidad y la heterogeneidad en los umbrales de percepción de los panelistas; no obstante, el hecho de que todas las medias se posicionen por encima de la puntuación neutral (5.0) confirma que las sustituciones de harina de trigo por harina de camote y harina de quinua germinada mantienen una palatabilidad favorable y un perfil de sabor aceptable en todo el espacio de diseño evaluado.

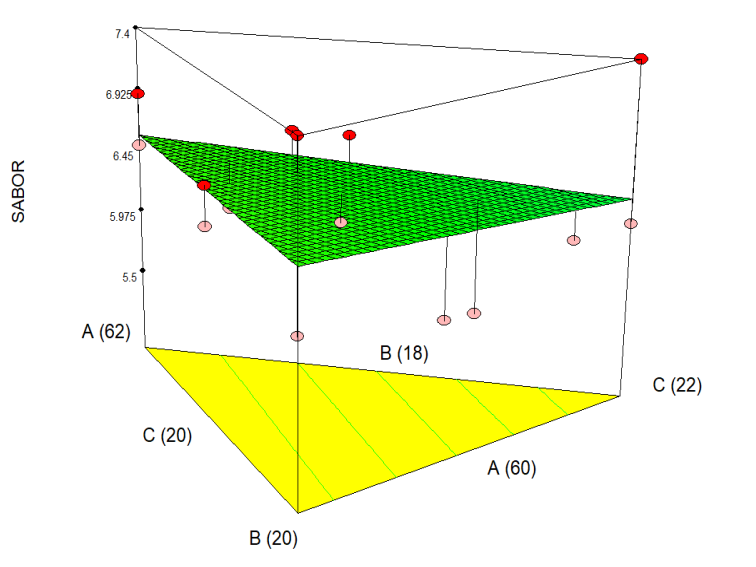
Estos resultados son consistentes con lo reportado por Fernández y Julca (2025),

quienes indican que la sustitución parcial de harina de trigo por harinas funcionales puede modificar significativamente el sabor del producto debido a cambios en la composición química de la masa y en la formación de compuestos generados durante el horneado. En este sentido, las formulaciones mejor valoradas podrían asociarse a un equilibrio adecuado entre los ingredientes utilizados.

Asimismo, Matos (2022) señala que el incremento de harinas no convencionales en productos de panificación puede afectar tanto positiva como negativamente la aceptación sensorial del sabor, dependiendo del nivel de sustitución. Este comportamiento coincide con los resultados obtenidos, donde ciertas formulaciones muestran mejor aceptación, mientras que otras presentan menor puntuación sensorial

**Figura 13**

*Grafica de superficie de respuesta de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.*

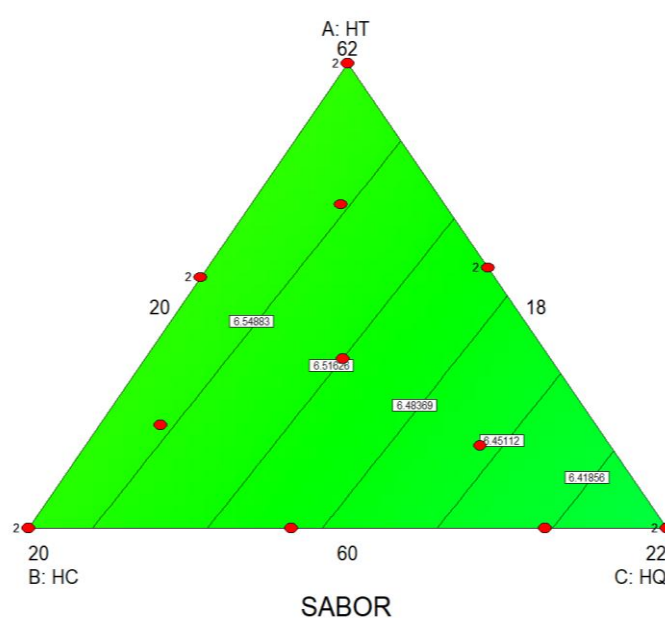


*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

En la Figura 13 se presenta la superficie de respuesta de la aceptación sensorial del sabor de las galletas en función de las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ), dentro de los intervalos evaluados de 60–62 %, 18–20 % y 20–22 %, respectivamente. Aunque las puntuaciones experimentales estuvieron comprendidas entre 5,6 y 7,4 puntos, la superficie predicha presenta una variación reducida y una forma prácticamente plana. Se observa una ligera tendencia a obtener mayores puntuaciones en las formulaciones con mayor proporción de HT y menores puntuaciones al incrementarse la HQ; sin embargo, las diferencias fueron pequeñas dentro de la región experimental. La ausencia de curvaturas, picos o valles pronunciados indica un comportamiento aproximadamente lineal de la respuesta. Los puntos rojos representan los valores experimentales y las líneas verticales muestran la diferencia entre estos y los valores estimados por el modelo. En general, las formulaciones obtuvieron puntuaciones superiores al punto medio de la escala hedónica, lo que evidencia una aceptación favorable del sabor.

#### Figura 14

*Grafica de contornos de Sabor sensorial de las formulaciones de las galletas.*



El comportamiento de la aceptabilidad sensorial del sabor se evalúa mediante el gráfico de contornos de mezcla bidimensional (Figura 14), establecido dentro de la región restringida para los componentes harinas de trigo [A: HT (60% - 62%)], camote [B: HC (18% - 20%)] y quinua germinada [C: HQ (20% - 22%)]. En la representación gráfica se aprecia un perfil de líneas de contorno lineales y paralelas con una coloración verde predominantemente homogénea, lo que refleja variaciones muy discretas en la predicción del software (abarcando un rango estimado de 6.41 a 6.54 en las etiquetas de contorno). Esta distribución visual demuestra que las modificaciones controladas en la formulación no generan un impacto drástico o curvaturas complejas en la aceptabilidad del sabor, manteniendo una puntuación promedio general favorable y estable. Las líneas paralelas revelan que el incremento conjunto de la harina de trigo y la harina de camote, en detrimento de la harina de quinua germinada, induce un incremento sutil y lineal en la preferencia de los jueces, consolidando un patrón de comportamiento robusto que preserva la palatabilidad del producto final en todo el espacio de mezcla analizado.

**Tabla 40**

*Tabla de ANOVA para el modelo lineal de Mezcla de sabor de las formulaciones de las galletas*

| Fuente          | Suma de Cuadrados | gl | Cuadrado Medio | Valor F | Valor p (Prob > F) |
|-----------------|-------------------|----|----------------|---------|--------------------|
| Modelo          | 0.071             | 2  | 0.035          | 0.12    | No significativo   |
| Mezcla lineal   | 0.071             | 2  | 0.035          | 0.12    | 0.8915             |
| Residuo         | 3.97              | 13 | 0.31           |         |                    |
| Falta de ajuste | 2.28              | 8  | 0.28           | 0.84    | No significativo   |
| Error puro      | 1.69              | 5  | 0.34           |         |                    |
| Total Corregido | 4.04              | 15 |                |         |                    |

El Análisis de Varianza (ANOVA) ejecutado para la respuesta sensorial de sabor a través de un modelo lineal de mezclas (Tabla 40) determinó que las modificaciones en las proporciones de los componentes no ejercen un efecto estadísticamente significativo sobre este atributo, al registrar un valor p de 0.8915 ( $p > 0.05$ ) y un valor F de 0.12. Asimismo, la prueba de falta de ajuste (*Lack of Fit*) resultó ser no significativa con un valor p de 0.6062 ( $p > 0.05$ ), lo cual demuestra la idoneidad del error residual y confirma que las fluctuaciones en los puntajes se deben al azar experimental y no a deficiencias del modelo. Estos indicadores confirman que el sabor de las galletas se mantiene invariable, homogéneo y robusto frente a las sutiles variaciones de sustitución entre la harina de trigo, harina de camote y harina de quinua germinada dentro del espacio de diseño restringido, garantizando que la palatabilidad general del producto final no se ve alterada de forma estadísticamente perceptible en ninguna de las combinaciones ensayadas.

**Tabla 41**

*Estadísticos del Modelo de sabor de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                    | Valor   |
|------------------------------|---------|
| Desviación Estándar          | 0.55    |
| Media                        | 6.51    |
| Coeficiente de variación     | 8.48    |
| PRESS                        | 6.71    |
| Coeficiente de determinación | 0.0175  |
| R <sup>2</sup> ajustado      | -0.1336 |
| R <sup>2</sup> predicho      | -0.6621 |
| Precisión adecuada           | 0.817   |

El análisis estadístico e instrumental de la aceptabilidad sensorial del sabor determinó de forma concluyente que este atributo no varía ni experimenta modificaciones significativas ante los cambios en la formulación de las galletas. Esta ausencia de variación se fundamenta en un valor p de 0.8915 ( $p > 0.05$ ) obtenido en el Análisis de

Varianza (ANOVA) y en un coeficiente de determinación extremadamente bajo ( $R^2=0.0175$ ), indicadores que demuestran que las sutiles fluctuaciones en las proporciones de harina de trigo (60% - 62%), harina de camote (18% - 20%) y harina de quinua germinada (20% - 22%) no ejercen un efecto real sobre las propiedades organolépticas del sabor. Numéricamente, el atributo se mantuvo estable en torno a una media generalizada de 6.51 en la escala hedónica, lo cual se traduce visualmente en una superficie de respuesta tridimensional y gráficos de contorno bidimensionales completamente planos. Científicamente, esta estabilidad se atribuye a que los estrechos rangos de sustitución evaluados logran preservar la palatabilidad base del producto sin alterar los descriptores gustativos fundamentales de manera perceptible para los jueces, consolidando al sabor como una propiedad sensorial robusta, invariable e independiente de las mezclas ensayadas dentro del espacio de diseño restringido.

**Tabla 42**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de sabor de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación | df | Error | IC Inferior | 95% Superior | VIF  |
|------------|------------|----|-------|-------------|--------------|------|
| A-HT       | 6.58       | 1  | 0.29  | 5.95        | 7.22         | 1.10 |
| B-HC       | 6.57       | 1  | 0.31  | 5.89        | 7.24         | 1.09 |
| C-HQ       | 6.39       | 1  | 0.30  | 5.74        | 7.03         | 1.08 |

Con respecto a los coeficientes estimados del modelo de regresión lineal para el atributo sensorial sabor, se corrobora matemáticamente la homogeneidad y la falta de variación de esta respuesta ante los cambios en las proporciones de la mezcla. Los coeficientes individuales calculados para la harina de trigo (A-HT: 6.58), la harina de camote (B-HC: 6.57) y la harina de quinua germinada (C-HQ: 6.39) presentan valores numéricos sumamente próximos e interconectados, reflejando que el impacto de cada

componente sobre la palatabilidad es equivalente y se mantiene alineado con la categoría hedónica de me gusta poco y me gusta moderadamente. Esta similitud de efectos se valida mediante la superposición casi perfecta de sus intervalos de confianza al 95% (95% CI), cuyos rangos compartidos confirman la inexistencia de diferencias estadísticas reales entre los ingredientes. Asimismo, los valores del Factor de Inflación de la Varianza (VIF 1.09) cercanos a la unidad demuestran la ausencia de multicolinealidad severa en el espacio restringido, ratificando estadísticamente que la estabilidad del sabor es una propiedad robusta y que el atributo permanece invariable frente a las sustituciones ensayadas.

#### 4.2.4.3. Evaluación color sensorial

Se evaluó la aceptabilidad sensorial del color mediante panelistas. Ambas evaluaciones son complementarias, ya que la colorimetría cuantifica objetivamente el color, mientras que la evaluación sensorial determina el grado de agrado visual de las galletas.

El modelo cúbico obtenido mediante el software Design-Expert se expresó mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Color\_sensorial} = & -147,57995(HT) - 1104,98703(HC) + 5171,86717(HQ) + \\
 & 24,78164(HT)(HC) - 94,81245(HT)(HQ) - 65,96388(HC)(HQ) + \\
 & 0,692955(HT)(HC)(HQ) - 0,17423(HT)(HC)(HT - HC) + \\
 & 0,65001(HT)(HQ)(HT - HQ) + 0,11293(HC)(HQ)(HC - HQ)
 \end{aligned} \tag{6}$$

Donde HT representa la harina de trigo, HC la harina de camote morado y HQ la harina de quinua germinada. La ecuación permite estimar la puntuación del color sensorial a

partir de la combinación de las tres harinas. La presencia de términos de interacción evidencia un comportamiento no lineal, por lo que los componentes deben interpretarse conjuntamente y dentro de los límites experimentales establecidos.

Se presentan en la tabla 43 los resultados correspondientes a la variable de color sensorial, los cuales fueron obtenidos para cada una de las formulaciones

**Tabla 43**

*Puntuaciones de la evaluación sensorial del color sensorial.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqg(%) | Color      |
|---------|--------|--------|--------|------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 6.7 ± 1.50 |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 7.0 ± 1.32 |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 6.9 ± 1.37 |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 6.9 ± 1.33 |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 6.8 ± 1.58 |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 7.0 ± 1.28 |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 7.0 ± 1.57 |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 7.0 ± 1.23 |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 7.2 ± 1.35 |
| F10     | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 7.2 ± 1.18 |
| F11     | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 6.8 ± 1.74 |
| F12     | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 6.8 ± 1.48 |
| F13     | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 7.1 ± 1.36 |
| F14     | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 7.3 ± 1.21 |
| F15     | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 7.0 ± 1.41 |
| F16     | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 7.2 ± 1.58 |

**Nota:** Media de 30 repeticiones ± DS

Con respecto a la evaluación de la aceptabilidad sensorial del atributo color en las galletas, se observa que las puntuaciones promedio otorgadas por los jueces registraron un rango muy estrecho de variación que oscila entre un valor mínimo de

$6.7 \pm 1.50$  correspondiente a la formulación F1 [HT: 60.355%, HC: 18.408%, HQg: 21.237%] y un valor máximo de  $7.3 \pm 1.21$  alcanzado por la formulación F14 [HT: 60.000%, HC: 18.001%, HQg: 21.999%]. Al contrastar estos resultados con la escala hedónica de 9 puntos, el color de todas las muestras evaluadas se posicionó de manera uniforme en torno a la categoría descriptiva de me gusta moderadamente, manifestando una respuesta visual altamente homogénea y atractiva para los panelistas. Asimismo, las desviaciones estándar se mantuvieron en valores inferiores a 1.6 puntos en casi todas las corridas experimentales, lo cual refleja una consistencia y concordancia favorable en los criterios de los jueces hacia el aspecto cromático del producto. Esta estabilidad en los promedios evidencia que las discretas variaciones en la sustitución de la harina de trigo por harina de camote y harina de quinua germinada no alteran de forma drástica la apariencia externa de las galletas, logrando conservar las características de coloración deseadas independientemente de las tasas de mezcla ensayadas dentro del espacio de diseño restringido.

Estos resultados son coherentes con lo señalado por Rodríguez (2023), quien indica que la aceptación del color en productos de panificación está estrechamente relacionada con la interacción entre pigmentos naturales y las reacciones de Maillard durante el horneado. En este sentido, las combinaciones equilibradas de harinas no convencionales pueden favorecer la percepción de un color más atractivo y estable, lo cual influye en la valoración sensorial del consumidor.

Asimismo, Fernández y Julca (2025) mencionan que la incorporación de harinas funcionales como quinua y camote morado puede modificar significativamente la percepción cromática del producto final, debido a la presencia de compuestos bioactivos y cambios en la estructura de la masa. Este comportamiento coincide con

los resultados obtenidos, donde ciertas formulaciones presentan mayores puntuaciones de color, asociadas a una mejor aceptación visual del producto.

**Tabla 44**

*Tabla de ANOVA para el modelo cubico de Mezcla de los colores sensoriales de las formulaciones de las galletas*

| Fuente          | Suma de Cuadrados | gl | Cuadrado Medio | Valor F | Valor p (Prob > F)         |
|-----------------|-------------------|----|----------------|---------|----------------------------|
| Modelo          | 0.39              | 9  | 0.043          | 4.29    | 0.045 Significativo        |
| Mezcla lineal   | 0.011             | 2  | 5.30E-03       | 0.53    | 0.6157                     |
| AB              | 0.034             | 1  | 0.034          | 3.38    | 0.1157                     |
| AC              | 0.1               | 1  | 0.1            | 9.94    | 0.0197                     |
| BC              | 0.093             | 1  | 0.093          | 9.23    | 0.0229                     |
| ABC             | 0.03              | 1  | 0.03           | 3       | 0.134                      |
| AB(A-B)         | 0.012             | 1  | 0.012          | 1.19    | 0.318                      |
| AC(A-C)         | 0.094             | 1  | 0.094          | 9.29    | 0.0226                     |
| BC(B-C)         | 7.86E-03          | 1  | 7.86E-03       | 0.78    | 0.4109                     |
| Residuo         | 0.06              | 6  | 0.01           |         |                            |
| Falta de ajuste | 5.38E-03          | 1  | 5.38E-03       | 0.49    | No significativo<br>0.5154 |
| Error puro      | 0.055             | 5  | 0.011          |         |                            |
| Total Corregido | 0.45              | 15 |                |         |                            |

El análisis de varianza (ANOVA) determinó que el atributo Color se ajusta de manera óptima a un modelo cúbico de mezclas ( $p = 0.0450$ ), mostrando una alta significancia estadística. La validez del modelo se ve respaldada por una falta de ajuste no significativa ( $p = 0.5154$ ), lo que asegura su capacidad predictiva. Dentro de los efectos específicos, las interacciones binarias entre los componentes A y C ( $p = 0.0197$ ), así como entre B y C ( $p = 0.0229$ ), junto con el término cúbico AC(A-C) ( $p = 0.0226$ ), son los factores determinantes que gobiernan los cambios cromáticos en el producto final, evidenciando que la sustitución o mezcla de las materias primas altera de forma no lineal la percepción visual de las galletas.

Estadísticamente, la Harina C (HQ) es la que influye más (y de forma más crítica) en el color de las galletas.

A pesar de que se encuentra en un menor porcentaje global en la mezcla en comparación con la Harina A, pequeños incrementos en su proporción (pasar de 20% a 22%) generan los saltos más significativos en la calificación del color. Esto explica perfectamente por qué las interacciones donde participa la Harina C (AC y BC) resultaron ser las únicas estadísticamente significativas en tu ANOVA.

**Tabla 45**

*Estadísticos del Modelo de color sensorial de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                    | Valor    |
|------------------------------|----------|
| Desviación Estándar          | 0.10     |
| Media                        | 6.99     |
| Coeficiente de variación     | 1.43     |
| PRESS                        | 6.97     |
| Coeficiente de determinación | 0.8656   |
| $R^2$ ajustado               | 0.6641   |
| $R^2$ predicho               | -14.5003 |
| Precisión adecuada           | 7.337    |

Los estadísticos de ajuste para la respuesta Color revelaron un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.8656$ , indicando que el modelo cúbico es capaz de explicar el 86.56% de la variabilidad total del atributo. No obstante, se observó un descenso en el  $R^2$  ajustado (0.6641) y un valor negativo en el  $R^2$  de predicción (-14.5003). Este comportamiento es característico de un sobreajuste espectral debido a la alta cantidad de términos polinómicos del modelo cúbico en relación con los grados de libertad residuales, lo que limita el uso del modelo para fines de extrapolación fuera de las coordenadas experimentales estudiadas. A pesar de esta restricción predictiva, el modelo posee una alta validez descriptiva dentro del espacio de diseño evaluado, respaldado por un valor de precisión adecuada (Adeq Precision) de 7.337, el cual

supera el umbral crítico de 4.0 e indica una relación señal-ruido óptima para explorar el comportamiento de las mezclas. El bajo coeficiente de variación (C.V. = 1.43%) confirma la alta reproducibilidad y el riguroso control experimental en el desarrollo de los ensayos de horneado y evaluación del color.

**Tabla 46**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de color sensorial de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación del Coeficiente | Error gl | Estándar | IC 95% Inferior | IC 95% Superior | VIF  |
|------------|----------------------------|----------|----------|-----------------|-----------------|------|
| A-HT       | 6.9                        | 1        | 0.071    | 6.73            | 7.08            | 1.95 |
| B-HC       | 6.95                       | 1        | 0.071    | 6.78            | 7.13            | 1.73 |
| C-HQ       | 7.25                       | 1        | 0.071    | 7.08            | 7.43            | 1.87 |
| AB         | 0.64                       | 1        | 0.35     | -0.21           | 1.5             | 2.11 |
| AC         | -1.24                      | 1        | 0.39     | -2.2            | -0.28           | 2.4  |
| BC         | -1.29                      | 1        | 0.42     | -2.32           | -0.25           | 2.02 |
| ABC        | 5.04                       | 1        | 2.91     | -2.08           | 12.15           | 1.95 |
| AB(A-B)    | -1.39                      | 1        | 1.28     | -4.53           | 1.74            | 1.51 |
| AC(A-C)    | 5.2                        | 1        | 1.71     | 1.03            | 9.37            | 2.06 |
| BC(B-C)    | 0.9                        | 1        | 1.02     | -1.6            | 3.41            | 1.58 |

Para cuantificar la magnitud y dirección del efecto de cada ingrediente, se evaluaron los coeficientes de regresión del modelo cúbico. El análisis de los componentes puros demostró que la Harina C (HQ) posee el mayor impacto lineal positivo sobre el color, registrando el coeficiente más alto (+7.25), en comparación con la Harina B (+6.95) y la Harina A (+6.90). Esto ratifica estadísticamente que la Harina C es el factor primordial para promover las tonalidades deseadas en el producto.

Por otra parte, aunque las interacciones binarias lineales AC y BC exhibieron coeficientes antagónicos (-1.24 y -1.29, respectivamente), el término cúbico AC(A-C) presentó un elevado coeficiente sinérgico positivo de +5.20. Este comportamiento revela una marcada naturaleza no lineal en el sistema, donde la combinación de las

harinas A y C en proporciones específicas interactúa de forma compleja, potenciando la respuesta sensorial del color de manera curva dentro del espacio de diseño. Finalmente, la validez interna de estos coeficientes se ve respaldada por los valores del Factor de Inflación de la Varianza ( $VIF < 2.40$ ), los cuales se encuentran muy por debajo del límite crítico, garantizando la ausencia de multicolinealidad y confirmando la estabilidad matemática del modelo ajustado.

#### 4.2.4.4. Evaluación intención de compra

El modelo cuadrático obtenido mediante el software Design-Expert se expresó mediante la siguiente ecuación:

$$Intención\_compra = -2,5643(HT) + 11,7649(HC) + 10,3636(HQ) - 0,7126(HC)(HQ) \quad (7)$$

Donde HT representa la harina de trigo, HC la harina de camote morado y HQ la harina de quinua germinada.

La ecuación permite estimar la puntuación de intención de compra según la combinación de las tres harinas. El término de interacción entre HC y HQ indica un comportamiento no lineal, por lo que la respuesta depende de la combinación conjunta de ambos componentes dentro de los límites experimentales establecidos.

Se presentan en la tabla 47 los resultados correspondientes a la variable de intención de compra, los cuales fueron obtenidos para cada una de las formulaciones

**Tabla 47***Puntuaciones de la evaluación sensorial de intención de compra.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqq(%) | Intención de compra |
|---------|--------|--------|--------|---------------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 3.0 ± 1.08          |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 3.1 ± 1.10          |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 3.4 ± 1.05          |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 3.2 ± 1.14          |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 3.1 ± 1.07          |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 3.3 ± 0.85          |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 3.5 ± 1.00          |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 3.4 ± 0.94          |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 3.5 ± 1.23          |
| F10     | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 3.6 ± 1.05          |
| F11     | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 3.8 ± 0.83          |
| F12     | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 3.6 ± 0.94          |
| F13     | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 3.6 ± 1.10          |
| F14     | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 4.2 ± 0.67          |
| F15     | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 3.9 ± 0.88          |
| F16     | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 3.9 ± 1.23          |

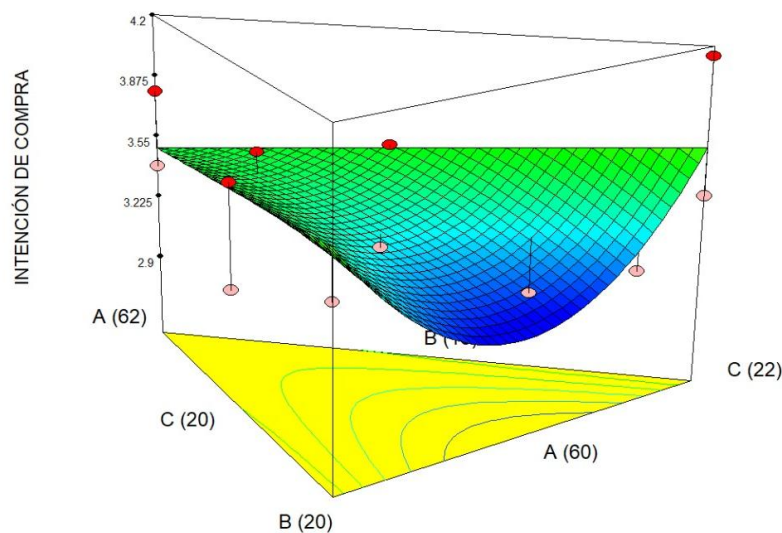
**Nota:** Media de 30 repeticiones ± DS

La Tabla detalla los resultados obtenidos en la evaluación de la intención de compra de las 16 formulaciones analizadas. Los puntajes promedio variaron desde 3.0 hasta 4.2 en la escala establecida, evidenciando una tendencia positiva hacia la adquisición del producto. La formulación F14 se destacó como la más prometedora, alcanzando la mayor puntuación de aceptabilidad ( $4.2 \pm 0.67$ ). El análisis comparativo de las composiciones revela que las mezclas con un contenido de harina de quinua (Hqq) cercano al 22% y una presencia equilibrada de harina de trigo (HT) y camote (HC) tienden a favorecer la disposición de compra del consumidor. Estos resultados refuerzan la viabilidad comercial del producto, validando que el ajuste de las

proporciones de harinas no tradicionales en la base de trigo permite obtener perfiles sensoriales con alta aceptación en el mercado

### Figura 15

*Grafica de superficie de respuesta de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.*



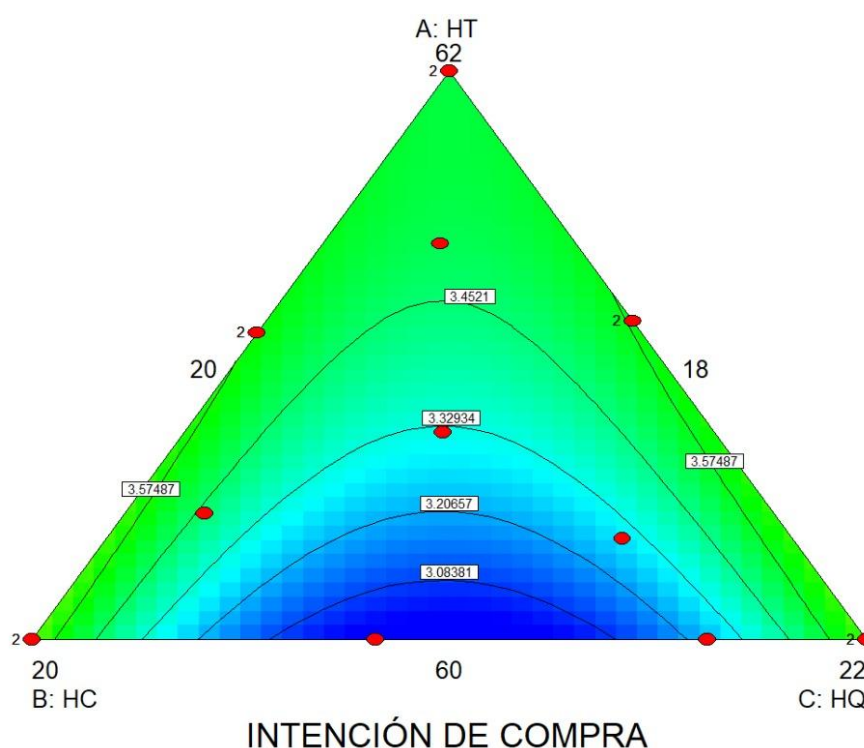
*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

En la Figura 15 se presenta la superficie de respuesta de la intención de compra en función de las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinua germinada (HQ), dentro de los intervalos evaluados. Los valores estimados por el modelo variaron aproximadamente entre 3,00 y 4,15 puntos. La curvatura cóncava y la presencia de una zona central de menor puntuación indican un comportamiento no lineal, por lo que la intención de compra depende de la combinación de los tres componentes. Los valores más bajos se localizaron en la región azul, mientras que las puntuaciones aumentaron hacia los extremos de la

superficie, principalmente en formulaciones con menor proporción de HC. La formulación F14, compuesta aproximadamente por 60 % de HT, 18 % de HC y 22 % de HQ, presentó experimentalmente la mayor puntuación de intención de compra, con  $4,20 \pm 0,67$  puntos. Los puntos rojos representan los resultados experimentales y las líneas verticales muestran su diferencia respecto de los valores estimados por el modelo.

**Figura 16**

*Grafica de contornos de Intención de compra de las formulaciones de las galletas.*



La gráfica de contornos muestra la variación de la intención de compra según las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote morado (HC) y harina de quinoa germinada (HQ). Los valores estimados oscilaron entre 3,00 y 4,15 puntos. La zona central próxima a 60 % de HT presentó las menores puntuaciones, mientras que la intención de compra aumentó hacia los límites y vértices de la región experimental, evidenciando un comportamiento no lineal de la respuesta. La

formulación F14, compuesta por 60,000 % de HT, 18,001 % de HC y 21,999 % de HQ, alcanzó experimentalmente la mayor puntuación, con  $4,20 \pm 0,67$  puntos. Por tanto, esta combinación presentó la mayor intención de compra entre las formulaciones evaluadas.

**Tabla 48**

*Tabla de ANOVA para el modelo cuadrático reducido de Mezcla de la intención de compra de las formulaciones de las galletas*

| Fuente          | Suma de Cuadrados | gl | Cuadrado Medio | Valor F | Valor p (Prob > F) |
|-----------------|-------------------|----|----------------|---------|--------------------|
| Modelo          | 0.56              | 3  | 0.19           | 2.12    | 0.1505             |
| Mezcla lineal   | 7.98E-03          | 2  | 3.99E-03       | 0.046   | 0.9555             |
| BC              | 0.55              | 1  | 0.55           | 6.28    | 0.0276             |
| Residuo         | 1.05              | 12 | 0.087          |         |                    |
| Falta de ajuste | 0.46              | 7  | 0.066          | 0.57    | 0.7592             |
| Error puro      | 0.58              | 5  | 0.12           |         |                    |
| Total Corregido | 1.6               | 15 |                |         |                    |

Para evaluar el efecto de las proporciones de harina de trigo (HT), harina de camote (HC) y harina de quinua (HQ) sobre la intención de compra, se aplicó un modelo de superficie de respuesta cuadrático reducido. Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) indican que el modelo general presenta una significancia marginal ( $p = 0.1505$ ), lo cual sugiere una alta variabilidad inherente en las evaluaciones sensoriales de los consumidores. No obstante, al realizar el análisis detallado de los términos, se identificó que la interacción entre la harina de camote y la harina de quinua (término BC) ejerce un efecto significativo sobre la variable respuesta ( $p = 0.0276$ ).

La prueba de “falta de ajuste” (*Lack of Fit*), con un valor de  $p = 0.7592$  (no significativo), confirma que el modelo matemático seleccionado es adecuado para describir el comportamiento de los datos experimentales, ya que no existen

discrepancias significativas entre el modelo y los valores observados. En consecuencia, la interacción entre la HC y la HQ constituye el principal determinante en la aceptación del producto, validando la relevancia de estas proporciones en la formulación final, tal como se observa en la superficie de respuesta, donde se maximiza la intención de compra mediante el ajuste conjunto de estos componentes.

**Tabla 49**

*Estadísticos del Modelo de la intención de compra de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                    | Valor   |
|------------------------------|---------|
| Desviación Estándar          | 0.30    |
| Media                        | 3.48    |
| Coeficiente de variación     | 8.48    |
| PRESS                        | 2.01    |
| Coeficiente de determinación | 0.0687  |
| R <sup>2</sup> ajustado      | 0.1836  |
| R <sup>2</sup> predicho      | -0.2557 |
| Precisión adecuada           | 4.856   |

El modelo mostró una buena precisión experimental con un Coeficiente de Variación del 8.48%. Aunque el coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.3469$ ) refleja una variabilidad importante debida a la naturaleza subjetiva de las pruebas sensoriales, la relación señal-ruido (Adeq Precision) de 4.856 confirma que el modelo posee la sensibilidad suficiente para identificar las tendencias de respuesta ante los cambios en la formulación.

**Tabla 50**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de intención de compra de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación del Coeficiente | Error gl | Estándar | IC 95% Inferior | IC 95% Superior | VIF  |
|------------|----------------------------|----------|----------|-----------------|-----------------|------|
| A-HT       | 3.5                        | 1        | 0.16     | 3.15            | 3.84            | 1.11 |
| B-HC       | 3.65                       | 1        | 0.18     | 3.25            | 4.05            | 1.32 |
| C-HQ       | 3.7                        | 1        | 0.18     | 3.3             | 4.1             | 1.45 |
| BC         | -2.85                      | 1        | 1.14     | -5.33           | -0.37           | 1.68 |

El análisis de la Intención de Compra reveló que las tres harinas evaluadas (HT, HC, HQ) ejercen una influencia positiva y significativa en la decisión del consumidor, siendo la Harina C (HQ) el componente con mayor peso estadístico (coeficiente de 3.70). No obstante, el modelo identificó un efecto de interacción antagónico entre las harinas B (HC) y C (HQ) (coeficiente de -2.85). Este resultado sugiere que, si bien la presencia de estos ingredientes mejora la percepción del producto, su combinación en proporciones elevadas genera una respuesta sensorial que disminuye levemente la intención de compra, evidenciando la necesidad de un balance preciso en la mezcla. La alta estabilidad del modelo, confirmada por valores de VIF cercanos a la unidad, asegura que la relación observada es un reflejo fidedigno de las preferencias del panel de consumidores evaluado.

#### 4.2.4.5. Evaluación textura sensorial

Debido a que el modelo cúbico reducido no presentó una ecuación equivalente en componentes actuales, se utilizó la ecuación expresada en pseudocomponentes:

$$\begin{aligned} \text{Textura\_sensorial} = & 6,90(A) + 6,91(B) + 6,90(C) - 1,05(A)(B) - \\ & 1,07(A)(C) - 7,59(A)(B)(A - B) + 11,77(A)(C)(A - C) \end{aligned} \quad (8)$$

Donde A representa la harina de trigo, B la harina de camote morado y C la harina de quinua germinada, expresadas como pseudocomponentes. La ecuación permite estimar la puntuación de la textura sensorial a partir de la combinación de las tres harinas. La presencia de términos de interacción evidencia un comportamiento no lineal, por lo que los componentes deben interpretarse conjuntamente y dentro de los límites experimentales establecidos.

Además de la dureza determinada instrumentalmente, se evaluó la aceptabilidad sensorial de la textura mediante panelistas. Ambas mediciones son complementarias,

debido a que la dureza instrumental cuantifica la resistencia física de la galleta, mientras que la evaluación sensorial determina el grado de agrado de atributos percibidos durante su consumo, como crocancia, firmeza y facilidad de masticación.

Los resultados se presentan en la Tabla 51.

**Tabla 51**

*Puntuaciones de la evaluación sensorial de la textura sensorial.*

| Formula | Ht(%)  | Hc(%)  | Hqg(%) | Textura    |
|---------|--------|--------|--------|------------|
| F1      | 60.355 | 18.408 | 21.237 | 6.2 ± 1.79 |
| F2      | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 6.4 ± 1.54 |
| F3      | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 6.7 ± 1.53 |
| F4      | 60.000 | 18.382 | 21.618 | 6.7 ± 1.50 |
| F5      | 60.000 | 19.177 | 20.823 | 6.8 ± 1.47 |
| F6      | 60.728 | 18.651 | 20.620 | 6.8 ± 1.32 |
| F7      | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 7.2 ± 1.15 |
| F8      | 61.199 | 18.001 | 20.000 | 6.8 ± 1.71 |
| F9      | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 7.0 ± 1.67 |
| F 10    | 61.392 | 18.325 | 20.283 | 6.9 ± 1.84 |
| F 11    | 61.999 | 18.001 | 20.000 | 7.0 ± 1.50 |
| F12     | 61.120 | 18.000 | 20.880 | 6.7 ± 1.63 |
| F13     | 61.079 | 18.921 | 20.000 | 6.5 ± 1.93 |
| F14     | 60.000 | 18.001 | 21.999 | 7.0 ± 1.56 |
| F15     | 60.001 | 19.999 | 20.000 | 7.2 ± 1.32 |
| F16     | 60.444 | 19.365 | 20.192 | 7.3 ± 1.55 |

**Nota:** Media de 30 repeticiones ± DS.

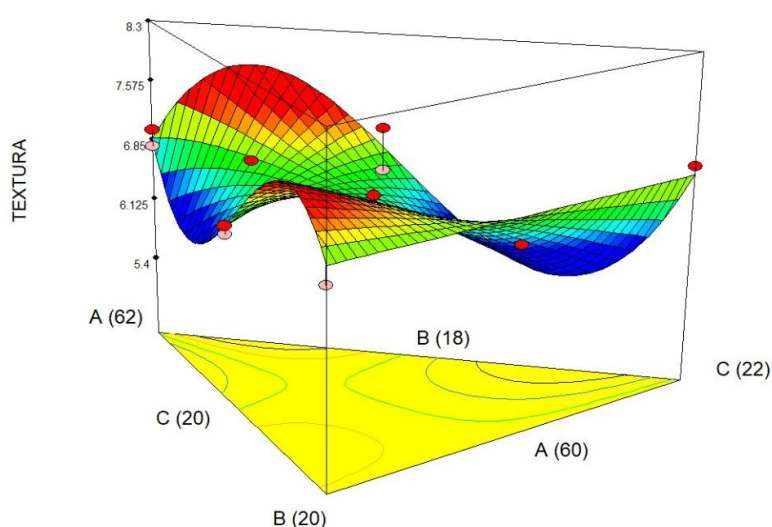
Los resultados de la evaluación sensorial de la textura, muestran una variabilidad en los puntajes promedio, con valores comprendidos entre 6.2 y 7.3. La formulación F16 alcanzó el máximo puntaje de aceptabilidad (7.3 ± 1.55), seguida estrechamente por las fórmulas F7 y F15 con 7.2. Se observa una correlación positiva entre la presencia de la Harina Hc (cercana al 20%) y la aceptabilidad de la textura, lo cual sugiere que

este componente desempeña un rol crítico en la estructura final de la galleta. La consistencia en las respuestas fue mayor en la F7 (DE = 1.15), indicando una mayor estabilidad en la percepción sensorial del panel para esta mezcla específica. Estos datos demuestran que la combinación de las tres harinas bajo los parámetros de diseño permite modular la textura hacia niveles de aceptabilidad superiores a 7.0 en la escala sensorial.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Matos (2022), quien señala que el incremento de harinas no convencionales en productos de panificación modifica significativamente la textura del producto final, debido a cambios en la estructura del gluten y en la interacción entre proteínas y carbohidratos. En este sentido, las formulaciones con mejores puntuaciones podrían asociarse a un equilibrio adecuado entre los componentes de la mezcla, favoreciendo una textura más aceptable sensorialmente.

**Figura 17**

*Grafica de superficie respuesta de la Textura de las formulaciones de las galletas*

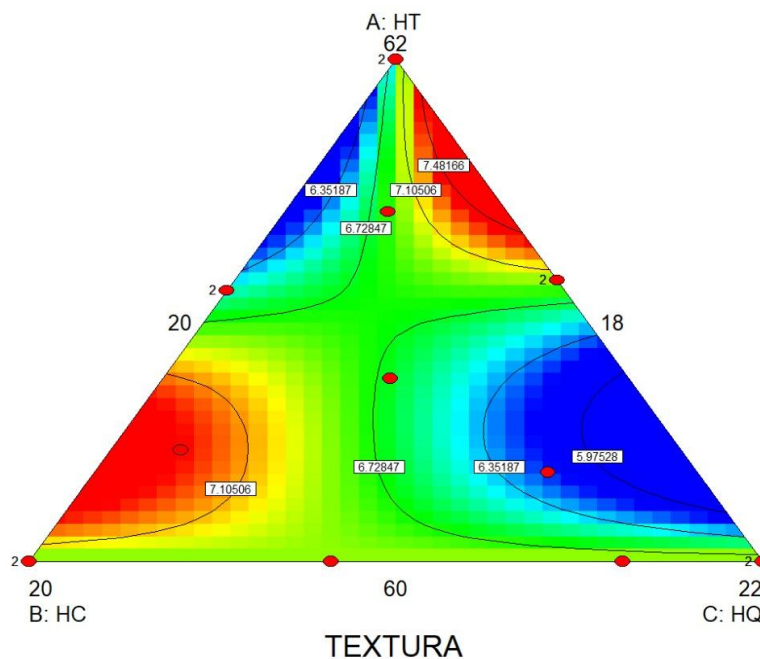


*Nota:* A: harina de trigo (HT); B: harina de camote morado (HC); C: harina de quinua germinada (HQ).

El análisis de superficie de respuesta para la evaluación sensorial de la textura, procesado en el software Design-Expert, evidencia un comportamiento no lineal y complejo, caracterizado por una interacción significativa entre la harina de trigo (HT), la harina de camote (HC) y la harina de quinua (HQ). La topografía tridimensional exhibe una curvatura pronunciada, donde los puntos críticos de mayor aceptación sensorial —con valores cercanos a 7.3 en la escala de textura— se concentran hacia la región de mayor proporción de harina de trigo (HT), mientras que las zonas de menor aceptabilidad (próximas a 6.2) se asocian a las áreas de menores niveles de este componente. Este resultado demuestra que la percepción de la textura por parte de los panelistas es altamente dependiente de las proporciones relativas de las harinas, ratificando a la harina de trigo (HT) como el factor predominante para alcanzar los atributos sensoriales de textura más valorados en la formulación final.»

**Figura 18**

*Grafica de contornos de textura de las formulaciones de las galletas*



El diagrama de contorno ilustra la distribución de la aceptabilidad sensorial de la textura dentro del espacio experimental definido por la mezcla de harina de trigo (HT), harina de camote (HC) y harina de quinua (HQ). La representación confirma que la mayor aceptabilidad (zonas en color rojo) se encuentra vinculada a las regiones de mayor predominancia de harina de trigo (HT) y, de manera destacada, hacia la zona de influencia de la harina de camote (HC). En contraparte, se observa que el incremento de la proporción de harina de quinua (HQ) genera una tendencia decreciente en los puntajes de textura, desplazando la respuesta hacia los valores mínimos (zonas en color azul). Este mapa de contornos ratifica que la combinación de HT con HC favorece una estructura sensorial más apreciada por los panelistas, permitiendo identificar con precisión las proporciones de mezcla que garantizan una aceptabilidad sensorial superior para el producto final. Este mapa de calor es una herramienta de decisión crítica, permitiendo seleccionar formulaciones que maximicen la calidad sensorial basándose en la interacción sinérgica de las harinas, en lugar de depender únicamente de los componentes individuales.

### **Análisis de varianza de la Textura de las galletas**

**Tabla 52**

*Tabla de ANOVA para el modelo cubico reducido de Mezclas de la textura de las formulaciones de las galletas*

| Fuente          | Suma de Cuadrados | gl | Cuadrado Medio | Valor F | Valor p (Prob > F)   |
|-----------------|-------------------|----|----------------|---------|----------------------|
| Modelo          | 0.96              | 6  | 0.16           | 3.91    | 0.0334 Significativo |
| Mezcla lineal   | 3.81E-03          | 2  | 1.91E-03       | 0.046   | 0.9548               |
| AB              | 0.11              | 1  | 0.11           | 2.6     | 0.141                |
| AC              | 0.091             | 1  | 0.091          | 2.23    | 0.1696               |
| AB(A-B)         | 0.42              | 1  | 0.42           | 10.17   | 0.011                |
| AC(A-C)         | 0.63              | 1  | 0.63           | 15.3    | 0.0036               |
| Residuo         | 0.37              | 9  | 0.041          |         |                      |
| Falta de ajuste | 0.094             | 4  | 0.023          | 0.43    | No significativo     |
| Error puro      | 0.28              | 5  | 0.055          |         |                      |
| Total Corregido | 1.33              | 15 |                |         |                      |

Tras realizar un análisis de optimización mediante la reducción de términos del modelo cúbico original, se obtuvo un Modelo Cúbico Reducido estadísticamente significativo para la variable Textura ( $p = 0.0334$ ). La eliminación de términos no significativos permitió mejorar la precisión del ajuste, alcanzando un valor de Adeq Precision de 8.193, lo que valida la capacidad del modelo para describir con fiabilidad la respuesta sensorial. Se identificó que las interacciones no lineales de orden superior AB(A-B) y AC(A-C) son los determinantes estadísticamente significativos que gobiernan las variaciones en la textura de las galletas. Asimismo, la ausencia de falta de ajuste ( $p = 0.7851$ ) confirma la validez del modelo matemático seleccionado para representar el comportamiento de la textura en función de la mezcla de harinas empleada.

Para la variable Textura, el modelo cúbico reducido demuestra que la calidad estructural de las galletas está significativamente determinada por la interacción sinérgica entre los componentes, siendo las harinas A (HT) y C (HQ), así como A (HT) y B (HC), los factores críticos que gobiernan la aceptabilidad sensorial. Específicamente, el análisis estadístico subraya que la interacción AC(A-C) ( $p=0.0036$ ) y la interacción AB(A-B) ( $p=0.0110$ ) ejercen una influencia no lineal predominante; esto indica que la textura no depende de la cantidad individual de una sola harina, sino del equilibrio preciso y la relación de competencia que se establece entre el almidón y la proteína de estas mezclas específicas durante el proceso de horneado. Estos resultados evidencian que la optimización de la textura hacia puntajes superiores a 7.0 depende estrictamente de controlar las proporciones relativas de la Harina A (HT) en combinación con las Harinas C (HQ) y B (HC), logrando así una matriz sólida y crocante que es altamente valorada por el panel sensorial.

**Tabla 53***Estadísticos del Modelo de textura de las formulaciones de las galletas*

| Parámetro                     | Valor  |
|-------------------------------|--------|
| Desviación Estándar           | 0.20   |
| Media                         | 6.83   |
| Coefficiente de variación     | 2.97   |
| PRESS                         | 1.05   |
| Coefficiente de determinación | 0.7226 |
| R <sup>2</sup> ajustado       | 0.5377 |
| R <sup>2</sup> predicho       | 0.2122 |
| Precisión adecuada            | 8.193  |

La validez del modelo matemático para la textura fue evaluada mediante diversos estadísticos de ajuste. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.7226 demuestra que el modelo explica satisfactoriamente la variabilidad de los datos experimentales. Asimismo, el valor de *Adeq Precision* (8.193) supera ampliamente el umbral mínimo recomendado de 4, lo que ratifica una relación señal-ruido favorable para la navegación del espacio de diseño. La precisión experimental fue alta, respaldada por un coeficiente de variación (C.V.) de 2.97%, indicando una adecuada reproducibilidad de las mediciones sensoriales realizadas. Si bien el *Pred R-Squared* (0.2122) sugiere cautela en las predicciones fuera del rango experimental, el modelo global se considera estadísticamente apto para identificar las tendencias y la formulación óptima dentro de las condiciones evaluadas.

**Tabla 54**

*Parámetros del modelos y análisis estadísticos de la textura de las formulaciones de las galletas*

| Componente | Estimación del Coeficiente | Error gl | Estándar | IC 95% Inferior | IC 95% Superior | VIF  |
|------------|----------------------------|----------|----------|-----------------|-----------------|------|
| A-HT       | 6.9                        | 1        | 0.14     | 6.57            | 7.22            | 1.95 |
| B-HC       | 6.91                       | 1        | 0.13     | 6.61            | 7.21            | 1.47 |
| C-HQ       | 6.9                        | 1        | 0.12     | 6.63            | 7.18            | 1.34 |
| AB         | -1.05                      | 1        | 0.65     | -2.53           | 0.42            | 1.81 |
| AC         | -1.07                      | 1        | 0.72     | -2.69           | 0.55            | 1.96 |

|         |       |   |      |        |       |      |
|---------|-------|---|------|--------|-------|------|
| AB(A-B) | -7.59 | 1 | 2.38 | -12.97 | -2.21 | 1.28 |
| AC(A-C) | 11.77 | 1 | 3.01 | 4.96   | 18.58 | 1.57 |

El análisis de los coeficientes de regresión evidencia que la aceptabilidad sensorial de la textura de las galletas es el resultado de una compleja interacción entre los componentes, donde la harina de trigo (HT), al aportar una red proteica de gluten, actúa como la matriz estructural predominante, mientras que la harina de camote (HC) y la harina de quinua (HQ) modulan dicha percepción de manera contrastante. Estadísticamente, la interacción entre HT y HQ presenta un efecto sinérgico significativo en la aceptabilidad (coeficiente positivo de 11.77), lo que sugiere que las características de la quinua favorecen una estructura que los panelistas valoran positivamente en cuanto a firmeza; en contraste, la interacción entre HT y HC muestra un efecto antagónico (coeficiente negativo de -7.59), lo que indica que el almidón y azúcares del camote interfieren con la matriz de trigo, aportando una mayor suavidad que altera la puntuación de aceptabilidad. Esta dinámica, ratificada por la ausencia de multicolinealidad en el modelo ( $VIF < 2$ ), confirma que la aceptabilidad sensorial de la textura no depende de un componente aislado, sino del equilibrio preciso entre la capacidad formadora de red de la harina de trigo y el efecto modulador de las harinas de camote y quinua, logrando así el perfil de textura óptimo dentro de la formulación evaluada.

#### 4.3. Optimización para determinar la formulación óptima

La optimización numérica se realizó mediante la función de deseabilidad del software Stat-Ease Design-Expert versión 7.0.0. Se estableció como criterio maximizar el sabor, el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante, manteniendo las proporciones de las harinas dentro de los intervalos evaluados. El software analizó las posibles combinaciones y seleccionó la formulación con mayor deseabilidad global,

constituida por 60,422 % de harina de trigo, 19,578 % de harina de camote morado y 20,000 % de harina de quinua germinada.

**Tabla 55**

*Formulación optimizada de galletas.*

| Harinas                    | %      |
|----------------------------|--------|
| Harina de trigo            | 60.422 |
| Harina de camote           | 19.578 |
| Harina de quinua germinada | 20.000 |

#### 4.4. Caracterización de la formulación óptima.

##### 4.4.1. Composición proximal

Una vez determinada la formulación óptima para cumplir con los criterios establecidos de sabor, contenido total de polifenoles y actividad antioxidante de las galletas, se llevó a cabo el análisis de su composición proximal.

**Tabla 56**

*Propiedad funcional y capacidad antioxidante de la galleta óptima (100 g en base seca).*

| Composición                | Galleta Óptima |
|----------------------------|----------------|
| Polifenoles (mg GAE /100g) | 21.872         |
| DPPH (uMol Trolox/ 100 g)  | 2228.26        |

Los resultados de la galleta óptima evidencian un excelente desarrollo tecnológico al consolidarse como un alimento funcional, logrando retener una cantidad significativa de compuestos bioactivos (21.872 mg GAE/100g de polifenoles) con un alto poder antioxidante para neutralizar radicales libres (2228.26  $\mu$ Mol Trolox/100 g).

Estos resultados son coherentes con lo reportado por Paucar et al. (2022), quienes señalan que la incorporación de harinas funcionales en productos de panificación

incrementa el valor nutricional final, especialmente en términos de fibra dietaria y compuestos bioactivos, sin comprometer necesariamente la calidad tecnológica del producto. En este sentido, la galleta óptima del presente estudio evidencia un equilibrio adecuado entre macronutrientes y componentes funcionales.

Asimismo, la presencia de un contenido moderado de proteínas (8.47%) y fibra dietaria (6.66%) sugiere una mejora en el perfil nutricional en comparación con formulaciones convencionales, lo cual coincide con lo indicado por Rafael y Tiravanti (2024), quienes destacan que la sustitución parcial de harina de trigo por insumos andinos permite desarrollar productos horneados con mayor valor agregado nutricional, manteniendo aceptabilidad tecnológica y funcionalidad alimentaria.

## V. CONCLUSIONES

- Mediante el diseño de mezclas D-óptimo y la optimización por deseabilidad se determinó como formulación óptima la combinación de 60,444 % de harina de trigo, 19,365 % de harina de camote morado y 20,192 % de harina de quinua germinada, al presentar el mejor equilibrio conjunto entre sabor, polifenoles totales y actividad antioxidante dentro de los límites estudiados.
- La harina de quinua germinada destacó por su contenido de proteínas (19,80 %) y fibra (22,06 %), mientras que la harina de camote morado presentó un elevado contenido de carbohidratos (79,69 %) y fibra (9,51 %), evidenciando la complementariedad nutricional de ambas materias primas para su incorporación en productos de panificación. Asimismo, las diferentes proporciones de estas harinas influyeron en las propiedades funcionales de las galletas, observándose variaciones en el contenido de polifenoles totales (13,0394 a 25,3773 mg EAG/100 g) y en la actividad antioxidante (1191,19 a 2155,35  $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ ), demostrando que la combinación de los componentes de la mezcla determina las características funcionales del producto final.
- Las formulaciones presentaron una aceptación sensorial favorable. La formulación F14, constituida por aproximadamente 60 % de harina de trigo, 18 % de harina de camote morado y 22 % de harina de quinua germinada, alcanzó la mayor intención de compra, con  $4,20 \pm 0,67$  puntos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- En el proceso de producción de galletas, se aconseja seguir estrictamente las buenas prácticas de manufactura (BPM), con el propósito de prevenir posibles contaminaciones microbiológicas y físicas, asegurando la inocuidad y la calidad del producto final.
- Dado el potencial agroindustrial de la quinua y el camote morado en el país, se plantea que los resultados de la presente investigación sirvan como base para impulsar el desarrollo de productos alimenticios funcionales, promoviendo el aprovechamiento sostenible de estos cultivos andinos y contribuyendo al fortalecimiento económico local.
- Se recomienda continuar investigando la sustitución de la manteca animal o vegetal por fuentes de grasa más saludables, como aceite de oliva extra virgen, aceite de palta o aceites ricos en ácidos grasos esenciales, con la finalidad de mejorar la calidad nutricional y funcional del producto, manteniendo sus características sensoriales como textura, sabor y color.
- Para asegurar la durabilidad y estabilidad del producto final, se aconseja almacenar las galletas en envases adecuados que las protejan de la humedad, la luz y el aire, evitando la pérdida de sus propiedades sensoriales y nutricionales durante el tiempo de conservación.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, K. y Campos, J. (2024). *Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de cáscara de maracuyá y quinua germinada*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Santa]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Santa. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4652>
- Arcaya, M., García, G., Coras, D., Chávez, C., Poquioma, G. y Quispe, B. (2020). Efecto de la ingesta de galletas fortificadas con sangre bovina en hemoglobina de niños anémicos. *Revista Cubana de Enfermería*, 36(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03192020000300010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192020000300010&lng=es&tlng=es)
- Arellano, A. y Rojas, I. (2016). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum Aestivum) por harina de arvejas (Pisum Sativum) y harina de camote (Ipomoea Batatas) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Santa]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Santa. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2748>
- Argentel, L., Garatuza, J., Armendáriz, M., Yépez, E., Garibaldi, J., Ortiz, J. y González, J. (2018). Caracteres fisiológicos y agronómicos de la variedad de trigo cristalino CIRNO C2008 confirman su estabilidad genética. *Agrociencia*, 52(3), 419-435. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000300419&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000300419&lng=es&tlng=es).
- Arista, J. y Ramírez, L. (2018). *Sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de quinua (Chenopodium quinua w.) y chía blanca (Salvia hispánica l.) usando glicerol en la elaboración de galletas enriquecidas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional

- Del Santa]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Santa.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14278/3051>
- Arquero, C. (2024). *Caracterización fisicoquímica y aceptabilidad sensorial en pan de molde con concentrado proteico de anchoveta, harina de cascara de mango y aceite de girasol*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Santa]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Santa.  
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4729>
- Arteaga, R., Vargas, P. y Cruz, L. (2019). Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium quinua*) como alimento funcional. *Revista Centro Azúcar*, 46(4), pp. 89-100. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10087397>
- Augusto, E. (2023). *Formulación de un reemplazo de comida alto en proteínas para el manejo de la obesidad, a base de suero de leche, quinua (chenopodium quinua willdenow) y sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) en las características nutricionales y sensoriales*. [tesios de posgrado, Universidad San Ignacio de Loyola]Repositorio de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/6c516d70-5faa-44d4-921c-b67562f64c9c>
- Aviles, J. (2019). *Evaluacion nutricional de galletas enriquecidas con harina de quinua negra (chenopodium petiolare kunth) germinada* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Altiplano]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Del Altiplano.  
<https://repositorio.unap.edu.pe/items/4beb5014-749d-4277-bef3-09f97abd6ccb>
- Ayol, S. (2022). Efecto sensorial, bromatológico y microbiológico de galletas a base de harina de camote (*Ipomoea batata*) y harina de ajonjolí (*Sesamum indicum*). [Tesis de pregrado, Universidad Agraria Del Ecuador]. Repositorio institucional de la Universidad Agraria Del Ecuador.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AYOL%20SOLIZ%20SONIA%20DE%20LOS>

[%20ANGELES.pdf](#)

- Benítez, A., Villanueva, J., González, G., Alcántar, V., Puga, R., y Quintero, A. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23, 1-9. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>
- Cajavilca V. (2022) Calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de galletas a base de granos andinos [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://orcid.org/0000-0002-5822-58>
- Campos, J., Acosta, K., Moreno, C., y Paucar, L. (2023). Passion fruit (*Passiflora edulis*): Nutritional composition, bioactive compounds, utilization of by-products, biocontrol, and organic fertilization in 145 cultivation. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 479-497. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>
- Campos, J., Acosta, K., & Paucar, L. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Canimolt, C. (2013). *Harina de Trigo*. Concamin.
- Carrillo, J. y Cañazaca, N. (2020). Extracción y evaluación de las características fisicoquímicas de aceite de semillas de girasol (*Helianthus annuus*) y comparación con marcas comerciales. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión] Repositorio institucional de la Universidad Peruana Unión. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3391>
- Cohen, D. & Kennedy, J. (2010). *Plant Metabolism and the Environment: Implications for*

- Managing Phenolics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(7), 620–643.  
<https://doi.org/10.1080/10408390802603441>
- Condori, M., Aro, J., Muñoz, A., & Rodríguez, J. (2020). Determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de (*Muehlenbeckia volcanica*). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 161-169. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.604>
- Contreras, L. (2015). *Desarrollo de una galleta dulce enriquecida con harina de quinua blanca (Chenopodium quinoa) utilizando diseño de mezclas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1928>
- Cornelio, H., Bodini, R., & Oliveira, A. (2021). Potential of Oilseeds Native to Amazon and Brazilian Cerrado Biomes: Benefits, Chemical and Functional Properties, and Extraction Methods. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 98(1), 3-20. <https://doi.org/10.1002/aocs.12452>
- Cruz, A., Villajulca, J., y Guillén, J. (2024). Galletas tipo soda elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz nixtamalizado y garbanzo. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 74(1), 1-9. <https://doi.org/10.37527/2024.74.1.001>
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2011). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 255–266. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>
- Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Echeverría, A., Torre, M., & Weigend, M. (2009). Factsheet?: datos botánicos de Sacha Inchi. *Plukenetia volubilis* L. *EIA*, 17(34), 53-61. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1282>
- El Sheikha, A., & Ray, R. (2017). Potential impacts of bioprocessing of sweet potato. *Food Sci*, 57(3) 455–471. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25975980/>
- Elisa, T. (2021). *Influencia del uso de cultivos andinos (camote morado (Ipomoea batatas L.)*

- y oca blanca (Oxalis tuberosa)) en el desarrollo de galletas dulces*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37922/1/CAL%20047.pdf>
- Esquivel, M. (2023). *La calidad de las galletas formuladas mediante la metodología del diseño de mezclas con sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivum) con harina de soya (Glycine max) y harina de tarwi (Lupinus mutabilis)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Callao. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/8540>
- Fernando, A. (2022). *Utilización de harina de camote toquecita (IPomoea batatas L.) para la elaboración de pasta larga*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17807>
- Fernández D. y Julca D. (2025). *Sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum Spp) en la elaboración de galletas integrales enriquecida con harina de quinua (Chenopodium Quinoa Willd) y harina de almendra (Prunus Dulcis)*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional, UNJ. <https://hdl.handle.net/20.500.14689/905>
- Flores, D., y Lock, O. (2012). Revalorizando el uso milenario del sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) para la nutrición, la salud y la cosmética. *Revista de Fitoterapia*, 13(1), 23-30. [https://www.fitoterapia.net/archivos/201612/rdf\\_13-1\\_sacha-inchi.pdf?1](https://www.fitoterapia.net/archivos/201612/rdf_13-1_sacha-inchi.pdf?1)
- Francisco, M. (2019). *Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (Chenopodium quinoa willd) y residuos de pulpa de naranja (Citrus sinensis) en polvo Sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5574>

- García B. (S/f). El Girasol Oleaginoso. Recuperado el 24 de septiembre de 2024, de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1971\\_10.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1971_10.pdf)
- García, P. (2011). *Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (Chenopodium quinua)*. Universidad Nacional de Bogotá..
- García. (2019). Obtención de aceites comestibles a partir de nuevas semillas de girasol enriquecidas en fitoesteroles. [Tesis de doctorado, Universidad Pablo de Olavide]. Repositorio institucional de la Universidad Pablo de Olavide. <http://hdl.handle.net/10433/7571>
- Gómez, L. y Aguilar, E. (2011). *Guía de cultivo de la quinua*. FAO. <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Gonzalez, E. (2021). *Evaluación nutricional de galletas integrales a base de quinua (Chenopodium Quinoa Willd), camote amarillo (Ipomoea Batatas) y arazá (Eugenia stipitata)*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador de Olavide]. Repositorio institucional de la Universidad Agraria del Ecuador de Olavide. Universidad Agraria del Ecuador de Olavide. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GONZALEZ%20NAULA%20ELIZABETH%20OSTEFANIA.pdf>
- González, E. y Martínez, A. (2017). *Sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivum) por la harina de kiwicha (Amaranthus caudatus) y la harina de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas fortificadas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Santa. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2989>
- Goyal, A., Tanwar, B., Kumar, M., & Sharma, V. (2022). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): An emerging source of nutrients, omega-3 fatty acid and phytochemicals. *Food*

- Chemistry, 373. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131459>
- Guerra, M. y Torres, A. (2025). Batata (*Ipomoea batatas*, L.) tubérculo nutritivo y saludable. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 75(1), 65-77. <https://doi.org/10.37527/2025.75.1.007>
- Hussain, T., Tan, B., Yin, Y., Blachier, F., Tossou, M. C., & Rahu, N. (2016). Oxidative stress and inflammation: what polyphenols can do for us?. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7432797>
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). (2013). *Norma Técnica Peruana - NTP 011.451. GRANOS ANDINOS: Harina de quinua. Requisitos.*
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). (2016). *Norma Técnica Peruana - NTP 205.040. Panadería, Pastelería y Galletería: Galletas. Requisitos.*
- INFOODS, B. (2017). *Composición Nutricional del harina de trigo*. Espaa: FUNIBER.
- Jesús, C. (2020). *Determinación proximal y aceptabilidad general En una galleta dulce sustituyendo la harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule) y grano entero de chia (Amaranthus caudatus)*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52211?locale-attribute=es>
- Jesús, P. (2023). *Formulación de galletas dulces de yuca y quinua para promover su consumo y diversificación en la industria alimentaria*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria la Molina <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5630>
- Johanna, G. (2022). *Análisis del uso integral del sachu inchi (Plukenetia volubilis) en la industria de alimentos*. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle]. Repositorio institucional de la Universidad del Valle.

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/8174d867-db5c-44ed-a287-ebff4171e4b7>

Justino, L. (2023). *Comparativo de variedades promisorias de camote (Ipomoea batatas L.), en Urpipata Baja, distrito de Santa Ana – provincia de La Convención Cusco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco.

<http://hdl.handle.net/20.500.12918/7703>

Khan, J., Khan, M., Ma, Y., Meng, Y., Mushtaq, A., Shen, Q., & Xue, Y. (2022). Overview of the Composition of Whole Grains' Phenolic Acids and Dietary Fibre and Their Effect on Chronic Non-Communicable Diseases. *International Journal of Environmental Research. Public Health*, 19, 3042.

<https://doi.org/10.3390/ijerph19053042>

Luque, O., Parillo, I., Sacachipana, R., Yucra, Y., Mamani, Y., Baylor, L. (2019). Influencia del proceso de germinación en el contenido de proteínas y aminoácidos de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) variedad Pasankalla Roja. Ñawparisun. *Revista de Investigación Científica*, 2(1),

<https://www.unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/46/43>

María, P. (2023). *Aceptabilidad y valor nutricional de galletas a base de moringa, cañihua y quinua, en alumnos de la IE 1228 Colegio Leoncio Prado Gutierrez, Lima 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Norbert Wiener]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada Norbert Wiener.

<https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/9142>

Matos, A. (2022). *Efecto de la mezcla de trigo (Triticum aestivum), quinua (Chenopodium quinoa Wild) y moringa (Moringa oleifera) en las características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas en la producción de galletas fortificadas* [Tesis de

- posgrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/8507>
- Mendoza, N., Hoyos, J., y Peláez, C. (2020). Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales de extractos microbiológico de galletas a base de harina. *Revista EIA*, 17 (34) <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149264860006>
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). (2023). Historia de la Quinoa. <https://www.midagri.gob.pe/portal/444-granos-andinos/9380-historia-de-la-quinua>
- MINAGRI/Pronóstico de producción de quinua al 2023. (2023). Gobierno del Perú. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4702442/Pron%C3%B3stico%20de%20producci%C3%B3n%20de%20quinua%20al%202023.pdf?v=1687194415#:~:text=Al%20cierre%20del%20a%C3%Bo%202022,fue%20de%207%20254%20toneladas>
- Moreno, J., & Andahua, V. (2020). *Aceptabilidad y valor nutricional de galletas dulces saludables de harina de maíz morado (Zea mays), camote morado (Ipomoea batata) y algarrobo (Prosopis pallida)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/5248>
- Mira, A. (2018). *Aceptabilidad de galletitas a base de harina de piñón con agregado de semillas de girasol aptas para el consumo de adultos con enfermedad celíaca*. <https://agris.fao.org/search/es/records/674984537625988a3722fe7e>
- Moreno, J. y Andahua, V. (2020). *aceptabilidad y valor nutricional de galletas dulces saludables de harina de maíz morado (Zea Mays), camote morado (Ipomoea Batata) y algarrobo (Prosopis Pallida)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional José Faustino

<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5248/MORENO%20y%20ANDAHUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mujica, A., Izquierdo, J. & Marathe, J. (2005). *Quinoa ancestral cultivo de Los Andes*. Ed. Miranda.

Ñacata, E. (2022). *Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas de galletas dulces enriquecidas con lactosuero* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/af26939b-e687-41e0-86c9-fdc9f801e45e>

Njapndounke, B., Ngouenam, J., Foko, E., Teboukeu, G., Klang, J., & Zambou, F. (2023). Mixture design approach for the development of a cowpea and banane cochon flour-based gluten-free biscuit: Chemical, glycemic load, sensory and microbiological characteristics of the optimal biscuit. *Future Foods*, 8, 100264. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100264>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *WorldFoodSituation*. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/fao-cereal-supply-and-demand-brief/es>

Otilio, O. (2020). *Aceptabilidad y valor nutricional de galletas dulces saludables de harina de maíz morado (Zea mays), camote morado (Ipomoea batata) y algarrobo (Prosopis pallida)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5248?show=full>

Oyola, M., Padilla, R. y Jamanca, N. (2023). Optimización por diseño de mezcla D-optimal de la aceptabilidad general de una galleta enriquecida con harina de tocosh (*Solanum tuberosum* L.) y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *QuanTUNAB*, 2(1), exx.

<https://doi.org/10.52807/qunab.v2i1.xx>

Paucar, L., Simpalo, W., Castillo, W., Esquivel, L., & Martínez, C. (2022). Improving Nutritional and Health Benefits of Biscuits by Optimizing Formulations Based on Sprouted Pseudocereal Grains. *Foods*. MDPI AG, 11(11).  
<http://doi.org/10.3390/foods11111533>

Paucarchuco, J. y Vilchez, J. (2024). Aplicación alimentaria de la quinua germinada y valorización de sus propiedades nutricionales, biológicas y funcionales: Una revisión sistemática. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 26(2), 105-118.  
<https://doi.org/10.18271/ria.2024.599>

Peña, L. y Nieves, E. (2018). *Elaboración de galletas dulces a base de harina de trigo (Triticum sativum) y chia (Salvia hispánica L.) como complemento nutricional en la Corporación APC* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/4381>

Rafael, L. y Tiravanti, R. (2024). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de pulpa de café y harina de quinua en las características de galletas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional UNJ.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14689/721>

Ramón, L. (2023). *Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y chachafruto, y su aplicación en la elaboración de pan*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18799>

Reyes, M., Gómez, I., Espinoza, C. (2017). *Tablas Peruanas de Composición de alimentos*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 10ma Edición.

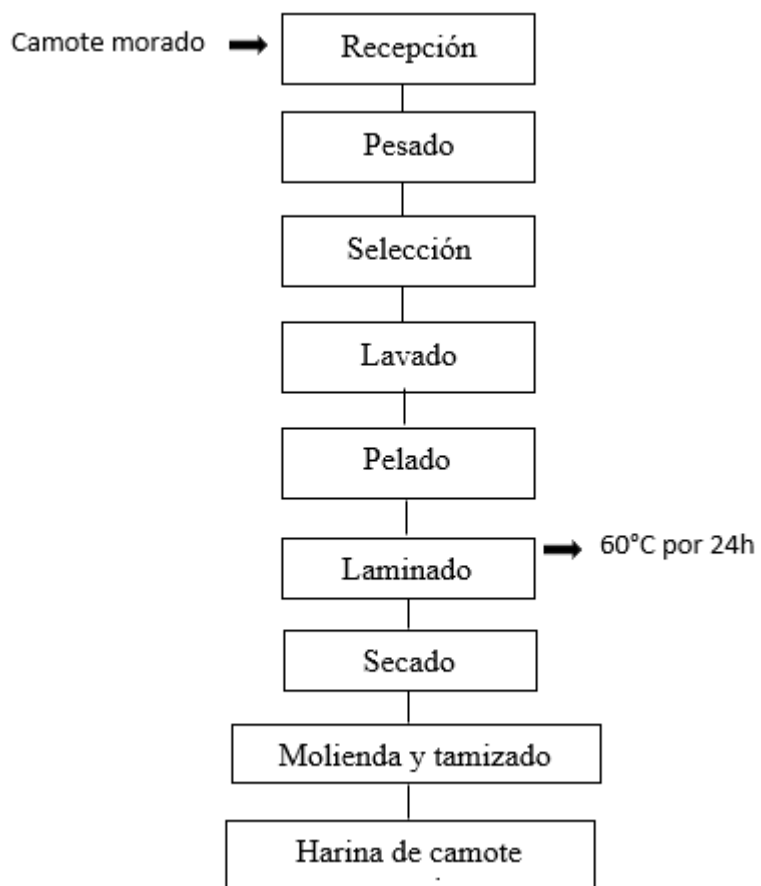
- Rodríguez, G. (2021). Elaboración y caracterización de galleta artesanal a base de harina de quinua (*Chenopodium quinua*), chía (*Salvia hispanica*) y trigo (*Triticum*) fortificada con mineral hierro. *Investigación y Acción*, 1(1) <https://investigaciones.uniatlantico.edu.co/revistas/index.php/Invefor/article/view/3070>
- Rodríguez, I., Benavides, R., Jurado, B., Marulanda, M., y Zuluaga, C. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con trigo, avena y quinua. *Ingeniería y competitividad*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11242>
- Rodríguez, J. (2023). *Efecto de la sustitución parcial de la harina de arroz (Oryza sativa) por harina de plátano verde (Musa paradisiaca) variedad Hartón y harina de quinua (Chenopodium quinua Willd) sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en galletas dulces sin gluten*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/17872>
- Rodríguez, R., Guerrón, V., Guapí, G., Plúas, A., Revilla, K., y Al Das, J. (2024). Evaluación de galletas a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*) empleando diferentes hidrocoloides. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 44(2), 31–37. <https://doi.org/10.5221/0000>
- Rojas, W., Vargas, A. y Pinto, M. Valor nutricional de quinua. *RIIAR*, 3(2), 114-124. [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiar/v3n2/v3n2\\_a01.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiar/v3n2/v3n2_a01.pdf)
- Ruiz, M. (2015). *Proteínas de la harina de trigo*. Temas de ciencia y tecnología.
- Saavedra, F. (2020). *Determinación proximal y aceptabilidad general en una galleta dulce sustituyendo la harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule) y grano entero de chia (Amaranthus caudatus)* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad

- Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52211>
- Saku (2021). Trigo. *Agronomia*. <https://www.xn--agronoma-i2a.com/2021/02/trigo.html>
- Sandoval, D. (2020). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (triticum aestivum) por harina de hojas de moringa (moringa oleífera) y harina de soya (glycine max) En elaboración de galletas dulces*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa] <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3697>
- Soto, M., Allende, R. y Romero, V. (2019) Estudio comparativo en rendimiento y calidad de 12 variedades de quinua orgánica en la comunidad campesina de San Antonio de Manallasac, Ayacucho. *Campus*, 25(29), 57–65. <https://doi.org/10.24265/campus.2020.v25n29.04>
- Toapanta, F. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos (camote morado (Ipomoea batatas L.) y oca blanca (Oxalis tuberosa) en el desarrollo de galletas dulces*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/31edb498-f440-4757-a8fc-8236b2319812>
- Tolentino, M. (2023). *Formulación de galletas dulces de Yuca y Quinua para promover su consumo y diversificación en la industria alimentaria* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5630>
- Tovar, J., Vargas, D., Alaya, R., Samaniego, J., Huerta, J., e Inocente, M. (2021). Estudio comparativo del efecto antioxidante de Ipomoea batata L. camote morado en polvo liofilizado y atomizado. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 50-56. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.322>
- Vallejos, L. (2016). Efecto de la proporción de quinua, kiwicha, arracacha en la aceptabilidad general, carga compresiva, y vida útil de ojuelas. [Tesis de pregrado, Universidad

- Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2889>
- Verma, V., Singh, Z., & Yadav, N. (2025). Optimization of the combination of different flours to minimize the acrylamide and hydroxymethylfurfural and evaluation of physicochemical properties in biscuits by using a D-optimal mixture design. *Food and Humanity*, 5, 100631. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100631>
- Verónica, C. (2022). *Efecto de la mezcla de trigo (Triticum aestivum), quinua (Chenopodium quinua wild) y moringa (Moringa oleifera) en las características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas En la producción de galletas fortificadas*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8507>
- Villanueva, J. (2019). *Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (chenopodium quinua willd) y residuos de pulpa de naranja (Citrus sinensis) en polvo Sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego] Repositorio institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5574>
- Wang, S., Nie, S., & Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Res Int*, 89(1), 90–116.
- Wang, S., Zhu, F., & Kakùda, Y. (2018). Sacha inchi ( Plukenetia volubilis L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chemistry*, 265, 316-328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>

- Xu, C., Marques, F. (2022). How Dietary Fibre, Acting via the Gut Microbiome, Lowers Blood Pressure. *Current Hypertension Reports*, 24, 509–521.  
<https://doi.org/10.1007/s11906-022-01216-2>
- Yacila, S. (2020). *Elaboración de una galleta integral con adición parcial de harina de camote (Ipomoea batatas L.) y aceite de sachá inchi (Plukenetia volubilis)*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. Repositorio institucional de la Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/912>
- Yıldız, S., Karakuş, E., & Öztürk, S. (2023). D-optimal mixture design approach in the production of cookies enriched with dietary fiber sources such as lentil flour, banana fruit and banana peel powder. *Gıda*, 48(1), 94–106.  
<https://doi.org/10.15237/gida.GD22096>

## VIII. ANEXO



**Anexo 1.**

*Proceso de obtención de la harina de camote.*



**Anexo 2.**

*Camote morado*



**Anexo 3.**

*Pelado*



**Anexo 4.**  
*Laminado.*



**Anexo 5.**  
*Secado*



**Anexo 6.**  
*Secador de bandejas.*



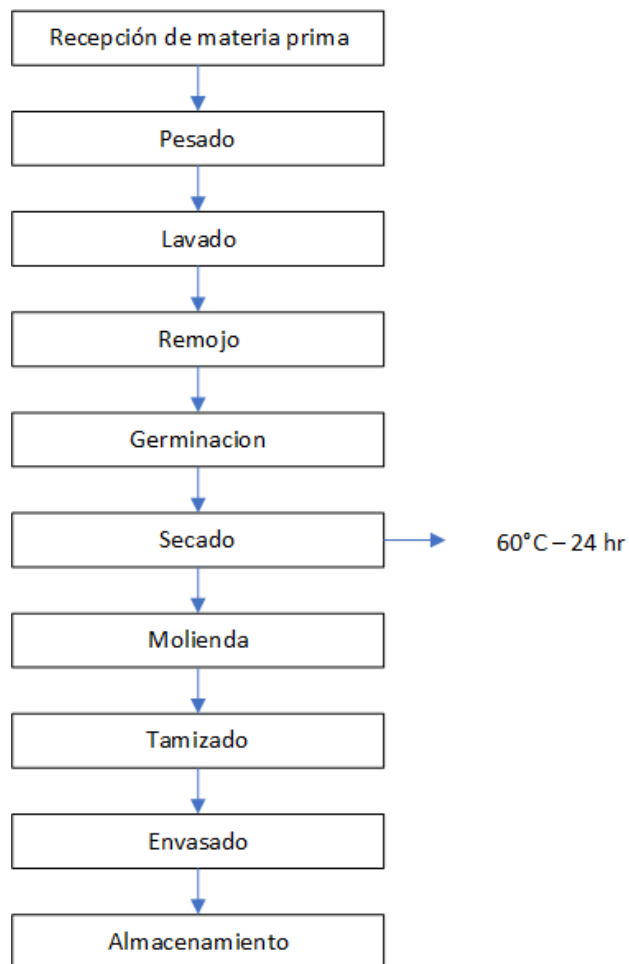
**Anexo 7.**  
*Tamizado de la harina de camote.*



### **Anexo 8.**

*Harina de camote morado*

### **Proceso de obtención de la harina de quinua germinada.**



### **Anexo 9.**

*Diagrama de flujo de obtención de la harina de quinua germinada.*



**Anexo 10.**

*Acondicionamiento de semillas de quinua.*



**Anexo 11.**

*Germinación de semillas de quinua.*



**Anexo 12.**

*Secado de semillas de quinua*



**Anexo 13.**

*Molienda y tamizado*

## Procedimiento de elaboración de galletas



**Anexo 14.**  
*Cremado de manteca y azúcar*



**Anexo 15.**  
*Mezclado del cremado con las harinas*

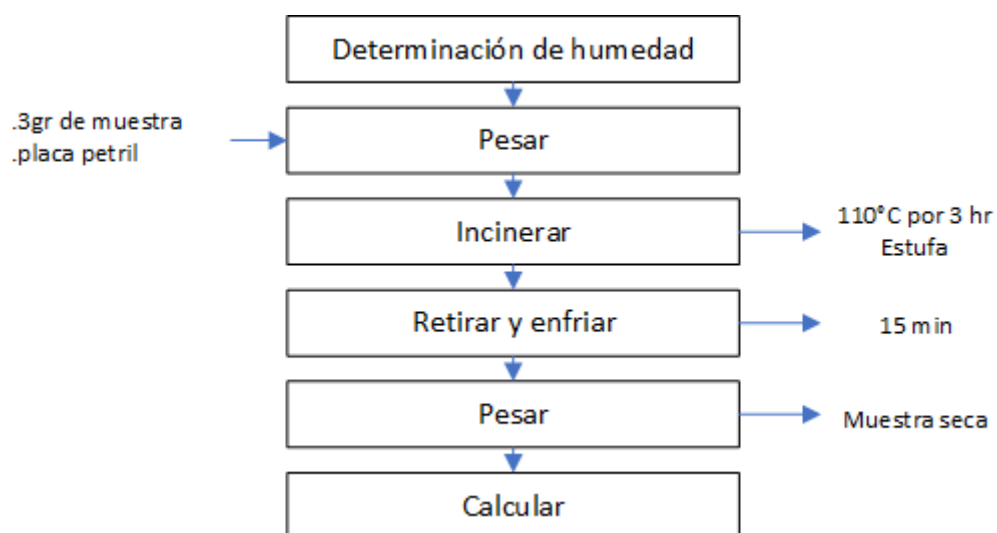


**Anexo 16.**  
*Laminado y moldeado.*



**Anexo 17.**  
*Enfriado de galletas.*

**Caracterización proximal de las materias primas y galletas:  
Determinación de Humedad**



**Anexo 18.**

*Diagrama de flujo de determinación de contenido de humedad*



**Anexo 19.**

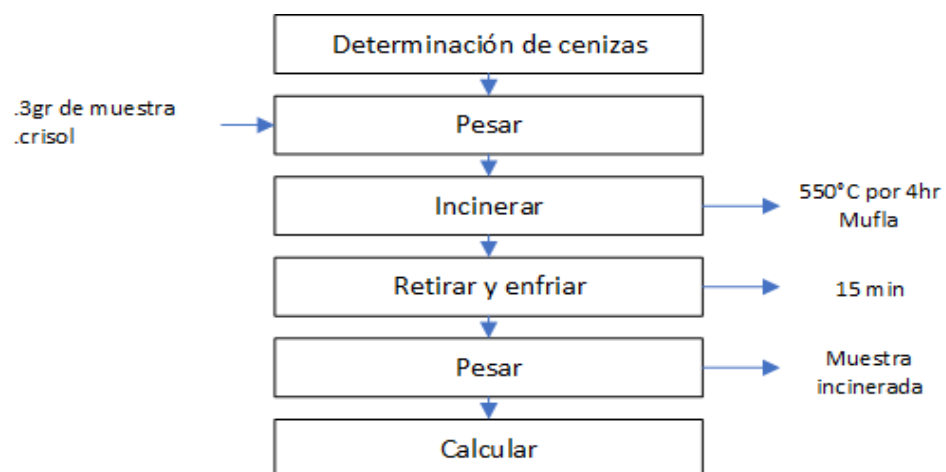
*Deshidratación de muestras en estufa*



**Anexo 20.**

*Enfriado de muestras*

### Determinación de Ceniza.



### Anexo 21.

*Diagrama de flujo de determinación de contenido de cenizas.*



### Anexo 22.

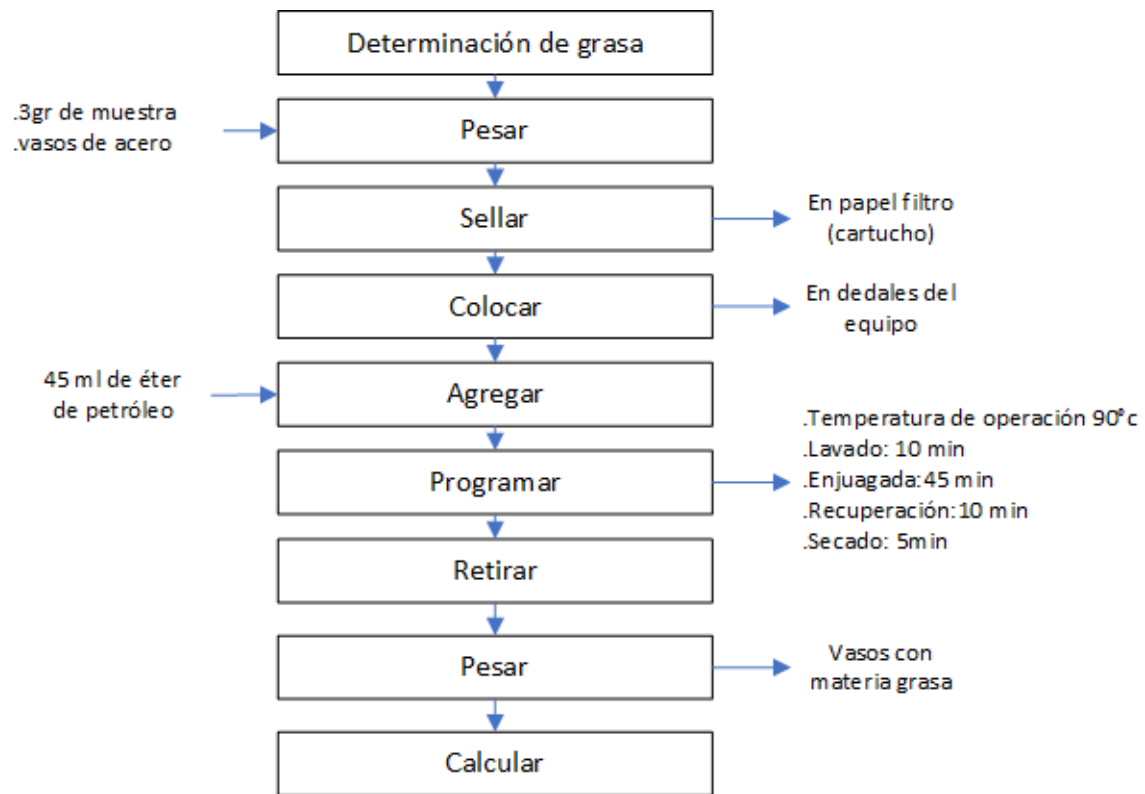
*Incineración de muestras en horno de mufla.*



### Anexo 23.

*Determinación de ceniza*

## Determinación de Grasa.



**Anexo 24.**

*Diagrama de flujo de determinación de grasa.*



**Anexo 25.**

*Pesado de depósitos de metal*



**Anexo 26.**

*Extracción de grasas de la muestra*

## Textura instrumental.



**Anexo 27.**

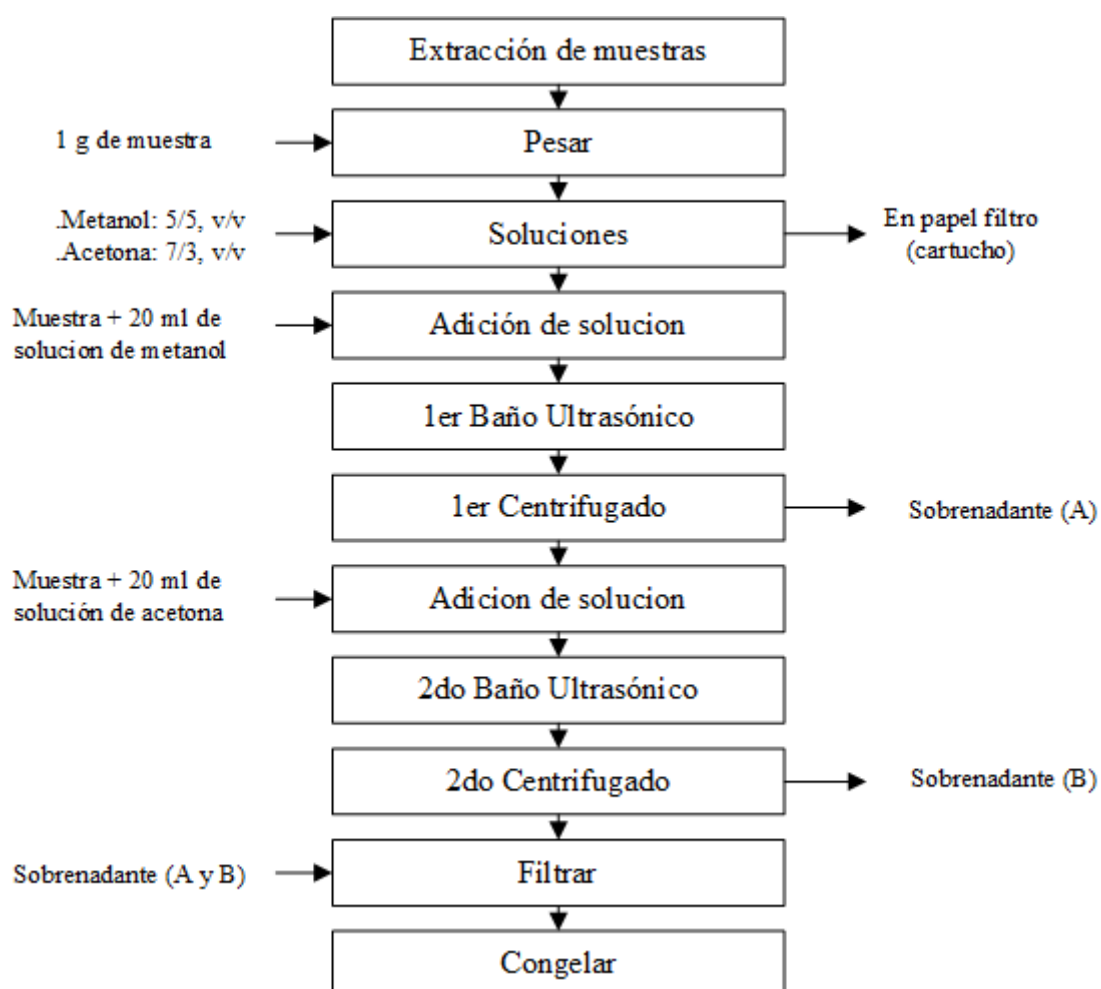
*Colocación de muestra de galleta en el Texturómetro*



**Anexo 28.**

*Resultado de dureza instrumental.*

## Obtención de extracto



**Anexo 29.**

*Diagrama de Flujo de obtención del extracto.*



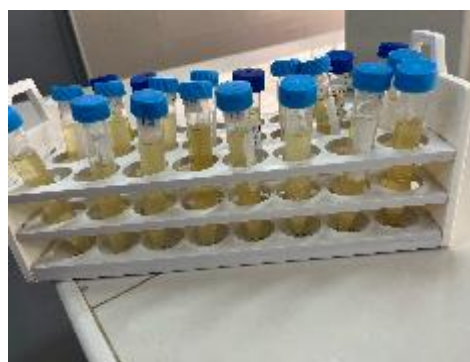
**Anexo 30.**  
*Adición de reactivo de metanol*



**Anexo 31.**  
*Primer baño ultrasónico.*



**Anexo 32.**  
*Primera centrifugación*



**Anexo 33.**  
*Adición de reactivo de acetona.*

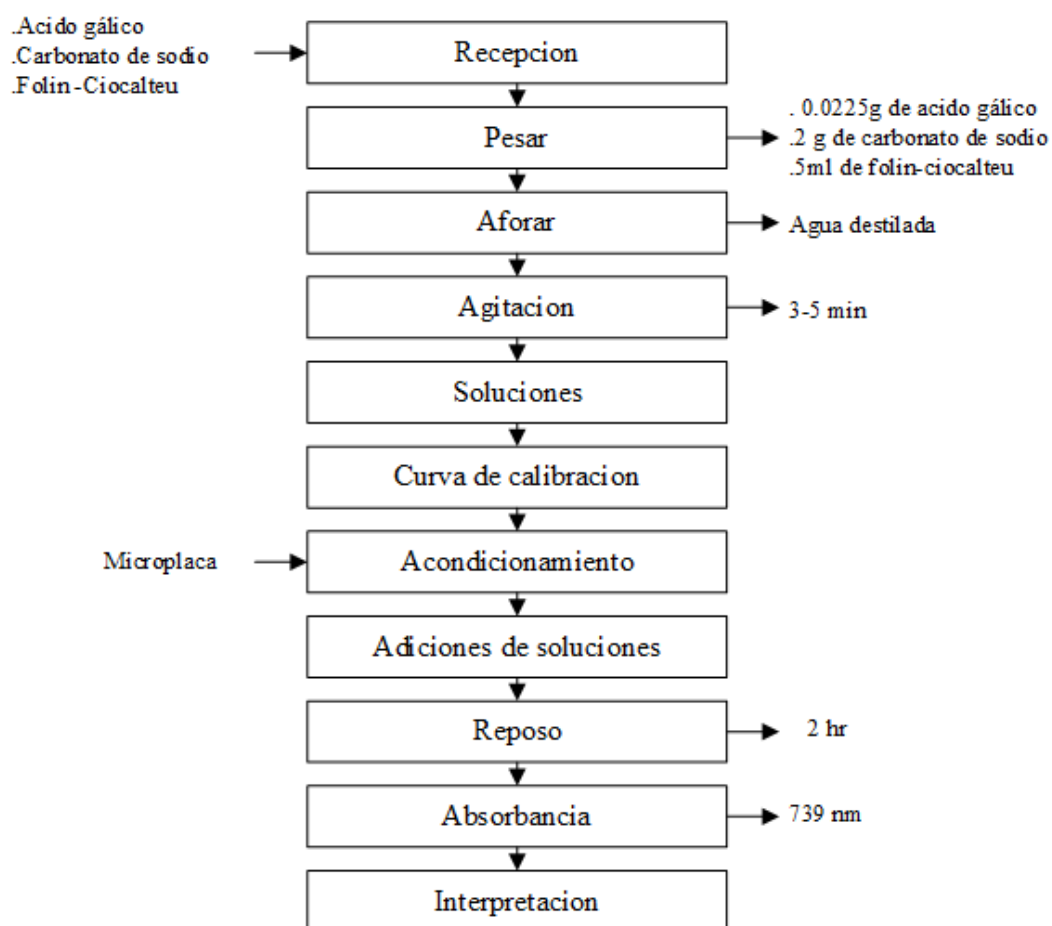


**Anexo 34.**  
*Segundo baño ultrasónico.*

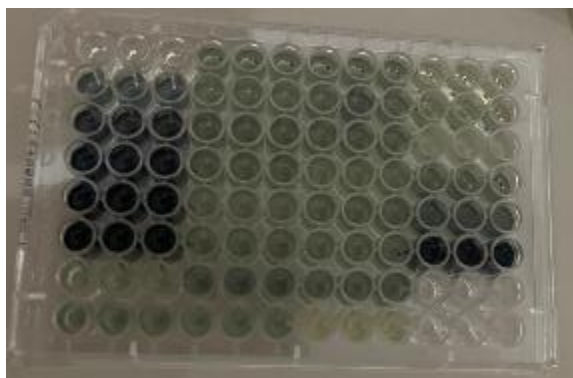


**Anexo 35.**  
*Segunda centrifugación*

### Polifenoles.



**Anexo 36.**  
*Diagrama de flujo de determinación de polifenoles.*



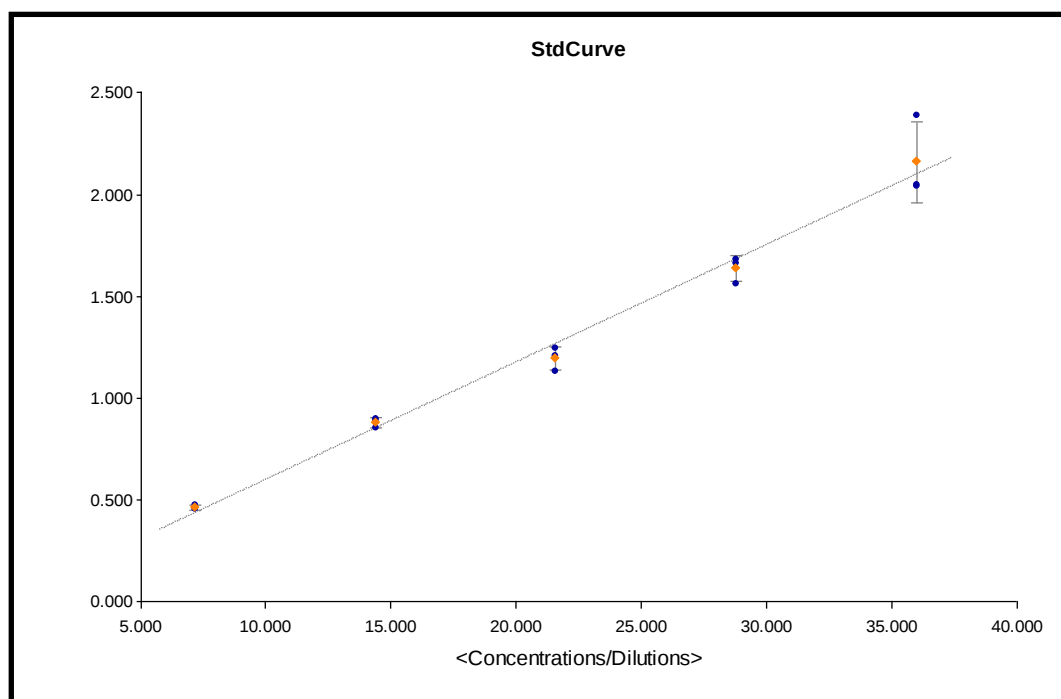
**Anexos 37.**  
*Acondicionamiento de las muestras  
en la microplaca*



**Anexos 38.**  
*Programación de lector multimodal*

| Tubo   | A.G. ( $\mu\text{g/ml}$ ) | Absorbancia (739 nm) | BLK 739 |
|--------|---------------------------|----------------------|---------|
| Blanco | -                         | 0.085                | -       |
| 1      | 7.2                       | 0.317                | 0.232   |
| 2      | 14.4                      | 0.592                | 0.507   |
| 3      | 21.6                      | 0.928                | 0.843   |
| 4      | 28.8                      | 1.196                | 1.111   |
| 5      | 36                        | 1.406                | 1.321   |

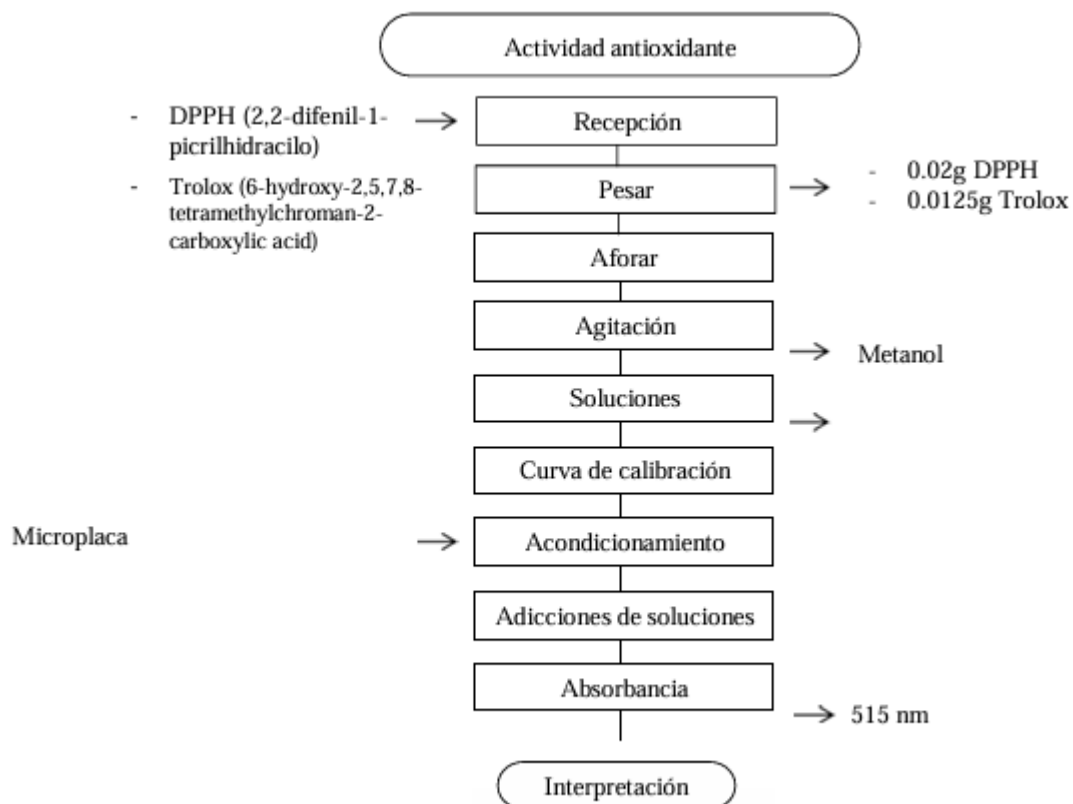
**Anexos 39.**  
*Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación  
Cálculo del BLK 739*



#### Anexos 40.

*Curva de calibrado para la determinación de polifenoles totales.*

#### Determinación de capacidad antioxidante



#### Anexos 41.

*Diagrama de flujo de la determinación de polifenoles totales*



**Anexo 42.**

*Acondicionamiento de las muestras.  
en la microplaca*



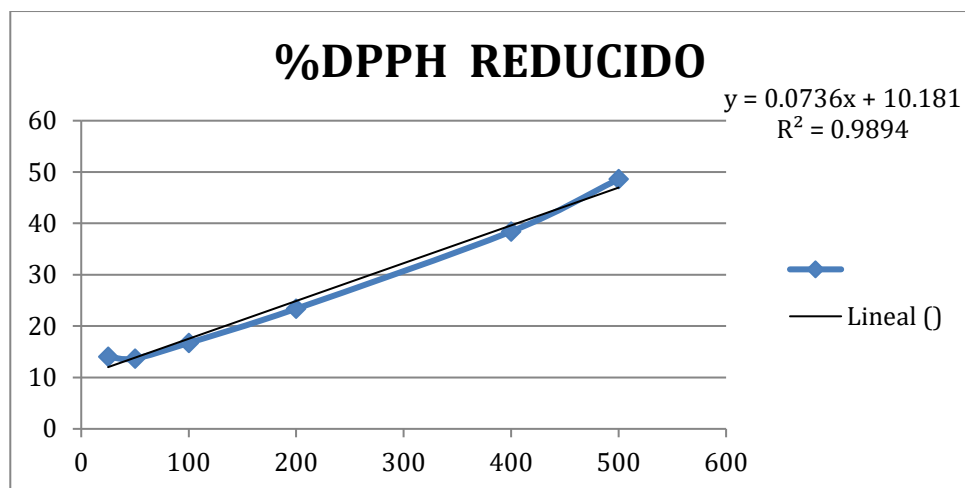
**Anexo 43.**

*Lectura de la microplaca en el lector  
multimodal a 515 nm.*

| Tubo | Concentración Trolox<br>( $\mu\text{M}$ ) | Absorbancia ajustada<br>(515 nm) | %DPPH Reducido |
|------|-------------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1    | 500                                       | 0.416                            | 0.416          |
| 2    | 400                                       | 0.522                            | 0.522          |
| 3    | 200                                       | 0.601                            | 0.601          |
| 4    | 100                                       | 0.642                            | 0.642          |
| 5    | 50                                        | 0.656                            | 0.656          |
| 6    | 25                                        | 0.526                            | 0.526          |
| 7    | 10                                        | 0.677                            | 0.677          |
| 8    | 5                                         | 0.718                            | 0.718          |

**Anexo 44.**

*Tabla de concentraciones y absorbancias de la curva de calibrado para la determinación  
Cálculo del %DPPH Reducido*



**Anexo 45.**

*Curva de calibrado para la determinación de la capacidad antioxidante (DPPH)*

### Evaluación sensorial



**Anexo 46.**

*Panelistas de la evaluación sensorial*

## ANÁLISIS SENSORIAL DE GALLETAS

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Edad:** \_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/2025

I. Ud., está recibiendo una muestra codificada de **GALLETAS**. Por favor, califique las muestras de galletas de acuerdo a la siguiente escala:

### Escala hedónica de 9 puntos

| Puntaje | Calificación               |
|---------|----------------------------|
| 9       | Me gusta muchísimo         |
| 8       | Me gusta mucho             |
| 7       | Me gusta moderadamente     |
| 6       | Me gusta poco              |
| 5       | Ni me gusta/ni me disgusta |
| 4       | Me disgusta poco           |
| 3       | Me disgusta moderadamente  |
| 2       | Me disgusta mucho          |
| 1       | Me disgusta muchísimo      |

Coloca el puntaje en los recuadros correspondientes:

| Atributo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Olor     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Sabor    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Color    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Textura  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |

II. Con base en su opinión sobre esta muestra de **GALLETAS**, indique en la escala de abajo, su **INTENCIÓN DE COMPRA** de este producto.

### Escala de intención de compra

| Puntaje | Calificación                           |
|---------|----------------------------------------|
| 5       | Con certeza lo compraría               |
| 4       | Posiblemente lo compraría              |
| 3       | Tal vez compraría/tal vez no compraría |
| 2       | Posiblemente no lo compraría           |
| 1       | Con certeza no lo compraría            |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |

### Anexo 47.

#### Ficha sensorial



**Anexo 48.**  
*Formulaciones realizadas de las galletas*