

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



**Formulación y optimización de galletas con harinas de
chenopodium pallidicaule, *zea mays L.* germinadas y
concentrado proteico de *engraulis ringens***

**Tesis para obtener el título profesional de
Ingeniero Agroindustrial**

Autores:

**Bach. Montalvo Quispe, Erick Carlos
Bach. Yacila Callán, Frandy Israel**

Asesor:

**Dr. Símpalo López, Wilson Daniel
DNI. N° 40186130
Código ORCID: 0000-0002-8397-7145**

**Nuevo Chimbote - Perú
2025**

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



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente tesis para la obtención del Título profesional ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo 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 con la denominación siguiente:

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

**“FORMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE GALLETAS CON HARINA DE
CHENOPodium PALLIDICAULE, ZEA MAYS L. GERMINADAS Y
CONCENTRADO PROTEICO DE ENGRAULIS RINGENS”**

Autores:

Bach. Montalvo Quispe Erick Carlos
Bach. Yacila Callan Frandy Israel

Dr. Wilson Daniel Símpalo López
DNI: 40186130

Código QR CID:0000-0002-8397-7145

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



ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente trabajo de tesis titulado “FORMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE GALLETAS CON HARINA DE *CHENOPodium PALLIDICAULE*, *ZEA MAYS L.* GERMINADAS Y CONCENTRADO PROTEICO DE *ENGRAULIS RINGENS*” para obtener el título profesional de ingeniero agroindustrial, presentado por los bachilleres: Montalvo Quispe Erick Carlos, con código de matrícula 0201912038 y Yacila Callan Frandy Israel, con código de matrícula 2021912038, que tienen como asesor al Dr. Wilson Daniel Simpalo López, designado por resolución Nº 356-2023-UNS-FI. ha sido revisado y aprobado por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución Nº 444-2025-UNS-CFI.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Berta Aguirre Vargas".

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Presidente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Any Berenice Córdova Chang".

Ms. Any Berenice Córdova Chang
Secretario

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Wilson Daniel Simpalo López".

Dr. Wilson Daniel Simpalo López
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veintisiete de Octubre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 444-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| > Dra. Elza Berta Aguirre Vargas | (Presidente) |
| > Ms. Any Berenice Córdova Chang | (Secretario) |
| > Dr. Wilson Daniel Simpalo López | (Integrante) |

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado **FORMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE GALLETAS CON HARINAS DE *Chenopodium pallidicaule*, *Zea mays L.* GERMINADAS Y CONCENTRADO PROTEICO DE *engraulis ringens*** elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- MONTALVO QUISPE ERICK CARLOS
- YACILA CALLÁN FRANDY ISRAEL

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Wilson Daniel Simpalo López**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103º del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
ERICK CARLOS MONTALVO QUISPE	18	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 27 de octubre del 2025

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Presidente

Ms. Any Berenice Córdova Chang
Secretario

Dr. Wilson Daniel Simpalo López
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veintisiete de Octubre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 444-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dra. Elza Berta Aguirre Vargas (Presidente)
- Ms. Any Berenice Córdova Chang (Secretario)
- Dr. Wilson Daniel Símpalo López (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado **FORMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE GALLETAS CON HARINAS DE *Chenopodium pallidicaule*, *Zea mays L.* GERMINADAS Y CONCENTRADO PROTEICO DE *engraulis ringens*** elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- MONTALVO QUISPE ERICK CARLOS
- YACILA CALLÁN FRANDY ISRAEL

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Wilson Daniel Símpalo López**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103º del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
FRANDY ISRAEL YACILA CALLÁN	18	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 27 de octubre del 2025

Dra. Elza Berta Aguirre-Vargas
Presidente

Ms. Any Berenice Córdova Chang
Secretario

Dr. Wilson Daniel Símpalo López
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: Frandy Israel YACILA CALLÁN

Título del ejercicio: MAESTRIA 2025

Título de la entrega: TESIS_FINAL_MONTALVO_Y_YACILA

Nombre del archivo: TESIS_FINAL..._1_.docx

Tamaño del archivo: 3.71M

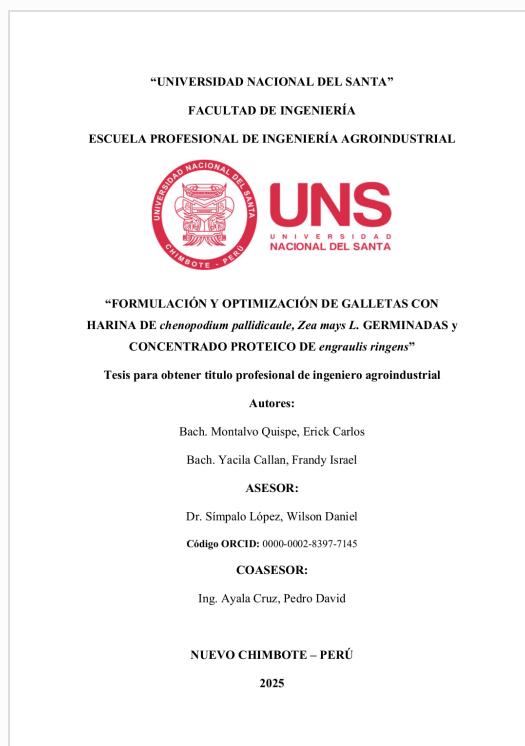
Total páginas: 118

Total de palabras: 24,063

Total de caracteres: 133,340

Fecha de entrega: 29-dic-2025 08:48p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2851828556



TESIS_FINAL_MONTALVO_Y_YACILA

INFORME DE ORIGINALIDAD

19% INDICE DE SIMILITUD	18% FUENTES DE INTERNET	4% PUBLICACIONES	7% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

- | | | |
|----|---|----------------|
| 1 | repositorio.uns.edu.pe
Fuente de Internet | 6% |
| 2 | hdl.handle.net
Fuente de Internet | 1 % |
| 3 | apirepositorio.unh.edu.pe
Fuente de Internet | 1 % |
| 4 | repositorio.unat.edu.pe
Fuente de Internet | 1 % |
| 5 | ocw.um.es
Fuente de Internet | 1 % |
| 6 | repositorio.unsch.edu.pe
Fuente de Internet | <1 % |
| 7 | alicia.concytec.gob.pe
Fuente de Internet | <1 % |
| 8 | revistas.unat.edu.pe
Fuente de Internet | <1 % |
| 9 | eprints.uanl.mx
Fuente de Internet | <1 % |
| 10 | repositorio.ug.edu.ec
Fuente de Internet | <1 % |
| 11 | Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Trabajo del estudiante | <1 % |
| | repositorio.unc.edu.pe | |

DEDICATORIA

A mis padres, Maribel y Franklin, quienes de su mano he aprendido a salir adelante. A mi madre por ser mi pilar y soporte, por enseñarme a ser fuerte, consiente y a nunca rendirme. A mis hermanas Diana y Yurico por ser mi motivación diaria para seguir avanzando. A todos mis amigos maestros que me ayudaron a llegar hasta aquí, sin ellos esto no hubiera sido posible.

Yacila Callán Frandy Israel

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por brindarme salud y permitirme superar todos los obstáculos que se presentaron durante el desarrollo de este informe. A mi madre Martha Quispe Ponte, por ser mi apoyo incondicional y mi mejor ejemplo de perseverancia y optimismo, por la confianza y por su amor que me impulsaron a seguir adelante y nunca rendirme, también a mi Padre Juan Montalvo Chinchay y mi Tía Leonisa Quispe Ponte quienes me aconsejaron y guiaron por buen camino. A mis profesores universitarios quienes me apoyaron resolviendo cada duda y me formaron durante mi carrera.

Montalvo Quispe Erick Carlos

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanas, por estar siempre en “mi equipo”, por ser mi mayor ejemplo de resiliencia y ganas, por darlo todo por verme feliz.

Yacila Callan Frandy Israel

Agradezco sinceramente a mis profesores, asesor y coasesore, quienes compartieron su conocimiento y experiencia, brindándome valiosos comentarios que enriquecieron el contenido de esta investigación. A mi familia y amigos, les estoy agradecido por su constante aliento y comprensión, sus palabras de aliento fueron mi fuente de inspiración en los momentos más exigentes. También quiero reconocer el apoyo de mis compañeros de clase, cuya colaboración y motivación fueron elementos clave para superar los desafíos que surgieron durante este viaje académico

Montalvo Quispe Erick Carlos

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	ii
AVAL DEL JURADO.....	iii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. MARCO CONCEPTUAL	10
2.2.1. CAÑIHUA	10
2.2.2. Maíz Morado	13
2.2.3. Concentrado Proteico de Anchoveta	18
2.2.4. Trigo (<i>Triticum</i>)	19
2.2.5. Germinación de semillas.....	21
2.2.6. Antioxidantes.....	22
2.2.7. Compuestos Bioactivos	22
2.2.8. Compuestos fenólicos	22
2.2.9. Alimento Funcional	23
2.2.10. Galletas	24
2.2.11. Germinación	28
III. MARCO METODOLOGICO.....	31
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	31
3.1.1. Tipo de investigación.....	31
3.1.2. Diseño de investigación.....	31
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	31
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	32
3.3.1. Población	32
3.3.2. Muestra	32
3.3.3. Muestreo	32
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.4.1. Lugar de ejecución.....	32
3.4.2. Materia Prima e Insumos	32
3.4.3. Insumos.....	36
3.4.4. Equipos, materiales y reactivos	36

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	41
3.5.1. Resumen del Diseño Experimental:.....	41
3.5.2. Base de Diseño:	41
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	43
3.6.1. Germinación de los granos	43
3.6.2. Elaboración de harina de los granos andinos germinados	43
3.6.3. Caracterización de la composición proximal de las harinas de granos sin germinar y germinados	43
3.6.4. Determinación de Polifenoles totales y Capacidad Antioxidante.....	43
3.6.5. Análisis sensorial	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. Caracterización de los granos de maíz morado y calihua	45
4.2. Elaboración de las harinas de granos germinados de cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>) y maíz morado (<i>Zea mays L.</i>).	49
4.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS DE LOS GRANOS DE MAÍZ MORADO Y CAÑIHUA GERMINADOS	55
4.4. ELABORACIÓN Y ANALISIS DE LAS GALLETAS SEGÚN EL DISEÑO EXPERIMENTAL	60
4.4.1. Elaboración de las Galletas:.....	60
4.4.2. Actividad antioxidante.....	63
4.4.3. Polifenoles totales	65
4.4.4. Análisis de Proteína	66
4.4.5. Olor	68
4.4.6. Color	70
4.4.7. Sabor	73
4.4.8. Textura	75
4.5. ELABORACIÓN DE LA GALLETA OPTIMA Y EVALUACIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS PROXIMALES Y FUNCIONALES	78
V. CONCLUSIONES	79
VI. RECOMENDACIONES	80
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
VIII. ANEXOS	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la cañihua en 100 gramos	12
Tabla 2. Composición química de maíz morado PMV-581, INIA-615 Negro Canaán, INIA-601 Negro Cajamarca.....	15
Tabla 3. Valor Nutricional de semilla de maíz morado por cada 100 g	16
Tabla 4. Composición aproximada del concentrado proteico de anchoveta	19
Tabla 5. Características del grano del trigo	20
Tabla 6. Criterios fisicoquímicos de las galletas	28
Tabla 7. Variables de Investigación.....	31
Tabla 8. Condiciones de los factores de estudio	42
Tabla 9. Matriz de las masas formuladas con Harina de maíz morado germinado (HMG), Harina de cañihua germinada (HCG) y Concentrado proteico de anchoveta (CPA).	42
Tabla 10. Composición proximal de la Cañihua y Maíz morado sin germinar	45
Tabla 11. Cantidad de Polifenoles Totales y Actividad Antioxidante de la Cañihua y Maíz morado sin germinar	48
Tabla 12. Composición proximal de las harinas de Cañihua y Maíz morado germinadas.....	55
Tabla 13. Cantidad de Polifenoles Totales y Actividad Antioxidante de la harinas de Cañihua y Maíz Morado Germinados	58
Tabla 14. Análisis de Polifenoles, capacidad antioxidante, proteína y análisis sensorial de la galleta para diferentes formulaciones.....	62
Tabla 15. Propuesta de formulación óptima para galletas	77
Tabla 16. Composición proximal de la galleta optima	78
Tabla 17. Cantidad de Polifenoles Totales y Actividad Antioxidante de la galleta optima	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plantas de cañihua Fuente: (Webconsultas, 2023)	10
Figura 2. Maíz Morado INIA 601 Fuente: (INIA, 2023).....	14
Figura 3. Harina de Trigo.....	32
Figura 4. Harina germinada de Cañihua	33
Figura 5. Harina germinada de Maíz Morado.....	34
Figura 6. Concentrado proteico de anchoveta.....	35
Figura 7. Equipo Germinador	36
Figura 8. Estufa	37
Figura 9. Molino Centrifuga	37
Figura 10.Balanza Analítica	38
Figura 11.Horno Rotatorio	38
Figura 12.Mufla.....	39
Figura 13.Equipo DUMAS.....	39
Figura 14.Equipo para determinar fibra	39
Figura 15.Equipo Extractor de Grasa	40
Figura 16.Lector Multimodal de Microplacas.....	40
Figura 17.Equipo ultrasónico	40
Figura 18.Centrífuga refrigerada.....	41
Figura 19.Diagrama de flujo para la elaboración de harina de Cañihua germinada	50
Figura 20.Diagrama de flujo para la elaboración de harina de maíz morado germinado	53
Figura 21.Diagrama de flujo para la elaboración de galletas de harina de maíz morado, cañihua y concentrado proteico de anchoveta.....	61
Figura 22.Gráfico de contorno para Actividad antioxidante de la galleta.....	64
Figura 23.Gráfico de superficie de respuesta de Actividad antioxidante de la galleta.....	64

Figura 24.Gráfico de contorno para Polifenoles Totales de la galleta.....	66
Figura 25.Gráfico de superficie de respuesta para Polifenoles Totales de la galleta.	
.....	66
Figura 26.Gráfico de contorno para Proteínas de la galleta.....	68
Figura 27.Gráfico de superficie de respuesta de Proteínas de la galleta.....	68
Figura 28.Gráfico de contorno para olor de la galleta.....	70
Figura 29.Gráfico de superficie de respuesta de olor de la galleta.....	70
Figura 30.Gráfico de contorno para color de la galleta.....	72
Figura 31.Gráfico de superficie de respuesta de color de la galleta.....	72
Figura 32.Gráfico de contorno para sabor de la galleta.....	74
Figura 33.Gráfico de superficie de respuesta de sabor de la galleta.....	74
Figura 34.Gráfico de contorno para textura de la galleta.....	76
Figura 35.Gráfico de superficie de respuesta de textura de la galleta.....	76

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Determinación de % humedad.....	91
Anexo 2. Determinación de cenizas	91
Anexo 3. Determinación de proteína (Método Dumas)	92
Anexo 4. Determinación de fibra	92
Anexo 5. Determinación de Grasas	93
Anexo 6. Determinación de capacidad antioxidante (DPPH)	95
Anexo 7. Determinación de Polifenoles Totales	97
Anexo 8. Ficha de evaluación Sensorial (olor y color)	101
Anexo 9. Ficha de evaluación Sensorial (sabor y textura)	102
Anexo 10. Cañihua germinada	103
Anexo 11. Maíz Morado Germinado.....	103
Anexo 12. Elaboración de las galletas, según el método experimental	103
Anexo 13. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para la Actividad Antioxidante de la galleta.....	104
Anexo 14. Coeficiente de modelo matemático para la Actividad Antioxidante de galletas.....	104
Anexo 15. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para Polifenoles totales.....	104
Anexo 16. Coeficiente de modelo matemático para los Polifenoles Totales de galletas.....	105
Anexo 17. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para Proteínas.....	105
Anexo 18. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para Olor.....	105
Anexo 19. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para color.....	106
Anexo 20. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para sabor.....	106
Anexo 21. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para textura.....	106

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo formular y optimizar una galleta elaborada con harinas de cañihua y maíz morado germinadas y concentrado proteico de anchoveta, para obtener la formulación que destaque por su elevado contenido de actividad antioxidante, polifenoles totales, proteínas y sea aceptable sensorialmente, empleando para ello un diseño de mezclas.

Se elaboraron galletas sustituyendo parcialmente la harina de trigo (40%), harina de cañihua germinada (15 – 20) %, harina de maíz morado germinado (35 - 44) %, concentrado proteico de anchoveta CPA (1 - 5) %, realizando un total de 14 formulaciones experimentales. La formulación optima estuvo compuesta por 40% harina de trigo, 34% de harina de maíz morado germinado, 15% de harina de cañihua germinada y 1% de concentrado proteico de anchoveta. Se concluye que la germinación de los granos incrementa los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, permitiendo obtener una galleta nutritiva y con propiedades funcionales adecuadas.

PALABRAS CLAVES: Germinación, Polifenoles Totales, Actividad antioxidante, Galletas, Cañihua, Maíz Morado INIA 601, Concentrado Proteico de Anchoveta.

ABSTRACT

The objective of this research is to formulate and optimize a cookie made with sprouted canihua and purple corn flours and anchovy protein concentrate, in order to obtain a formulation that stands out for its high antioxidant activity, total polyphenols, and protein content, and is sensorially acceptable, using a mixture design.

Cookies were made by partially replacing wheat flour (40%), germinated cañihua flour (15-20%), germinated purple corn flour (35-44%), and anchovy protein concentrate (CPA) (1-5%), resulting in a total of 14 experimental formulations. The optimal formulation consisted of 40% wheat flour, 34% sprouted purple corn flour, 15% sprouted cañihua flour, and 1% anchovy protein concentrate. It was concluded that sprouting the grains increases bioactive compounds and antioxidant activity, resulting in a nutritious cookie with adequate functional properties.

KEY WORDS: Germination, Total Polyphenols, Antioxidant Activity, Cookies, Quinoa, Purple Corn INIA 601, Anchovy Protein Concentrate.

I. INTRODUCCIÓN

La actualidad alimentaria en el Perú refleja un cambio significativo en los hábitos de consumo, con un aumento alarmante en la ingesta de productos industrializados, especialmente aquellos con elevada densidad energética y fácil accesibilidad en el mercado, como la comida rápida y snacks. Este cambio ha sido asociado con consecuencias adversas para la salud, incluyendo una disminución en la ingesta de alimentos frescos de origen vegetal y un aumento en el consumo de alimentos ultra procesados, ricos en grasas saturadas, azúcares y sal. Además, el estrés oxidativo resultante de las tensiones laborales y académicas contribuye a la prevalencia de enfermedades como el sobrepeso, la obesidad, enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial, cáncer e hipercolesterolemia.

En este contexto, las galletas, siendo productos de bajo costo y alta demanda, son una fuente común de saciedad, pero lamentablemente, suelen carecer de beneficios para la salud debido a su alto contenido de azúcares y grasas. Es evidente la necesidad de desarrollar alternativas que aporten valor nutricional, incorporando ingredientes como proteínas y antioxidantes.

Los granos andinos, en particular la cañihua y el maíz morado, emergen como ingredientes clave para abordar esta problemática. Estos granos no solo son ricos en macronutrientes, vitaminas y minerales, sino que la germinación de estos pseudocereales ha demostrado potenciar significativamente sus propiedades nutricionales y bioactivas. La cañihua, por ejemplo, exhibe altos niveles de proteínas, aminoácidos esenciales, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, mientras que el maíz morado aporta beneficios adicionales con sus antocianinas, conocidas por sus propiedades cardiovasculares y antiinflamatorias.

La inclusión de concentrado proteico de anchoveta en la formulación de estas galletas no solo aumenta su contenido proteico, sino que también aporta ácidos grasos esenciales y otros nutrientes esenciales. Además, estudios recientes destacan que la germinación de estos granos andinos potencia la presencia de 6 compuestos bioactivos, lo que abre la posibilidad de desarrollar harinas con propiedades mejoradas para la fabricación de productos como las galletas.

Este proyecto de investigación se propone abordar la problemática alimentaria actual mediante la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por

harina germinada de maíz morado, cañihua y concentrado proteico de anchoveta. La justificación radica en la creciente tendencia hacia la alimentación saludable en el Perú, donde los pseudocereales andinos y el concentrado proteico de anchoveta ofrecen una combinación única de beneficios nutricionales. Los objetivos del estudio incluyen la caracterización de los granos, la elaboración y caracterización de las harinas germinadas, la optimización de la formulación de galletas y realizar el análisis proximal y funcional.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

En su artículo de investigación, Castillo y Paucar (2021), titulado “Comportamiento reológico de masas de panificación de harina de trigo sustituidas con harinas de quinua y cañihua germinadas” evaluaron los factores reológicos de la harina de trigo al sustituirla con harina de quinua y harina de cañihua germinadas. El diseño utilizado fue el simplex con centroide, lo que resultó en un total de 14 formulaciones de masas. Los componentes de la mezcla variaron en un rango de 60% a 80% de harina de trigo, 5% a 25% de harina de quinua germinada y 5% a 25% de harina de cañihua. En la investigación, se evaluaron varios parámetros reológicos, como el tiempo de desarrollo de la masa, la estabilidad de la masa, la absorción de agua, la consistencia de la masa, la extensibilidad de la masa, la resistencia a la extensión de la masa, la máxima gelatinización y la temperatura de gelatinización. Se concluyó que los parámetros reológicos de las masas se ven afectados de manera proporcional por el porcentaje de sustitución, siendo mayores para las galletas y menores para los productos de panificación, como los panes.

Lozano et al., (2020) evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de granadilla (*Passiflora ligularis juss*) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces; elaboró diez formulaciones y una formulación base (F0) aplicando un diseño compuesto central rotatorio (DCCR) 2². Se analizaron las propiedades fisicoquímicas como porcentaje de humedad, grasa, cenizas, carbohidratos, fibra dietética y proteínas, así como la aceptabilidad sensorial en términos de olor, color, sabor y textura, evaluadas por un panel de 40 jueces no entrenados. Los resultados fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros fisicoquímicos y la prueba de Chi-cuadrado para determinar la relación entre las formulaciones y la evaluación sensorial, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Entre las formulaciones, la F3 (24.4 % de harina de trigo, 13 % de harina de granadilla y 6.5 % de harina de quinua) obtuvo la mejor aceptación sensorial en todos los atributos evaluados. El estudio concluyó que la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de granadilla y quinua no

afectó significativamente las propiedades fisicoquímicas ni sensoriales de las galletas dulces.

La investigación desarrollada por García (2023) tuvo como objetivo diseñar un proceso de germinación y fermentación del maíz para la obtención de una bebida probiótica segura, funcional y con un contenido proteico superior al del maíz sin tratar. El estudio se desarrolló en tres etapas. En la primera, se evaluaron diversas cepas de bacterias ácido lácticas para identificar las de mayor potencial probiótico, analizando su resistencia a fluidos gástricos e intestinales, capacidad de adhesión al epitelio intestinal, resistencia a antibióticos y producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Las cepas *Lactobacillus plantarum* V3 y *L. acidophilus* La3 fueron seleccionadas por sus destacadas propiedades probióticas y su capacidad para fermentar inulina y fibra de maíz soluble. En la segunda etapa, se germinó el maíz durante cinco días a 25 °C y 95 % de humedad relativa, evaluando los cambios en el contenido nutricional, la actividad enzimática y los niveles de azúcares y nitrógeno amino libre. Se determinó que a las 96 horas de germinación se alcanzó el mejor equilibrio entre estos parámetros, obteniendo un incremento en cenizas y una reducción en lípidos, sin variaciones significativas en proteína y fibra respecto al maíz sin germinar. Finalmente, en la tercera etapa, se aplicó la metodología de superficie de respuesta para optimizar las condiciones de fermentación (tiempo y pH), buscando maximizar la producción de proteína, probióticos y AGCC. Se encontró que las condiciones óptimas combinadas fueron 46.9 h y pH 7.0, con una deseabilidad compuesta de 0.903. Bajo estas condiciones, la fermentación del maíz germinado permitió incrementar el contenido de proteína en 30.5 % respecto al maíz sin germinar y alcanzar una concentración de bacterias probióticas de 8.9 Log UFC/mL, valor superior al mínimo exigido para considerarse una bebida probiótica. Además, los niveles de AGCC obtenidos sugieren posibles beneficios metabólicos, como la prevención de la diabetes y el control del peso corporal, evidenciando el potencial del maíz germinado como base para el desarrollo de bebidas funcionales de alto valor nutricional.

Apolinario y Loa (2025) en su proyecto de investigación titulado: Efecto de la adición de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinada y puré de jawinca (*Cucurbita moschata*) tuvo como finalidad elaborar una pasta

alimenticia enriquecida mediante la incorporación de harina de cañihua germinada (*Chenopodium pallidicaule*) y puré de jawinca (*Cucurbita moschata*), evaluando sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales. Para ello, se formularon nueve tratamientos con diferentes proporciones de sémola, cañihua y jawinca, aplicando un diseño de mezclas para determinar la formulación óptima. Los resultados mostraron que la muestra T7 obtuvo la mejor aceptación sensorial en color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general. Esta formulación presentó un alto contenido de proteínas (19,4 g), calcio (54,4 mg) e hierro (74,6 mg), además de un valor calórico de 419,6 kcal, evidenciando un importante potencial nutritivo. El proceso de germinación fue controlado cuidadosamente para optimizar la concentración proteica, manteniendo condiciones adecuadas de humedad y temperatura. En conclusión, la investigación demostró que la combinación de cañihua germinada y puré de jawinca mejora significativamente la calidad nutricional y sensorial de la pasta alimenticia.

Córdova et, al. (2022), su tesis tuvo como objetivo analizar el impacto de agregar harina de maíz morado germinado en galletas sin gluten. El diseño utilizado fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial 3x2. Los análisis de varianza (ANOVA) revelaron resultados significativos ($p<0,05$) en relación a las proteínas, polifenoles y cenizas con respecto a la germinación. En cuanto al porcentaje de maíz morado en relación al coeficiente de esparcimiento y la capacidad antioxidante, los resultados también fueron significativos ($p<0,05$). Sin embargo, no se obtuvieron resultados significativos ($p>0,05$) en relación a la actividad de agua (Aw) con respecto a la germinación y al porcentaje de maíz morado. Las tres formulaciones de galletas obtuvieron una aceptación adecuada en la evaluación sensorial. En conclusión, se determinó que la cantidad de proteínas no se ve afectada de manera significativa por la germinación y el porcentaje de harina de maíz morado. Sin embargo, la germinación y el porcentaje de maíz morado sí afectan la determinación de cenizas, polifenoles, coeficiente de esparcimiento y capacidad antioxidante.

Castillo (2022), en su trabajo de investigación para obtener el grado de Doctor en ingeniería agroindustrial, se planteó como objetivo formular productos de panificación saludables a partir de harina de granos de quinua y cañihua

germinados. se aplicó un diseño de mezclas simplex con centroide para determinar la formulación que permita maximizar los compuestos bioactivos como ORAC y TPC”. Se elaboraron pan de molde con un porcentaje de sustitución parcial en un rango de: 80-90% de harina de trigo, 5-15% de harina de quinua germinada y 5-15% de harina de cañihua germinada, en galletas con porcentajes de sustitución parcial en un rango de: 60-80% de harina de trigo, 5-25% de harina de quinua germinada y 5-55% de harina de cañihua germinada, teniendo un total de 14 formulaciones. Concluyendo que los compuestos bioactivos se incrementan con el proceso de germinación de granos, y los panes y galletas elaborados tuvieron un mayor contenido de estos compuestos que el control.

El estudio desarrollado por Huatuco (2021) tuvo como finalidad determinar el efecto de distintas formulaciones de *pellets* elaborados a base de cultivos andinos arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), achira (*Canna indica L.*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el crecimiento (peso y talla) de roedores de la cepa BALB/C-53, con el propósito de generar criterios útiles para el diseño de productos alimentarios con valor agregado. Se aplicó la metodología Taguchi, considerando seis factores con dos niveles de trabajo y una matriz ortogonal L8 (2⁶). Se formularon ocho tratamientos (F1–F8) y un grupo control alimentado con ratonina durante 15 días. Los resultados mostraron que la formulación F7 (20% arracacha, 20% achira, 15% mashua, 15% oca, 20% cañihua y 20% tarwi) generó la mayor ganancia de peso, seguida de F8 y F2; mientras que las formulaciones F2, F7 y F3 fueron las más efectivas en el incremento de talla. En conclusión, la F7 fue la más destacada en promover el crecimiento corporal, demostrando el potencial nutricional de los granos y tubérculos andinos para la formulación de alimentos funcionales.

En la tesis doctoral titulada “*Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante a partir de harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinadas*” (Símpalo, 2022), se planteó como objetivo formular productos de panificación saludables utilizando de harina de granos de kiwicha y cañihua

germinados. Para lograrlo, se utilizó un diseño de mezclas simplex con centroide con el fin de encontrar la combinación adecuada que permita optimizar la actividad antioxidante, los compuestos bioactivos y los atributos fisicoquímicos y sensoriales. Se elaboraron panes de molde con diferentes porcentajes de sustitución en un rango de: 80 al 90% de harina de trigo, del 5 al 15% de harina de kiwicha germinada y del 5 al 15% de harina de cañihua germinada. Asimismo, se prepararon galletas con porcentajes de sustitución parcial en un rango de: 60 al 80% de harina de trigo, del 5 al 25% de harina de kiwicha germinada y del 5 al 55% de harina de cañihua germinada, obteniendo un total de 14 formulaciones. La formulación óptima del pan de molde fue (84.21% de harina de trigo, 6.17% de harina de kiwicha germinada y 9.62% de harina de cañihua germinada), en cuanto a las galletas, la formulación optima fue (71.9% de harina de trigo, 5% de harina de kiwicha germinada y 23.1% de harina de cañihua germinada). Concluyendo que los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante se incrementan con el proceso de germinación de granos, permitiendo obtener panes de molde y galletas saludables con características fisicoquímicas y sensoriales apropiadas.

En la investigación titulada “*Optimización del tiempo de horneado y de la formulación utilizando Cushuro (*Nostoc sphaericum*) y harina de coronta de maíz morado (*Zea mays L.*) en galletas*” (Aguilar, 2022), el objetivo principal fue optimizar la formulación y el tiempo de horneado utilizando harina de coronta de maíz morado en galletas y cushuro; sus variables independientes fueron cushuro, tiempo de horneado y porcentaje de sustitución de harina de coronta de maíz morado, para obtener una mayor aceptabilidad general. Se aplicó un diseño de análisis estadístico (DCCR), generando un total de 17 formulaciones con sustituciones en un rango de: 2 al 10% de harina de coronta de maíz morado, 5 al 19 % de cushuro y de 8 a 30 min en el tiempo de horneado, a una temperatura de horneado de 140 °C. Se concluye que a mayores concentraciones de harina de coronta de maíz morado disminuye la aceptabilidad general.

Apace (2022), en su proyecto de investigación titulado “Efecto del germinado en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos del grano del maíz morado (*Zea*

mays L.)”, propuso evaluar el impacto de la germinación en las características fisicoquímicas del grano de maíz morado. La germinación se llevó a cabo a una temperatura de 20 °C durante 120 horas, siguiendo la metodología de Food and Nutrition Paper Vol. 14/7- 1986 para el análisis químico proximal. Se utilizaron los métodos DPPH* para medir la capacidad antioxidante y el método de Folin-Ciocalteu (FC) para determinar la concentración de polifenoles totales. Al realizar el análisis químico proximal antes y después de la germinación del maíz morado, se observó que la germinación influyó en la composición química del grano. Se observó un aumento en el contenido de humedad, proteína, ceniza y grasa durante la germinación, mientras que el porcentaje de carbohidratos y la energía total (kcal/100 g) disminuyeron. Además, la germinación tuvo un impacto positivo al aumentar la capacidad antioxidante y la cantidad de polifenoles totales. En conclusión, se determinó que la germinación afecta las propiedades fisicoquímicas del maíz morado, incrementando su valor biológico. Estos cambios podrían aprovecharse en la elaboración de alimentos funcionales y nutracéuticos.

El proyecto de investigación titulado: “*Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua*” (Casanave y Ruiz, 2022), el estudio tuvo como propósito comparar el valor nutricional entre los granos cocidos y los germinados de quinua, kiwicha y cañihua. Se trató de una investigación de nivel experimental, con enfoque básico y diseño analítico-experimental. Para el análisis se emplearon 10 kilogramos de cada tipo de muestra, correspondientes a quinua blanca de Hualhuas, kiwicha variedad Centenario y cañihua ILLPA Puno. Los resultados indicaron que la quinua cocida presentó, en promedio, 2.52 g/100 g de ceniza, 12.44 g/100 g de proteína y 1.35 g/100 g de grasa, mientras que la quinua germinada mostró valores superiores: 4.05 g/100 g, 18.19 g/100 g y 4.81 g/100 g, el valor promedio de digestibilidad fue 81.43g/100g para quinua cocida y 79.93g/100g para germinada. La kiwicha cocida presentó resultados promedio (MS) de ceniza, proteína y grasa de 3.21, 13.09 y 0.88g/100g, respectivamente; mientras que la germinada: 4.26, 16.38 y 2.98g/100g. En cuanto a la digestibilidad, la kiwicha cocida alcanzó un valor promedio de 86.70 g/100 g, mientras que la germinada presentó 81.31 g/100 g. En el caso de la cañihua, los granos cocidos registraron valores medios de 3.47 g/100 g de ceniza, 15.18 g/100 g de proteína y 1.65 g/100 g de grasa; por su parte, la

germinada mostró 3.78 g/100 g de ceniza, 12.23 g/100 g de proteína y 3.09 g/100 g de grasa, con una digestibilidad promedio de 83.42 g/100 g para la cocida y 84.19 g/100 g para la germinada. En general, los resultados evidenciaron que la germinación mejora el contenido de minerales, proteínas y grasas en los granos de quinua, kiwicha y cañihua, aunque en esta última se observó una disminución en la cantidad de proteína. Respecto a la digestibilidad, se identificó una mayor eficiencia en los granos cocidos de quinua y kiwicha, mientras que la cañihua germinada presentó el mejor comportamiento en este aspecto.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. CAÑIHUA

2.2.1.1. Generalidades

Zegarra et al. (2020), menciona que la Cañihua pertenece a la familia *chenopodiaceae*, se cultiva tradicionalmente en los Andes de América del Sur, a altitudes que oscilan entre los 3500 y 4200 m.s.n.m. Según Huanca (2025), la cuenca del lago Titicaca es uno de los principales lugares donde se cultiva la cañihua, y esta planta es muy valorada en la nutrición de las familias, debido a la excelente calidad de sus granos, en cuanto a su alto contenido en proteína, fibra, aminoácidos, minerales y vitaminas.

Según Chonlon y Dávila (2024), señalan que la cañihua continúa siendo un cultivo poco valorado y escasamente aprovechado debido al desconocimiento de su aporte nutricional y a la falta de estudios sobre sus diferentes variedades.

Además, el grano Cañihua cumple un rol fundamental en la dieta de la gente de los Andes peruanos y ahora despierta mucho interés por su valor nutricional en comparación con los granos ya conocidos (Rivasplata, 2023). En la figura 1 se observa las plantas de cañihua.

Figura 1.

*Plantas de cañihua (*chenopodium pallidicaule*)*



2.2.1.2. Composición y Propiedades nutricionales

De acuerdo con Chonlon y Dávila (2024), la cañihua se considera un alimento con propiedades funcionales y nutracéuticas; a diferencia de la quinua, su grano carece de saponinas, lo que facilita el procesamiento durante la transformación de la materia prima. Asimismo, esta especie se destaca por su relevancia en la seguridad alimentaria y por su alto potencial para la formulación de nuevos productos en la industria alimentaria.

Narváez (2024) señala que la cañihua posee proteínas de alto valor biológico y un considerable contenido de fibra, lo que la convierte en un alimento funcional. Su composición proteica, que varía entre 15.7 % y 18.8 %, incluye aminoácidos esenciales en proporciones relevantes, destacando la lisina (7.1 %), un componente poco frecuente en productos vegetales y fundamental para el desarrollo y funcionamiento del cerebro humano.

En la Tabla 1 se presentan tres variedades de cañihua (gris, amarilla y parda), apreciándose que su composición no muestra variaciones significativas entre ellas. Además, la calidad nutricional de una proteína se evalúa según la presencia de aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina, metionina, lisina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina, los cuales son fundamentales para mantener el equilibrio metabólico en el organismo humano. Esto la posiciona por encima de otros cereales y la equipara a otros alimentos de alta calidad en términos proteicos.

Tabla 1.*Composición de la cañihua en 100 gramos de grano*

COMPONENTES (G)	C. Amarilla	C. Gris	C. Parda
Calorías (Kcal)	340	344	340
Agua	12	23.4	12.2
Proteínas	14.3	14	13.8
Extracto etéreo	5	4.5	3.5
Carbohidratos	62.8	64	65.2
Fibra	9.4	9.8	10.2
Cenizas	5.9	5.1	5.3
MINERALES (MG)			
Calcio	87	110	141
Fósforo	335	375	387
Hierro	10.8	13	12
VITAMINAS (MG)			
Tiamina	0.62	0.47	0.6
Riboflavina	0.51	0.65	0.3
Niacina	1.2	1.13	1.4
Ac. Ascórbico	2.2	1.1	0

Nota: Datos tomados de CColque y Oblitas (2024)**2.2.1.3. Variedades**

Fernández & Laureano (2022), menciona que son dos las principales variedades de Cañihua cultivadas en el Perú, la primera variedad es Culpi, que se caracteriza por tener doble propósito, ya que puede usarse para grano

y forraje, la segunda variedad es la Ramis que se destaca por producir granos grandes, se cultivan principalmente en la región Puno.

2.2.1.4. Harina

Según Alberco (2023), la harina de cañihua contiene compuestos fenólicos y flavonoides con actividad anti-hiperglucémica, se caracteriza por un contenido elevado de péptidos, con alto contenido de antihipertensivos y alta cantidad de antioxidantes.

2.2.1.5. Usos

El grano se tuesta y posteriormente se hace una molienda en seco para ser convertida en harina; esta harina es mezclada con leche o agua y se consume a causa de su alto valor calórico y proteico, por otra parte, también es utilizado como sustituto parcial de la harina de trigo para productos de panificación o para bebidas calientes, tortas, frituras, mazamorras, entre otras (Narváez, 2024).

2.2.2. Maíz Morado

2.2.2.1. Generalidades

Según Santos (2024), en la última década se ha incrementado el consumo del maíz morado, tanto a nivel nacional como internacional; esto se debe a las propiedades del pigmento morado presente en este tipo de maíz, conocido como antocianinas, las cuales ayudan a prevenir enfermedades como el cáncer de colon, reducir la obesidad y la diabetes, entre otras afecciones. Además, el maíz morado también se utiliza como colorante natural en la industria.

De acuerdo con Santos (2024), la cianidina-3-glucósido es la antocianina predominante en el maíz morado, presentándose en cantidades significativas. Esta sustancia actúa como un antioxidante natural de gran potencia.

El maíz morado (Ver Figura 1) se aprecia tanto en el mercado nacional como internacional debido a su contenido de compuestos bioactivos y a su alto valor nutricional, como las antocianinas y los compuestos fenólicos. Diversas

investigaciones han identificado en este cultivo la presencia de compuestos fenólicos como los ácidos vanílico, cafeico y ferúlico, además de flavonoides tales como hesperidina, quercetina y kaempferol (Ccaccya et al., 2019). En la figura 2 se observa el maíz morado INIA 601.

Figura 2.

Maíz Morado INIA 601



El maíz morado, perteneciente a la variedad Kculli de la especie *Zea mays* L., es una de las 52 razas cultivadas en los Andes peruanos, según el Rabanal (2021). Este maíz es singular a nivel mundial debido a que sus granos, brácteas y la coronta (tusa) presentan un color que va del morado al negro, gracias a la presencia de antocianinas (Hoyos et al., 2020).

La siembra de maíz morado en las regiones montañosas de Perú puede representar una opción rentable para los agricultores y servir como una forma de conectarlos con el mercado. Esto se debe a que la venta de granos, corontas y brácteas con un alto contenido de antocianinas puede generar ingresos al menos 4 veces superiores en comparación con el cultivo tradicional de maíz amiláceo, que suele rendir alrededor de 1,5 toneladas por hectárea y proporcionar ingresos de tan solo S/ 4500 por hectárea (Hoyos et al., 2020).

2.2.2.2. Composición y Propiedades nutricionales

Los antioxidantes naturales pueden ser utilizados en la formulación de alimentos que promueven la salud (conocidos como alimentos funcionales o nutracéuticos) debido a su habilidad para neutralizar los radicales libres, los cuales están asociados con diversas enfermedades degenerativas. Además,

estos antioxidantes pueden inhibir enzimas que activan sustancias precursoras de carcinógenos, lo que los convierte en agentes protectores. Por otro lado, estudios en animales han demostrado que la suplementación con antocianinas tiene un efecto preventivo contra la inflamación y el daño subsiguiente a los vasos sanguíneos (Moreno y Andahua, 2020).

En las Tablas 2 y 3 se presenta un análisis de laboratorio que tiene como objetivo determinar los parámetros de composición del maíz morado, así como su importancia tanto desde el punto de vista alimentario como nutritivo y comercial.

Tabla 2.

Composición química de maíz morado PMV-581, INIA-615 Negro Canaán, INIA-601

Negro Cajamarca

COMPONENTE	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO/QUÍMICO		
	PMV - 581	INIA - 615	INIA - 615
		Negro Canaán	Negro Cajamarca
Carbohidratos (%Kcal)	78.6	78.4	79.5
Grasa (%Kcal)	12	11	11.4
Proteínas (%Kcal)	9.4	10.6	9.1
Carbohidratos (g/100g)	72.2	71.9	69.2
Energía Total (Kcal/100g)	367.3	366.9	348
Proteína (g/100g) (fact: 625)	8.6	9.7	7.9
Cenizas (g/100g)	1.5	1.9	1.3
Grasas (g/100g)	4.9	4.5	4.4
Humedad (g/100g)	12.8	12	17.2

Nota: Datos tomados de Ccolque y Oblitas (2024).

Tabla 3.

Valor Nutricional de semilla de maíz morado por cada 100 g de porción comestible

SEMILLA DE MAÍZ (100 gr)	
COMPONENTES	CANTIDAD
Carbohidrato	71.88 g
Proteína	8.84 g
Grasa	4.57 g
Fibra	2.15 g
Ceniza	2.33 g
Humedad	10.23 g
Fósforo	348 mg
Sodio	15.9 mg
Azufre	114 mg
Riboflavina	0.10mg
Aminoácidos	1.78 g
Minerales	1.50 g
Calcio	10 mg
Hierro	2.30 mg
Potasio	286 mg
Tiamina	0.42 mg
Vitamina C	0.12 mg

Nota: Datos tomados de Apace (2022)

2.2.2.3. Variedades

Rabanal (2021) menciona que en el Perú se cultivan seis razas predominantes de maíz morado, identificadas como Cuzco, Canteño, Caraz, Arequipeño, Negro de Junín y Huancavelicano. Además, el país dispone de cinco variedades mejoradas: INIA-615 Negro Canaán, INIA-601, PM-581, PM-582 y UNC-46— desarrolladas por entidades de investigación como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), con el propósito de optimizar su rendimiento y características agronómicas.

2.2.2.4. Usos

Gracias a su notable capacidad de adaptación y altos rendimientos, así como a las posibilidades de mejora genética en el futuro, el maíz se posiciona como uno de los cultivos más prometedores para hacer frente a la problemática del hambre a nivel mundial (Valenzuela, 2024).

De acuerdo con Apace (202), se ha encontrado evidencia prehistórica que sugiere que el maíz morado era utilizado originalmente para elaborar bebidas. Con el tiempo, su uso evolucionó gracias a la influencia de la repostería española y la creatividad de las amas de casa, lo que dio origen a la "mazamorra" y la "chicha morada", bebidas reconocidas por sus deliciosos sabores. Además, a nivel industrial, el maíz morado se utiliza para obtener colorante a partir de la coronta, debido a su contenido de antocianinas. Este colorante natural se utiliza como aditivo pigmentante en una amplia gama de productos alimenticios, entre ellos bebidas, derivados lácteos, alimentos de origen vegetal, productos de panadería, conservas de pescado, grasas y aceites. También se incorpora en la elaboración de frutas confitadas, mermeladas, frutas en almíbar, jarabes, sopas y jaleas. Además de su aplicación alimentaria, se emplea en la industria textil para teñir tejidos y en el sector cosmético como componente de coloración.

2.2.2.5. Harina

Conforme con Morales y Muñoz (2020), la harina de maíz morado es un polvo que se obtiene mediante un proceso que involucra selección, lavado, desinfección, deshidratación, molienda y tamizado. Durante este proceso, se

busca obtener una harina libre de partículas extrañas e impurezas. Comercialmente, esta harina se utiliza en la preparación de bebidas y como un sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de productos horneados como panes, tortillas, empanadas, cupcakes, muffins y pasteles.

2.2.3. Concentrado Proteico de Anchoveta

2.2.3.1. Anchoveta (*engraulis ringens*)

Oceana (2023), destaca la relevancia de la anchoveta en el ecosistema marino peruano; esta especie desempeña un papel crucial, ya que numerosas especies de peces, mamíferos y aves marinas dependen de ella como fuente de alimento, por otra parte, la anchoveta es la presa principal para muchas otras especies, ya que suele habitar en la zona superficial del mar y se sumerge durante el día para evitar a sus depredadores.

La anchoveta es una fuente excelente de proteína de origen animal de excelente calidad ya que su contenido de lisina y de otros aminoácidos esenciales es alto, por tal motivo se convierte en un complemento esencial para las dietas ricas en carbohidratos, Además, la anchoveta es rica en nutrientes como hierro, fósforo, yodo, potasio y calcio, también proporciona vitaminas A, D y B, así como ácidos grasos esenciales, incluyendo Omega 3 y Omega 6, y otros ácidos grasos necesarios para el desarrollo del cerebro y del cuerpo, estos componentes ayudan a reducir el colesterol y a prevenir enfermedades cardiovasculares (Falcón, 2025).

2.2.3.2. Concentrado Proteico de pescado (CPP)

El Concentrado Proteico de Pescado (CPP), según la Asociación de Productores de Conservas Hidrobiológicas (APCH, 2023), se obtiene a partir de anchoveta fresca refrigerada, la cual es sometida a un proceso de deshidratación que reduce significativamente el contenido de agua y aceite, sin alterar su sabor ni aroma característicos. Gracias a este tratamiento, se logra un producto estable, fácil de transportar y almacenar durante largos períodos sin riesgo de deterioro. Además, se resalta que alrededor del 60 % de las grasas presentes en el CPP corresponden a ácidos grasos omega-3 y omega-6, los cuales son esenciales para una adecuada nutrición humana.

Tabla 4.

Composición aproximada del concentrado proteico de anchoveta

COMPOSICIÓN APROXIMADA	
Proteínas (%)	75 - 80
Grasas (%)	8 - 10
Humedad (%)	8
Digestibilidad (%)	94 - 98

Nota: Datos tomados de la asociación pesquera para el consumo humano
(APCH), (2023)

2.2.4. Trigo (*Triticum*)**2.2.4.1. Generalidades**

Zapata (2019), menciona que el trigo es una planta perenne, perteneciente a la familia de las gramíneas que produce un conjunto de frutos modificados unidos a una sola semilla que puede ser cultivada o silvestre, sus orígenes provienen de la civilización mesopotámica, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Cercano Oriente.

Sandoval (2020), menciona que el trigo es el cereal más cultivado a nivel mundial y sus productos desempeñan un papel importante en la nutrición humana; en áreas donde no es posible cultivar trigo, su importación se ha vuelto cada vez más relevante en la dieta, especialmente en la población urbana. Sin embargo, es necesario mantener un equilibrio entre las importaciones de trigo y las exportaciones de otros productos para evitar la pérdida de divisas comerciales del país.

2.2.4.2. Composición y Propiedades nutricionales

La composición nutricional del grano de trigo está influenciada por factores como la zona de producción, las condiciones agrícolas y la temporada de cosecha. Asimismo, la calidad y el contenido de sus nutrientes varían según la especie de trigo, lo que repercute en sus características funcionales y valor nutritivo (Sandoval, 2020). El grano maduro contiene una variedad de componentes como carbohidratos, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales, agua y también algunas vitaminas, enzimas y otras sustancias. Los carbohidratos totales representan alrededor del 77 al 87% de la materia seca total, siendo el componente más importante. Dentro de los carbohidratos, aproximadamente el 64% corresponde a almidón, mientras que el resto se compone de carbohidratos solubles e insolubles que constituyen la fibra dietética (Sandoval, 2020).

Tabla 5.

Características del grano del trigo

NUTRIENTES	CANTIDAD
Energía (kcal)	375
Hidratos de carbono (g)	70-75
Fibra (g)	3,4
Agua (g)	6,1
Magnesio (mg)	28
Potasio (mg)	130
Fosforo (mg)	120
Calcio (mg)	15
Hierro (mg)	1,1

Nota: Datos tomados de la Fundación española de Nutrición (FEN), (2020)

Según Sandoval (2020), el grano de trigo posee las siguientes propiedades: control de las elevaciones de glucemia y colesterol en la sangre; elimina las sustancias perjudiciales para el organismo como colesterol y ciertas sales biliares, al mismo tiempo que ayuda a disminuir los niveles de glucosa y ácidos grasos en la sangre, además desempeña un papel importante en la eliminación de agentes cancerígenos; posee propiedades funcionales, solubilidad en agua, capacidad de emulsificación, capacidad de absorción de agua, aceite y gelificación, por último, aporta energía que el cuerpo necesita a diario.

2.2.4.3. Variedades

Yucra (2024) sostiene que cada país cuenta con distintas clases y variedades de trigo, y que en los casos donde una clase no presenta subdivisiones, esta se reconoce directamente como una variedad. Entre las variedades más representativas destacan *Triticum durum*, *T. compactum* y *T. aestivum*, este último conocido comúnmente como trigo harinero, considerado el principal cereal panificable y el de mayor producción a nivel mundial (Sandoval, 2020).

2.2.4.4. Harina

Quilca (2020) explica que la harina de trigo se obtiene mediante la molienda fina del grano, y que cada 100 gramos de este producto aportan aproximadamente 70,6 g de carbohidratos, 1,2 g de grasa y cerca de 341 calorías, sin contener azúcares. Además, aporta vitaminas como K, B3, B9 y B7. La composición nutricional y funcional de la harina depende tanto de la variedad del trigo empleado como del proceso de molienda, lo que puede influir en la cantidad y tipo de proteínas, el contenido de almidón y el grado de daño del mismo. Estas características determinan su adecuación para distintas aplicaciones industriales, como la panificación artesanal o mecanizada, la pastelería y la fabricación de galletas.

2.2.5. Germinación de semillas

Para (Mendoza, 2020), la germinación es un proceso que implica un cambio en la actividad enzimática y la descomposición de macromoléculas en el grano, lo que reduce los factores antinutricionales y aumenta la síntesis de otros elementos. Se

obtienen granos con propiedades sensoriales mejoradas, mayor valor nutricional y valor funcional. Los efectos de germinar un grano son, por ejemplo, las descomposiciones de carbohidratos complejos en azúcares más simples como la glucosa, las proteínas en aminoácidos más pequeños y las grasas se convierten en ácidos grasos más saludables, se activan enzimas que liberan y sintetizan nutrientes importantes como vitaminas y también se produce una mayor síntesis de compuestos antioxidantes, como los polifenoles y las antocianinas.

2.2.6. Antioxidantes

Cervantes et al. (2024) señala que los antioxidantes son sustancias químicas que las células emplean para neutralizar los radicales libres. Estos radicales libres, aunque se generan de manera natural en el metabolismo, son altamente reactivos e inestables, por lo que pueden oxidar diversas biomoléculas como proteínas, lípidos, polisacáridos y ácidos nucleicos. Dicho proceso afecta su funcionamiento y puede dañar a la célula, favoreciendo el envejecimiento prematuro, la muerte celular y la aparición de enfermedades crónicas y degenerativas, entre ellas cardiopatías, diabetes y cáncer.

2.2.7. Compuestos Bioactivos

Según Suárez (2021), los compuestos bioactivos son los “compuestos esenciales y no esenciales de origen natural que forman parte de la cadena alimentaria y se puede demostrar que tienen un efecto en la salud humana”, se pueden agrupar en tres grandes grupos que son los terpenoides, los biofenoles y los compuestos de azufre; por otro lado, la actividad biológica es la propiedad atribuida a estos compuestos y depende de su papel en el organismo vivo, su efecto (preventivo, nocivo, fisiológico o farmacológico) y sinergia con otros compuestos. Estos compuestos tienen actividad biológica y funciones fisiológicas a nivel celular para proteger la salud o prevenir el riesgo de ciertas enfermedades crónicas, la mayoría de las cuales son productos vegetales.

2.2.8. Compuestos fenólicos

Orbegozo y Villareal (2023) mencionan, que los polifenoles son sustancias producidas por las plantas en diferentes partes como frutas, hojas, tallos, raíces y semillas; estos compuestos, caracterizados por tener un anillo aromático y uno o

más grupos hidroxilo en un anillo bencénico, son conocidos por sus propiedades antioxidantes.

Representan la mayor parte de la actividad antioxidante en frutas, verduras e infusiones y bebidas naturales que suelen consumirse habitualmente; hay más de 8000 tipos de polifenoles, que varían desde moléculas simples con poco peso molecular, como los ácidos fenólicos, hasta compuestos altamente polimerizados, a menudo ligados a azúcares (glucósidos) u otros compuestos orgánicos, como los taninos (Orbegozo y Villareal, 2023).

La identificación y cuantificación de estos fenoles es esencial y ha despertado interés entre los investigadores debido a los beneficios para la salud que ofrecen, tales como sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias, entre otras, existen diversos métodos que se emplean para este fin, incluyendo resonancia magnética y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), principalmente para frutas, así como métodos colorimétricos, como el método Folin-Ciocalteu, que se aplica a todo tipo de muestras, siendo utilizado en este estudio de investigación.

2.2.9. Alimento Funcional

Según (Collantes et al., 2021) Cuando hablamos de alimento funcional, estamos hablando de un alimento que no solo proporciona nutrientes esenciales, sino que también contiene uno o varios componentes que mejoran las funciones fisiológicas del organismo que lo consume. El desarrollo de estos alimentos implica la incorporación de elementos específicos o compuestos bioactivos en los sistemas nutricionales, como prebióticos, probióticos, péptidos bioactivos, carotenoides, vitaminas, compuestos fenólicos, fitoestrógenos, ácidos grasos o lípidos estructurados. Estos alimentos pueden ser modificados, mejorados o enriquecidos de forma natural para promover beneficios para la salud en áreas como el desarrollo, el crecimiento temprano, la protección contra el estrés oxidativo, la regulación de los procesos metabólicos, la fisiología cardiovascular y gastrointestinal, el rendimiento mental, y el desarrollo cognitivo, físico y atlético.

2.2.10. Galletas

2.2.10.1. Generalidades

Las galletas son productos alimenticios que se elaboran principalmente con una mezcla de harina, grasas y agua, pudiendo incluir azúcares y otros ingredientes adicionales. A través de un proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, se obtiene un producto con una amplia variedad de presentaciones, que se distingue por su bajo contenido de agua (Almachi y Rios, 2025).

2.2.10.2. Clasificación de Galletas

La clasificación de las galletas se basa en diferentes aspectos, como la textura o dureza del producto, los cambios de forma que ocurren durante el horneado, la extensibilidad de la masa y la forma en que se trabaja antes de darle forma a la galleta. Además, la cantidad de azúcar, grasa y agua utilizada también influye en su clasificación.

2.2.10.3. Galletas tipo crackers

Según Sasnalema (2023), las galletas saladas se caracterizan por tener una textura frágil y crujiente al morderlas. Existen diferentes formas y tamaños de este tipo de galletas, y se elaboran principalmente a partir de masas fermentables con levadura. Se distinguen de otros tipos de galletas por tener bajos niveles de azúcar y niveles moderados de grasa. La composición básica de estas galletas consiste en harina, grasa y sal. Antes de hornearlas, la masa se fermenta, se extiende y se lamina. El laminador se utiliza para compactar y calibrar la masa, transformándola en una lámina de grosor uniforme.

2.2.10.4. Galletas rotativas

Se refiere al método utilizado para dar la forma deseada a las galletas, en el cual se utiliza presión para que la masa se ajuste a los moldes con figuras, dibujos, tipos, nombres u orificios específicos (Sasnalema, 2023).

2.2.10.5. Galletas laminadas

Las galletas se comportan de manera similar a los crackers, ya que también requieren compresión del laminador. Sin embargo, tienen una elasticidad menor y la masa tiende a ser pegajosa, lo cual no es adecuado en un sistema rotativo. Aunque pueden presentar recortes, una ventaja es que se pueden controlar mejor los pesos de las galletas (Sasnalema, 2023).

La regulación Técnico-Sanitaria (Real Decreto 1124/1982) propone una clasificación de galletas en varios grupos, según Méndez (2019) son: Galletas tipo María, tostadas y troqueladas; Galletas cracker y de aperitivo; Barquillos con relleno o sin él; Galletas tipo sándwich; Bizcochos secos y blandos; Pastas blandas; Galletas bañadas con aceite vegetal; Galletas recubiertas de chocolate; Surtidos.

2.2.10.6. Insumos para la elaboración de galletas

2.2.10.6.1. Harina de trigo

La harina de trigo se refiere al producto obtenido al triturar finamente el grano de trigo que ha sido limpiado de forma industrial, o una mezcla de dicho grano con trigo en una proporción máxima de 80% y 20% respectivamente. Esta harina se obtiene principalmente del endospermo del grano y del salvado (Sandoval, 2020).

2.2.10.6.2. Grasas

La grasa vegetal, también conocida como grasa vegetal, juega un papel esencial en la elaboración de galletas. Se emplean diversos tipos de manteca, como mantequilla, manteca de cerdo, grasa de vaca, margarina y aceite vegetal. Aproximadamente el 50% del peso de la harina se destina a la manteca vegetal en la formulación de las galletas, con el fin de lograr la textura crujiente deseada. La grasa cumple múltiples funciones en las galletas. Por un lado, actúa como estabilizador de la masa al dispersarse en ella, brindándole mayor estabilidad. Además, contribuye a las características sensoriales de las galletas, como su sabor y aroma. La grasa añadida envuelve la red de gluten formada en la masa, facilitando su

laminación y proporcionando una masa más suave y elástica (Campoverde, 2020).

2.2.10.6.3. Azúcar

Se trata de un producto obtenido a partir del proceso de cocción del jugo fresco de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, que ha sido purificado previamente mediante clarificación con cal y azufre. Este producto consiste en un disacárido compuesto por la unión de fructosa y dextrosa, con la fórmula química C₁₂H₂₂O₁₁. En estado sólido, se cristaliza en forma de cristales anhidros transparentes en un sistema monoclínico. El azúcar proporciona un sabor dulce al producto, es altamente soluble y tiene una gran capacidad de hidratación. Debido a estas características, se utiliza en la elaboración de una amplia variedad de productos alimenticios (Martinik, 2021).

2.2.10.6.4. Bicarbonato de sodio

El bicarbonato de sodio es un agente leudante utilizado en la cocina, su principal función es generar gas para aumentar el volumen de la masa antes de finalizar la cocción mediante la desnaturalización de las proteínas. El polvo de hornear, también conocido como sulfato de aluminio sódico, bicarbonato de sodio, fosfato de calcio ácido y fécula de maíz (empleada como agente secante), tiene una doble acción elevadora. La primera acción ocurre cuando la masa se expande al entrar en contacto con un líquido, y la segunda acción se produce cuando la masa se expone al calor durante la cocción (Vásquez, 2021).

2.2.10.6.5. Leche en polvo

De acuerdo con Caballero (2020), la leche en polvo es un producto resultante de la eliminación del agua de la leche, y su contenido de proteínas y grasas se ajusta para cumplir únicamente con los requisitos de composición establecidos en la norma CODEX.

2.2.10.6.6. Sal

De acuerdo con Layme (2019), el cloruro sódico se emplea principalmente por su sabor y su capacidad para realzar los sabores. En las galletas, se ha determinado que la concentración más efectiva es del 1-1,5% del peso de la harina, ya que niveles superiores al 2,5% pueden provocar un sabor desagradable.

2.2.10.6.7. Características de calidad en las galletas

Layne (2019) menciona que la Norma Sanitaria R.M. N.º 1020-2010/MINSA establece los requisitos que deben cumplir las galletas en su proceso de elaboración y comercialización. Esta norma contempla diversos aspectos relacionados con la calidad sanitaria e inocuidad del producto. En primer lugar, las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) comprenden un conjunto de medidas orientadas a garantizar que los productos de panificación, pastelería y galletería sean elaborados bajo condiciones higiénicas adecuadas, asegurando su calidad y seguridad para el consumo humano.

Asimismo, la calidad sanitaria hace referencia a los requisitos microbiológicos y fisicoquímicos que los alimentos deben cumplir para ser considerados aptos, lo que implica que se encuentren en buen estado, sin signos de deterioro y que hayan sido manipulados bajo condiciones controladas. En relación con la inocuidad alimentaria, esta se entiende como la garantía de que los productos no representen riesgos para la salud del consumidor, siempre que se preparen y consuman conforme a las condiciones establecidas, evitando la presencia de microorganismos patógenos u otros contaminantes que puedan afectar la salud.

Por otro lado, la norma también regula el uso de aditivos y coadyuvantes de elaboración, permitiendo únicamente aquellos autorizados por el Codex Alimentarius y en las concentraciones mínimas necesarias desde el punto de vista tecnológico. Además, deberá cumplir con los criterios fisicoquímicos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 6.

Características fisicoquímicas de las galletas

PRODUCTO	PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
	Humedad (%)	12
	Cenizas totales (%)	3
Galletas	Índice de peróxido (mg/kg)	5
	Acidez (%)	0.10

Nota: Datos tomados de R.M. N°1020-2010/MINSA (Layme, 2019)

2.2.11. Germinación

La semilla en el proceso de germinación inicia su crecimiento hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso comienza cuando el embrión se hidrata, incrementa su tamaño y la cubierta de la semilla se abre. Para que esto ocurra, deben cumplirse determinadas condiciones ambientales, como contar con un sustrato húmedo, suficiente oxígeno para la respiración aeróbica y una temperatura adecuada que permita el desarrollo de los procesos metabólicos y el crecimiento de la plántula (Baltazar, 2024).

El proceso de germinación comprende cuatro etapas principales:

a) La inhibición de agua

Cuando un suelo tiene suficiente agua, se genera un marcado gradiente de potencial hídrico entre el sustrato y la semilla, facilitando la absorción de agua. Este proceso, denominado imbibición, es esencial para la activación de la germinación y ocurre de manera pasiva, dependiendo de la composición química de la semilla. En los cereales, la cantidad de agua absorbida puede representar entre el 40 % y el 60 % de su peso seco. La velocidad y eficiencia de este proceso están influenciadas por la presencia de compuestos de reserva,

ya que las semillas con endospermo amiláceo suelen absorber menos agua que aquellas con endospermo proteico, el cual es más hidratable.

El agua ingresa a la semilla a través de estructuras como los tegumentos, la micrópila, la lente y las membranas celulares, estableciendo enlaces de hidrógeno con macromoléculas y coloides. Durante la fase inicial de imbibición, la absorción de agua ocurre rápidamente, permitiendo la reestructuración de macromoléculas y la activación de enzimas necesarias para la germinación. No obstante, en esta etapa también puede haber una pérdida de solutos de bajo peso molecular desde la semilla, lo que influye en la regulación del proceso germinativo (Klupczy ska & Pawowski, 2021).

b) La síntesis y activación de los sistemas enzimáticos

Durante el proceso de germinación se desarrollan dos eventos principales: la reactivación de enzimas que habían permanecido inactivas debido a la desecación del grano, y la síntesis de nuevas enzimas necesarias para el metabolismo inicial. Para permitir el crecimiento del embrión, las reservas almacenadas en la semilla se movilizan y transforman de compuestos insolubles a formas solubles o fácilmente metabolizables.

En los cereales, el sistema más estudiado corresponde al endospermo, donde se sintetizan enzimas como amilasas y maltasas, responsables de hidrolizar el almidón hasta glucosa. Estas enzimas se originan en la capa de aleurona que rodea al endospermo, mientras que el embrión produce giberelinas, hormonas que estimulan su activación. En las semillas cuyos cotiledones almacenan lípidos, los ácidos grasos son liberados por acción de las lipoxigenasas y transportados a los glioxisomas, donde mediante procesos de -oxidación se genera acetil-CoA. Este compuesto se convierte en succinato dentro del ciclo del glioxilato, el cual posteriormente pasa a la mitocondria e ingresa al ciclo de Krebs, produciendo oxalacetato, que finalmente sirve como precursor para la síntesis de sacarosa.

Las giberelinas desempeñan un papel esencial en la germinación al inducir la producción y liberación de -amilasa desde la capa de aleurona hacia el endospermo. Sin embargo, este proceso puede ser inhibido por la acción del ácido abscísico (ABA), el cual actúa como regulador negativo del crecimiento y la movilización de reservas (Baltazar, 2024).

c) Degradación de las sustancias de reservas

Baltazar (2024) menciona que las enzimas descomponen las reservas de la semilla, proporcionando al embrión no solo los nutrientes necesarios, sino también la energía generada por la fermentación y la respiración de los sustratos solubilizados. De esta forma, durante la germinación, los carbohidratos estructurales o de reserva, como el almidón y la inulina, son hidrolizados por enzimas específicas (hidrolasas), transformándose en monosacáridos solubles, principalmente glucosa y fructosa, que pueden ser fácilmente utilizados en los procesos metabólicos del embrión. Los triglicéridos, que constituyen la principal fuente de lípidos de reserva en muchas especies de leguminosas, se degradan en los cuerpos lipídicos, glioxisomas y mitocondrias, liberando glicerol y ácidos grasos; a su vez, las proteínas de almacenamiento son fragmentadas en aminoácidos libres mediante la acción de proteinasas, facilitando así su aprovechamiento en la síntesis de nuevas estructuras celulares; en el caso de los cereales y gramíneas, estas proteínas se concentran mayoritariamente en los cuerpos proteicos de la capa de aleurona, aunque también se encuentran en menor cantidad en el endospermo.

d) El estiramiento de las células del embrión y la salida de la radícula ocurre al finalizar la fase III, momento en el cual el embrión ya cuenta con los nutrientes necesarios para continuar su desarrollo. Los compuestos resultantes de la hidrólisis sirven como fuente de energía para iniciar su crecimiento (Baltazar, 2024).

III. MARCO METODOLOGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Conforme a lo expresado por Vizcaíno et, al., (2023) toda investigación debe fundamentarse con el planteamiento del problema, posterior al planteamiento de las hipótesis que se comprobaran en relación con el estudio. Por lo cual, para responder las preguntas de investigación planteadas, se requiere de una estrategia para recolectar toda la información necesaria de nuestra investigación. De tal modo, el presente trabajo de investigación es explicativa, ya que hemos citando e incluido estudios de otros autores, haciendo un estudio minucioso del tema propuesto.

3.1.2. Diseño de investigación

Según Morán et, al. (2025) el diseño de investigación es un plan o estrategia que tiene el investigador para obtener la información que se requiere. La presente investigación es de diseño experimental puro de laboratorio, debido a que se analizaron si las variables independientes pueden tener consecuencia en una o más variables dependientes y cual es motivo de dicha repercusión.

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 7.

Variables de Investigación

VARIABLES INDEPENDIENTES	
	Harina de Cañihua Germinada
	Harina de Maíz Morado Germinado
	Concentrado Proteico de Anchoveta
VARIABLES DEPENDIENTES	
	Actividad Antioxidante
	Polifenoles Totales
	Proteína
	Olor
	Sabor
	Color
	Textura

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

Cañihua y maíz morado proveniente del INIA, y concentrado proteico de anchoveta proveniente de la empresa Colpex.

3.3.2. Muestra

Constituido por 3 Kg de Harina de cañihua germinada, 5 kg de harina de maíz morado germinado, 500 g de concentrado proteico de anchoveta y 8 kg de harina de trigo.

3.3.3. Muestreo

En este trabajo de investigación se realizó un muestro no probabilístico, debido a que los tipos de materia prima fueron elegidos de manera subjetiva.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Lugar de ejecución

Este presente trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Nacional del Santa, Laboratorio de Microbiología y Toxicología., Planta Piloto Agroindustrial, Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA), Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales.

3.4.2. Materia Prima e Insumos

Para este trabajo de investigación se usó como materia Prima

- Harina de Trigo

Se utilizó harina pastelera de la marca “Espiga de oro” adquirido en el mercado la Perla (ciudad de Chimbote).

Figura 3.

Harina de Trigo



- **Harina de cañihua germinada**

Para la germinación y elaboración se utilizaron granos de cañihua. La cañihua fue obtenida en el mercado “La Perla” (Chimbote) y el procedimiento para la germinación y elaboración de la harina se siguió siguiendo los parámetros de control descritos por Castillo (2022).

- **Características Físicas y Químicas de la cañihua**

La cañihua es un grano con forma cilíndrica o cónica con diámetro de 1.0 a 1.2 mm; destaca por ser una excelente fuente de proteínas, 30 lípidos y fibra dietética, comparable a cereales como el trigo y el arroz, sus componentes principales son los carbohidratos, que varían entre el 57% y el 65%, con presencia de azúcares como la sacarosa (2.6%), glucosa (1.8%) y maltosa (1.7%) (Castillo, 2022).

Figura 4.

Harina germinada de Cañihua



- **Harina de Maíz Morado germinado**

Para la germinación y elaboración se usó los granos de Maíz Morado (INIA 601). El maíz morado fue brindado por la Ingeniera Alicia Medina (Cajamarca) y el procedimiento para la germinación y elaboración de la harina, fue siguiendo los parámetros de control descritos por (Paucar, 2017; citado por Apace, 2022).

- **Características Físicas del Maíz Morado**

El maíz morado (*Zea mays L.*) es un cereal cuyo cultivo se ha dado en los andes del Perú a 3000 metros sobre el nivel medio del mar (Ríos, 2021), lo cual le permite una producción óptima, la planta llega a medir aproximadamente 165 cm de altura y en esta se desarrollan tres mazorcas, las mismas que se componen de tusas y granos. La tusa alcanza un tamaño

aproximado entre 15 cm a 20 cm de largo y los granos entre 11 mm a 13 mm de largo y 5.6 mm a 6.2 mm de ancho (Guillén, 2020).

El maíz presenta un fruto denominado cariopse, en el cual la pared del ovario (pericarpio) se fusiona con la cubierta de la semilla (testa), conformando así la pared del fruto. En su estado de madurez, este fruto está compuesto por tres estructuras principales: la pared externa, el embrión diploide y el endospermo triploide. La capa de aleurona constituye la zona más externa del endospermo, en contacto directo con la pared del fruto (Rodríguez, 2020).

Figura 5.

Harina germinada de Maíz Morado



- **Concentrado Proteico de Anchoveta**

El concentrado proteico de la anchoveta fue brindado por la empresa Colpex S.A.C. (chimbote) en su presentación de 1kg.

Figura 6.

Concentrado proteico de anchoveta



3.4.3. Insumos

- Manteca, azúcar, jarabe de glucosa, bicarbonato de Amonio, bicarbonato de Sodio, sal, vainilla cremosa, leche en polvo.

3.4.4. Equipos, materiales y reactivos

- **Equipo y Materiales para la germinación de los granos de cañihua y maíz morado.**
 - Germinador, marca Maquilak, Perú

Figura 7.

Equipo Germinador



- Bandejas de plástico, papel filtro, papel toalla.
- **Equipo y materiales para la elaboración de harinas de Cañihua y Maíz morado germinadas**

- Estufa: Marca POL – EKO, Modelo SW – 17TC, Serie: SW – 1990, País E.E.U.U.

Figura 8.

Estufa



- Molino Centrifuga: Marca: Retsch, Modelo: 42781 Haan, Serie: ZM200, País Alemania.

Figura 9.

Molino Centrifuga



- Utensilios y empaques
Mesa de acero inoxidable, Moldes de plástico, tamices, balanza,
Bolsas de propileno de alta densidad 7x10x3

- **Equipos para la elaboración de galletas**

- o Balanza Analítica: Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A. G.,
Modelo: LX320A, Serie: 321LX, País Suiza.

Figura 10.

Balanza Analítica



- o Horno Rotatorio: Marca Nova, Modelo MAX 1000, Serie: 0501028, País Perú.

Figura 11.

Horno Rotatorio



- o Utensilios y Empaque
 - Cernidores, batidora, regla, moldes de plástico, recipientes de aluminio, balanza, cucharas, Bolsas de polietileno de alta densidad.

- **Equipos empleados para el análisis proximal**

- o Estufa: Marca POL – EKO, Modelo: SW – 17TC, Serie: SW – 1990; País E.E.U.U.
- o Mufla: Marca THERMOLYNE, Procedencia Alemania.

Figura 12.

Mufla



- o Equipo para determinar proteínas

Figura 13.

Equipo DUMAS



- o Equipo para determinación de fibra, Marca: FOSS, Modelo: Fibertec™ 1023, Procedencia: Alemania

Figura 14.

Equipo para determinar fibra



- Equipo Extractor de Grasa, Marca: FOSS, Modelo SOXTEC

Figura 15.

Equipo Extractor de Grasa



- **Equipos empleados para el análisis de Polifenoles Totales y Capacidad Antioxidante**

- o Lector Multimodal de Microplacas, Marca Biotex y Modelo Synergy 1502082

Figura 16.

Lector Multimodal de Microplacas



- o Ultrasonido, Modelo (Branson CPX952519R)

Figura 17.

Equipo ultrasónico



- Centrifuga Refrigerada Modelo (Sigma 4-16KS)

Figura 18.

Centrifuga refrigerada



- **Reactivos**

- Ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, Ácido clorhidrico, Ácido gálico
- Carbonato de sodio (7%), Reactivo Folin Ciocalteau 1N
- Solución DPPH, Metanol, Fenolftaleína, Trolox
- Éter de petróleo,
- Alcohol de 96°, Acetona, Etanol

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.5.1. Resumen del Diseño Experimental:

- Nombre del Diseño experimental: Mixture Design
- Características del Diseño: D – Optimal Design

3.5.2. Base de Diseño:

- Modelo: Cuadrático Polinomial Scheffé
- Número de factores experimentales: 3
- Numero de residuos: 3
- Número de ejecuciones: 14
- Aleatorizado: Si

Tabla 8.*Condiciones de los factores de estudio*

Factor	Mínimo	Máximo	Unidad	Continuo
HCG	15	20	%	Sí
HMG	35	44	%	Sí
CPA	1	5	%	Sí

Las condiciones de las formulaciones se detallan en la tabla 9, se ingresan los datos de la tabla 8 en el programa DESIGN EXPERT

Tabla 9.*Matriz de las masas formuladas con Harina de maíz morado germinado (HMG),**Harina de cañihua germinada (HCG) y Concentrado proteico de anchoveta (CPA).*

Form.	Componente (%)				Variable de respuesta					
	HMG	HCG	CPA	AA	PT	Pr.	O	C	S	T
1	29.5	17.5	3							
2	27	20	3							
3	25	20	5							
4	32	15	3							
5	31.5	17.5	1							
6	30	15	5							
7	34	15	1							
8	25	20	5							
9	29	20	1							
10	27.5	17.5	5							
11	30	15	5							
12	29	20	1							
13	29.5	17.5	3							
14	34	15	1							

Nota. AA=Actividad Antioxidante, PT=Polifenoles Totales, Pr=Proteína, O=Olor, C=Color, S=Sabor, T=Textura

3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.6.1. Germinación de los granos

Se aplicaron óptimas condiciones de germinación, para maximizar el contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante en los granos de Maíz Morado (remojo: tiempo (24 h), relación de grano agua (1:5); germinación: (T° (26 °C), tiempo (64 h), H% (90%))) y Cañihua (remojo: tiempo (6 h), relación de grano agua (1:5); germinación: (T° (24 °C), tiempo (42 h), H% (90%))), siguiendo las recomendaciones de publicaciones científicas previas de Paucar (2018) Citado en Apace (2020) y Símpalo (2022) respectivamente)

3.6.2. Elaboración de harina de los granos andinos germinados

Los granos germinados fueron secados a 60 °C, por un tiempo de 24 h, hasta alcanzar una humedad relativa que este en el rango de (3 – 4.5) % para el maíz morado germinado y a 40 °C, por un tiempo de 36 - 48 h, hasta alcanzar una humedad relativa que este en el rango de (3 – 4.5) % para la cañihua germinada, luego fueron molidos y tamizados hasta obtener un tamaño de partícula de 150 – 200 µm finalmente fueron envasados en un depósito con cierre hermético.

3.6.3. Caracterización de la composición proximal de las harinas de granos sin germinar y germinados

El contenido de humedad (Anexo 1), cenizas (anexo 2), proteínas (anexo 3), fibra total (anexo 4) y grasas (anexo 5) se determinaron de acuerdo con la AOAC 925.10:1990, DUMAS, AOAC 960.39:1990, AOAC 962.09 y AOAC 923.03:1990 respectivamente, los carbohidratos disponibles se determinaron por diferencia.

3.6.4. Determinación de Polifenoles totales y Capacidad Antioxidante

Para determinar la capacidad Antioxidante se utilizó el método DPPH y los polifenoles totales se determinaron empleando el método del FOLIN CIOCALTEU (Anexo 6 y 7) (Orbegozo y Villareal, 2020).

3.6.5. Análisis sensorial

Se empleó esta técnica de análisis sensorial debido a su eficacia para identificar las características organolépticas del alimento, las cuales son percibidas a través de nuestros sentidos. Para la evaluación, se contó con la participación de 50 panelistas semientrenados, quienes utilizaron una escala hedónica de 10 puntos,

que va desde 0 “Me desagrada mucho” hasta 10 “Me agrada mucho”. En este análisis se evaluaron los atributos de olor, color, sabor y textura, permitiendo obtener una percepción detallada de la aceptación del producto (Anexo 8 y 9).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de los granos de maíz morado y cañihua

Los granos de maíz morado y cañihua se caracterizaron mediante su composición proximal (Tabla 10), cantidad de polifenoles totales y actividad antioxidante (Tabla 11), los análisis de cenizas, humedad y grasas se realizaron en el laboratorio de nutrición y toxicología alimentaria ubicadas en la escuela de ingeniería agroindustrial; por otra parte, el análisis de fibra, proteínas, polifenoles totales y actividad antioxidante se realizó en el instituto de investigación tecnológica agroindustrial (IITA) de la UNS. Los granos de Maíz Morado de la variedad INIA 601 fueron enviados desde Cajamarca y almacenados en un ambiente fresco y ventilado tras su recepción: Los granos de cañihua de la variedad Ilpa fueron adquiridos del mercado la Perla ubicado en la ciudad de Chimbote, se almacenaron en un ambiente fresco y ventilado.

Tabla 10.

Composición proximal de la Cañihua y Maíz morado sin germinar por 100g de harina

Componentes	Cañihua (%)	Maíz morado (%)
Humedad	10.19 ± 0.33	8.10 ± 0.26
Cenizas	2.96 ± 0.02	1.64 ± 0.02
Grasas	7.69 ± 0.01	4.71 ± 0.02
Fibra	16.16 ± 0.25	10.44 ± 0.01
Proteínas	20.16 ± 0.08	9.07 ± 0.11
Carbohidratos	42.84 ± 0.99	66.04 ± 0.62

Nota: se realizaron los análisis por triplicado y se colocó su desviación estándar.

En la tabla 10 se presenta la composición proximal de los granos de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*) y Maíz morado INIA 601 (*Zea Mays L.*). Respecto a la humedad de los granos ambos presentan una humedad adecuada, debido a que están por debajo de límite (15%) que define a un harina como seca,

El análisis comparativo de la composición química del maíz morado INIA 601 con los valores reportados en diferentes regiones de Perú revela importantes diferencias y similitudes. En términos de humedad, no se observan diferencias

significativas ($P > 0.05$) entre las variedades y zonas de cultivo del maíz morado, lo que indica que este factor es relativamente estable independientemente de la ubicación geográfica o la variedad evaluada. Resultados similares se presentan en el caso de las grasas, donde tampoco existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los valores obtenidos y los valores reportados por Vicacundo (2022), y Ríos (2021).

Por otro lado, en el contenido de cenizas en el maíz morado, sí se evidencian diferencias significativas ($P < 0.05$). El maíz INIA 601 (1.642%) presenta un valor intermedio en comparación con los datos reportados en Arequipa por Ríos (2021), donde los valores fluctúan entre 0.02% y 0.00%, y los valores registrados por Vicacundo (2022) (1.02%), que resultan ser los más bajos. Sin embargo, en Cusco, según Ccolque y Oblitas (2024), los valores en grano del maíz morado varían entre 0.8% (Grano INIA 625 Blanco Mayhuayllino) y 1.1% (Grano INIA 613 Amarillo Oro), indicando que este parámetro puede estar altamente influenciado por la variedad y las condiciones edafoclimáticas de la zona.

En cuanto a proteínas, el contenido en el maíz morado INIA 601 (9.072%) es superior a lo reportado Vicacundo (2022) (7.32%) y Arequipa por Ríos (2021) (8.87%). Sin embargo, los datos de Cusco por Ccolque y Oblitas (2024) muestran una variabilidad según la variedad, con valores desde 7.8% (Grano INIA 615 Negro Canaán) hasta 11.3% (Grano INIA 625 Blanco Mayhuayllino). La prueba estadística indica que existen diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido proteico entre las variedades y zonas de cultivo, lo que sugiere que las variaciones observadas pueden deberse a factores propios de cada estudio y no a diferencias biológicas sustanciales.

Para fibra dietaria, los resultados muestran diferencias significativas ($P < 0.05$). El maíz INIA 601 presenta un valor de 10.444%, mientras que en Arequipa (Ríos, 2021) se reportan valores entre 0.93% y 2.61%, considerablemente menores. En Cusco (Ccolque y Oblitas, 2024), las cifras en grano varían entre 2.9% (Grano INIA 625 Blanco Mayhuayllino) y 8.5% (Grano INIA 613 Amarillo Oro). Esta variabilidad en los valores de fibra entre regiones y variedades puede deberse a diferencias genéticas y a las condiciones agronómicas en las que se desarrollan los cultivos.

En cuanto al contenido de carbohidratos que presentan los granos del maíz morado, también se evidencian diferencias significativas ($P < 0.05$). El maíz INIA 601 presenta 66.028%, un valor inferior al reportado en Arequipa por Ríos (2021) (74.86% - 75.26%). En Cusco, según Ccolque y Oblitas (2024), los valores en grano varían entre 64.1% (Grano INIA 613 Amarillo Oro) y 74.7% (Grano INIA 615 Negro Canaán). Se observa que las variedades con mayor contenido de fibra tienden a presentar menores niveles de carbohidratos, lo que sugiere una relación inversa entre estos componentes.

En cuanto al contenido de humedad que presenta la cañihua, en la tabla 10 muestra un valor de $10.191\% \pm 0.333$, el cual es ligeramente superior a los valores obtenidos por Símpalo & Paucar (2021) y Castillo & Paucar (2021) ($10.01\% \pm 0.15\%$) pero inferior al reportado por Fernández y Mendoza (2020) ($11.23\% \pm 0.21\%$).

Respecto al contenido de cenizas que presenta la cañihua, la tabla 10 muestra un valor de $2.961\% \pm 0.026$, el cual es superior a los valores reportados por Símpalo & Paucar (2021) y Castillo & Paucar (2021) ($2.76\% \pm 0.13\%$) pero menor que el informado por Fernández & Mendoza (2020) ($3.81\% \pm 0.2\%$). Esta diferencia puede deberse a la composición mineral del suelo donde se cultivó la cañihua.

El contenido de grasa obtenido ($7.690\% \pm 0.010$) es mayor que el reportado por Símpalo & Paucar (2021) y Castillo & Paucar (2021) ($6.18\% \pm 0.04\%$), pero ligeramente menor que el valor registrado por Fernández & Mendoza (2020) ($7.91\% \pm 0.25\%$).

El contenido de fibra de la cañihua mostrado en la tabla 10 ($16.164\% \pm 0.256$) resalta la importancia de la cañihua como una fuente significativa de fibra dietética. Sin embargo, los estudios revisados no reportan datos específicos de fibra, lo que limita la comparación directa. Aun así, este alto contenido de fibra posiciona a la cañihua como un alimento con potencial funcional en la mejora de la salud digestiva.

En lo que respecta al contenido de proteínas, en la tabla 10 se muestra un valor de $20.165\% \pm 0.080$, el cual es similar al reportado por Símpalo & Paucar (2021) y Castillo & Paucar (2021) ($20.61\% \pm 0.26\%$), pero considerablemente superior al informado por Fernández & Mendoza (2020) ($15.36\% \pm 0.32\%$).

Por otro lado, el contenido de carbohidratos registrado en la tabla 10 nos da un valor de ($42.829\% \pm 0.997$) es significativamente menor que el valor reportado por Castillo & Paucar (2021) ($60.45\% \pm 0.3\%$). Esta diferencia sugiere que la cañihua evaluada en este estudio podría presentar una mayor proporción de otros macronutrientes, como fibra y proteínas, lo que impactaría en su valor nutricional general.

Tabla 11.

Cantidad de Polifenoles Totales y Actividad Antioxidante de la Cañihua y Maíz morado sin germinar por 100g de harina

Componentes	Cañihua	Maíz Morado
Polifenoles Totales (mg GAE/100 g p.s.)	102.06 ± 2.32	223.590 ± 0.30
Actividad Antioxidante (mg TE/100 g p.s.)	377.80 ± 16.38	1030.66 ± 14.45

Nota: Se realizaron los análisis por triplicado y se colocó su desviación estándar.

El contenido de polifenoles totales en la cañihua fue de 102.06 ± 2.32 mg GAE/100 g p.s., lo que refleja una concentración moderada de estos compuestos. Es importante señalar que, en los análisis realizados, no se encontraron diferencias significativas en los niveles de polifenoles entre las muestras evaluadas, lo que sugiere una cierta consistencia en el contenido de estos compuestos dentro de la cañihua. Esto es un aspecto positivo, ya que indica que, independientemente de las variaciones en el cultivo o manejo de la muestra, la cañihua mantiene un perfil estable de polifenoles totales.

Por otro lado, La actividad antioxidante en la cañihua fue de 377.804 ± 16.388 mg TE/100 g p.s., lo que muestra una capacidad antioxidante significativa. Sin embargo, al compararlo con los datos reportados por Símpalo (2021), que indican un valor mucho mayor de 1193.84 ± 71.82 mg TE/100 g p.s., se observa una diferencia considerable. Esto puede deberse a las diferencias en las condiciones de cultivo, el tipo de cañihua evaluada o los métodos de extracción utilizados en cada estudio, lo que resalta la importancia de estandarizar los procedimientos analíticos.

En la Tabla 11, los datos obtenidos para el maíz morado INIA 601 reportan polifenoles totales de 223.59 ± 0.30 mg GAE/100 g p.s. y una actividad antioxidante de 1030.66 ± 14.45 mg TE/100 g p.s. Estos valores son considerablemente más altos en comparación con los reportados por APACE (2022), donde los polifenoles totales fueron de 39.01 mg GAE/100 g. La diferencia en los resultados podría deberse a varios factores, como la variedad de maíz, las condiciones de cultivo, el manejo postcosecha y las metodologías de análisis utilizadas en cada estudio.

4.2. Elaboración de las harinas de granos germinados de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y maíz morado (*Zea mays L.*).

La elaboración de harina de granos de cañihua germinada (*Chenopodium pallidicaule*) se llevó a cabo en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA) de la Universidad Nacional del Santa (UNS). El proceso se inició con la limpieza y selección de los granos, eliminándose impurezas como arena, piedras y material extraño, para luego seleccionar aquellos en buen estado. Posteriormente, se procedió al pesado de la muestra con el fin de calcular el rendimiento final; los granos seleccionados fueron lavados con agua destilada a temperatura ambiente y posteriormente desinfectados mediante una solución de agua destilada con hipoclorito de sodio al 0,01 %, durante 30 minutos; luego se realizó el remojo en agua destilada, manteniendo una relación grano:agua de 1:5, por un periodo de 6 horas a temperatura ambiente.

Finalizado el remojo, se dio inicio a la etapa de germinación, empleando los parámetros óptimos propuestos por Símpalo (2022). Los granos fueron humedecidos con agua potable proveniente de la planta piloto de la UNS y colocados en el germinador, manteniendo una temperatura de 24 °C y una humedad relativa del 90 % durante 42 horas; concluido este proceso, los granos germinados fueron secados en estufa a 40 °C durante 30 horas y posteriormente molidos en un molino centrífugo hasta obtener una harina de textura fina y homogénea. Finalmente, el producto fue envasado en bolsas de polietileno para su conservación.

En el Anexo 8 se presentan las imágenes del proceso de elaboración, mientras que la Figura 19 muestra el diagrama de bloques correspondiente. El rendimiento de

masa obtenido para la harina de cañihua germinada fue de 81,5 %, tal como se detalla en la Figura 20..

Figura 19.

*Diagrama de bloques para la elaboración de harina de Cañihua germinada (*Chenopodium pallidicaule*).*

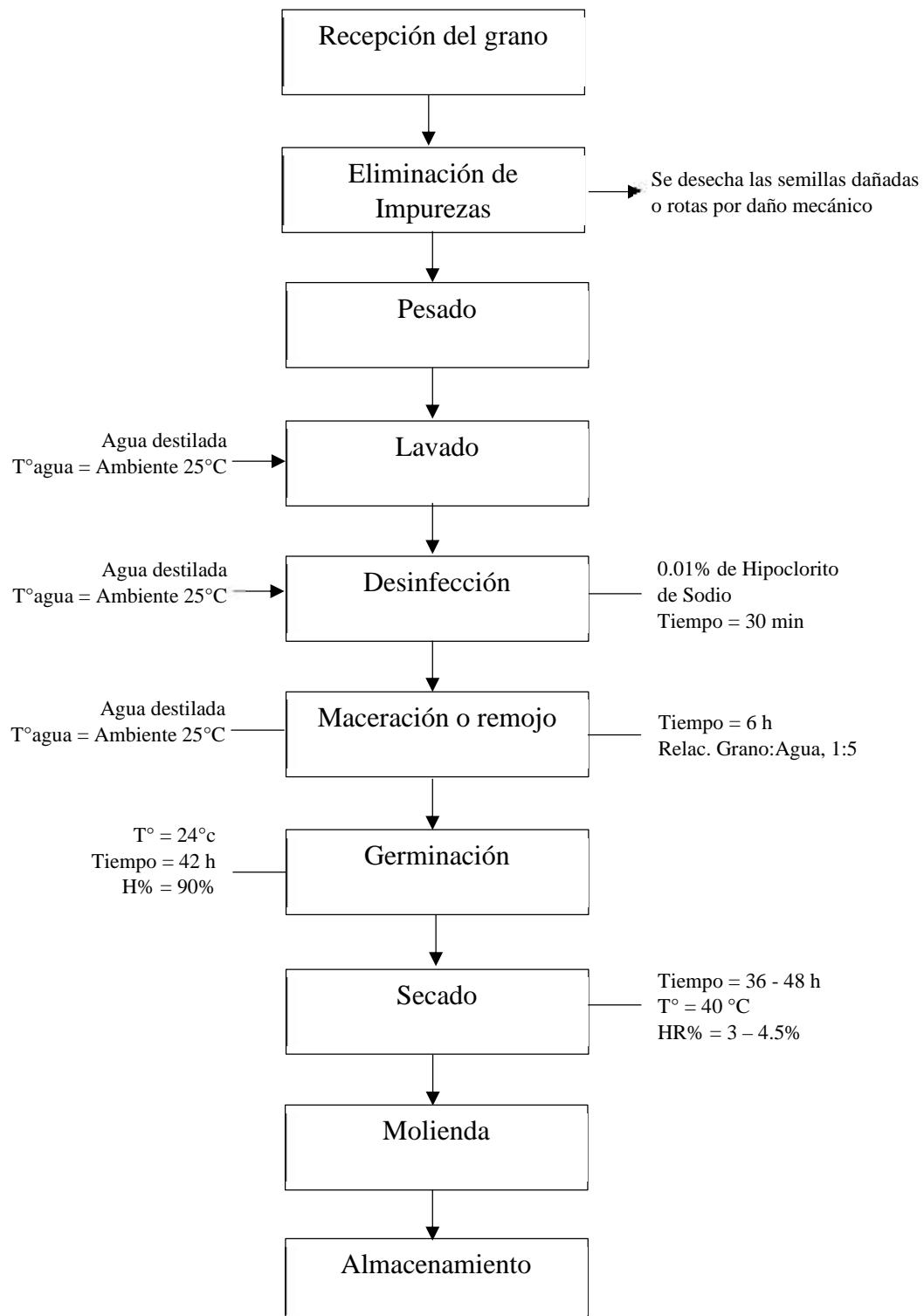
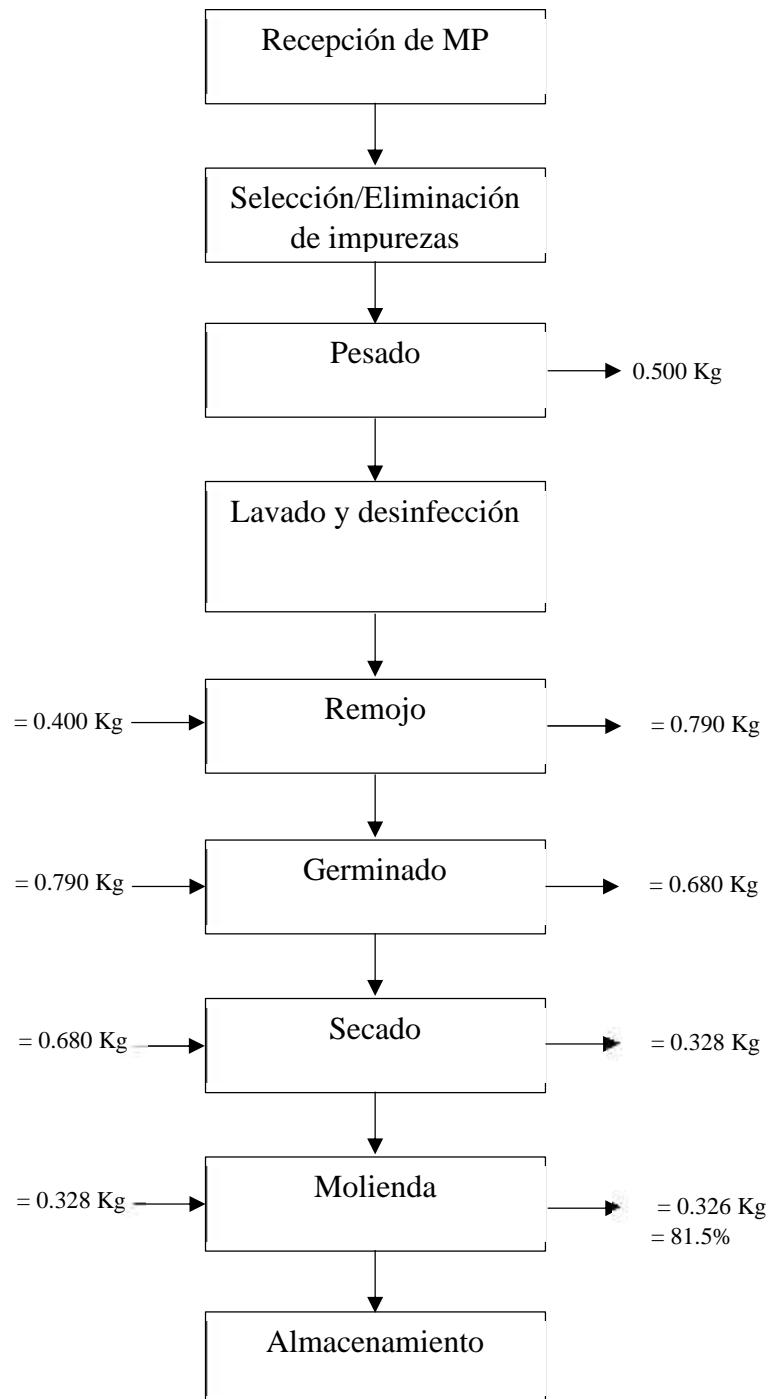


Figura 20.

*Balance materia de la elaboración de harinas de cañihua germinados (*Chenopodium pallidicaule*).*



La elaboración de harina de maíz morado germinado (*Zea mays L.*) se llevó a cabo en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA) de la Universidad Nacional del Santa (UNS). El procedimiento inició con la recepción y preparación de la materia prima, que comprendió el desgranado de las mazorcas, la eliminación de impurezas como arena, piedras u otros materiales extraños, y la selección de granos en buen estado.

Posteriormente, los granos fueron lavados con agua destilada a temperatura ambiente y sometidos a un proceso de desinfección utilizando una solución de agua destilada con hipoclorito de sodio al 0,01 %, durante un periodo de 30 minutos. Una vez desinfectados, se procedió al remojo en agua destilada durante 24 horas, manteniendo una relación grano:agua de 1:5 y a temperatura ambiente, con el fin de favorecer la hidratación uniforme.

Concluido el remojo, se dio inicio a la etapa de germinación, siguiendo los parámetros propuestos por Paucar (2017), citados por Apace (2022). Los granos fueron humedecidos con agua potable proveniente de la planta piloto de la UNS y colocados en el germinador, donde se mantuvo una temperatura constante de 26 °C y una humedad relativa del 90 % durante 64 horas.

Al término de la germinación, los granos se secaban en estufa a 60 °C durante 24 horas, y luego se molieron en un molino centrífugo hasta obtener una harina de granulometría uniforme. Finalmente, el producto fue envasado en bolsas de polietileno para su almacenamiento y posterior análisis.

En el Anexo 9 se presentan las imágenes del proceso de elaboración, mientras que la Figura 21 muestra el diagrama de bloques correspondiente. El rendimiento de masa obtenido en la elaboración de harina de maíz morado germinado fue de 68 %, valor que se detalla en la Figura 22.

Figura 21.

Diagrama de bloques para la elaboración de harina de maíz morado germinado

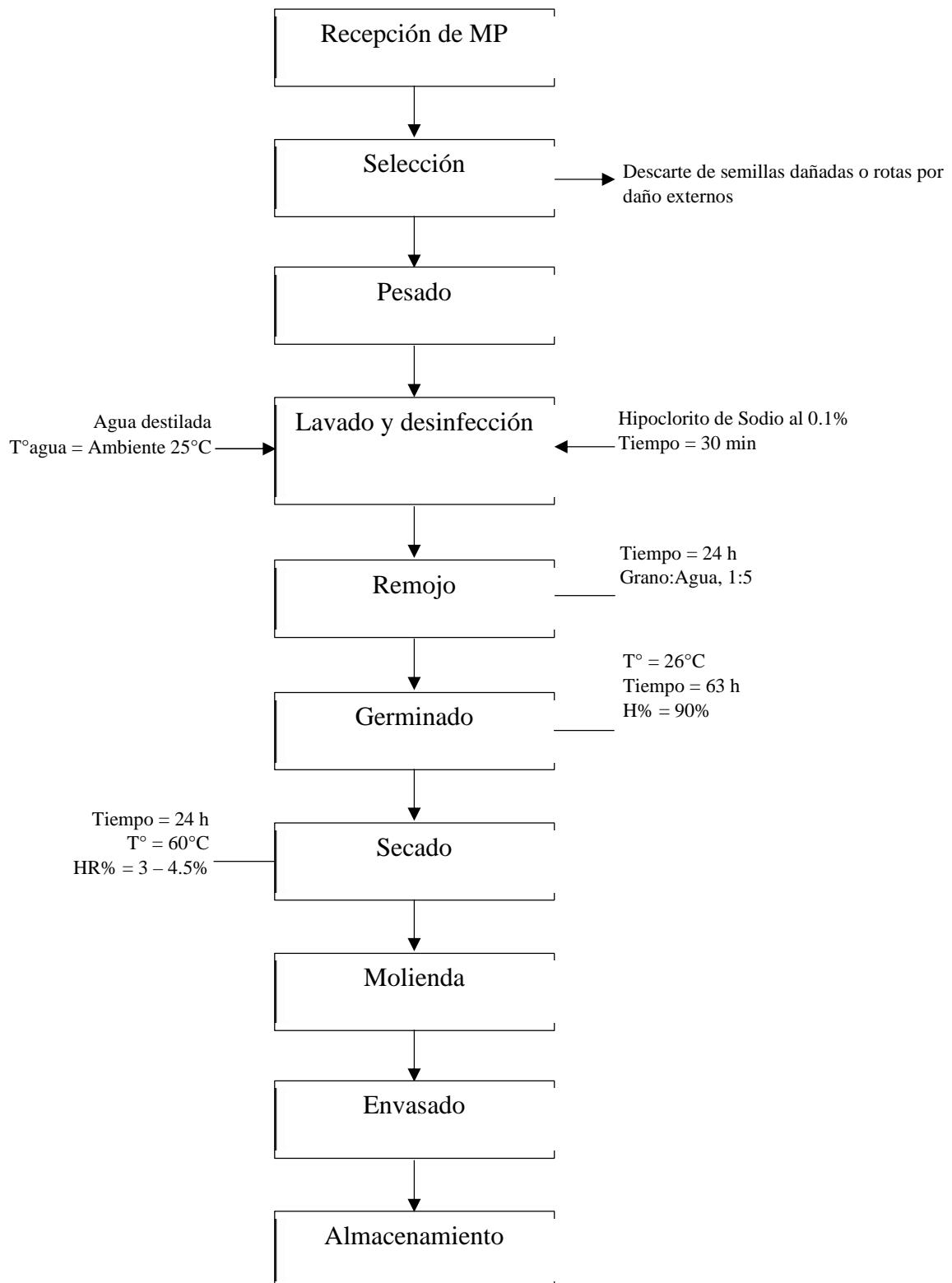
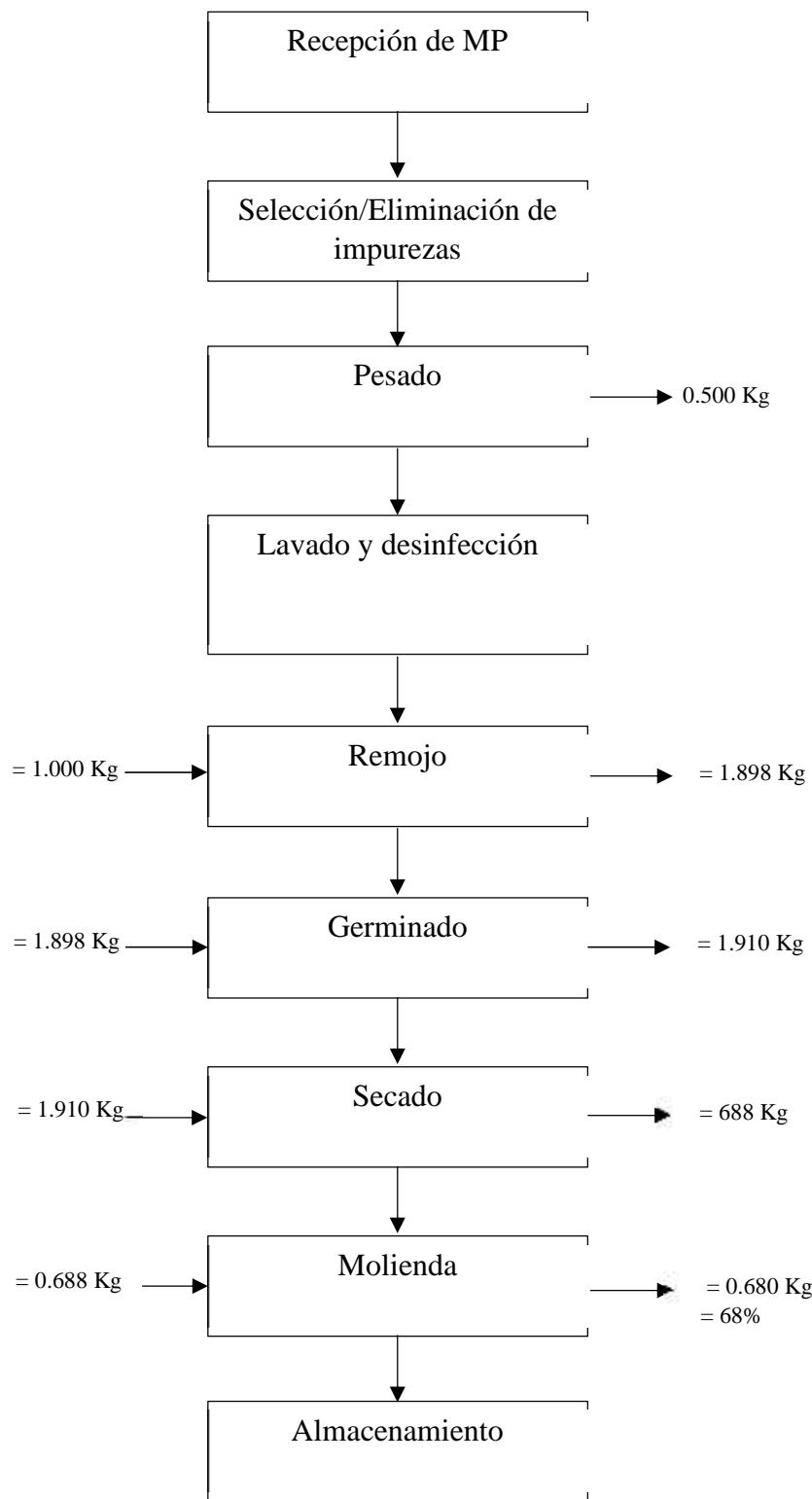


Figura 22.

*Balance materia de la elaboración de harinas de Maíz morado germinado (*Zea mays L.*).*



4.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS DE LOS GRANOS DE MAÍZ MORADO Y CAÑIHUA GERMINADOS

Después del proceso de germinación, secado y molido se caracterizaron las harinas de los granos de maíz morado y cañihua germinados mediante su composición proximal (Tabla 12), cantidad de polifenoles totales y actividad antioxidante (Tabla 13), los análisis de cenizas, humedad y grasas se realizaron en el laboratorio de nutrición y toxicología alimentaria ubicadas en la escuela de ingeniería agroindustrial; por otra parte, el análisis de fibra, proteínas, polifenoles totales y actividad antioxidante se realizó en el instituto de investigación tecnológica agroindustrial (IITA) de la UNS.

Tabla 12.

Composición proximal de las harinas de Cañihua y Maíz morado germinadas por 100g de harina

Componentes	Cañihua germinada (%)	Maíz morado germinado (%)
Humedad	5.85 ± 0.03	10.38 ± 0.28
Cenizas	2.45 ± 0.02	1.06 ± 0.02
Grasas	6.03 ± 0.01	4.90 ± 0.03
Fibra	20.17 ± 0.74	13.06 ± 0.65
Proteínas	19.71 ± 0.26	9.35 ± 0.11
Carbohidratos	45.77 ± 1.51	61.23 ± 1.44

Nota: Se realizaron los análisis por triplicado y se colocó su desviación estándar.

En la tabla 12 se muestra el análisis proximal después del proceso de germinación de los granos, con respecto a la humedad, cenizas, grasas, proteínas, carbohidratos de los datos germinados, comparados con los valores de los granos sin germinar de la tabla 10, se observa que existen diferencias significativas entre las muestras, ya que nos brinda un valor ($p < 0.05$); por otro lado el valor de la fibra entre el maíz morado germinado y sin germinar no existen diferencias significativas ($p > 0.05$).

Se observa el porcentaje de humedad de maíz morado germinado (10.383%) es significativamente mayor que la humedad del maíz morado sin germinar

(8.101%), Apace (2022), reportó valor de humedad antes de germinar de (11.69%) y después de germinar (19.37%). En cuanto al porcentaje de cenizas, se observa una significante variación (35.323%) entre los valores del maíz morado germinado y sin germinar, por otro lado, Apace (2022), reporta una variación de 59.8%, entre la ceniza del maíz morado germinado (1.02%) y sin germinar (1.63%).

Para la grasa se obtuvo valores de 4.713% antes de la germinación y 4.903% después de la germinación, mientras que Apace (2022), reportó valores de 3.59% antes de la germinación y 3.79% después de la germinación. En el caso de la fibra en la tabla 10 se muestra que el valor de la fibra para el maíz morado sin germinar es 13.063% mientras que en la tabla 12 se muestra el valor de la fibra para el maíz morado germinado, el cual nos muestra un valor de 10.444%, con lo que se puede observar que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los valores mencionados.

En cuanto al porcentaje de proteínas hubo un ligero incremento durante la germinación de 9.072% a 9.353%; por su parte Apace (2022), reportó 7.32% antes de germinar y 7.87% en el grano germinado. En cuanto a los carbohidratos antes de la germinación se obtuvo 66.028% y después de la germinación se obtuvo 61.236%.

En la Tabla 12, el valor de la humedad de la cañihua germinada es de 5.85%, mientras que la Tabla 10 muestra un valor de 10.191% para la cañihua sin germinar. Según Símpalo y Paucar (2021), el valor de humedad para la cañihua germinada es $5.50\% \pm 0.15\%$, y para la cañihua sin germinar es $10.01\% \pm 0.15\%$. Castillo y Paucar (2021) reportan valores similares, con $5.50\% \pm 0.15\%$ para la cañihua germinada y $10.01\% \pm 0.15\%$ para la cañihua sin germinar. De manera consistente, Marykate (2019) indica un valor de humedad de $10.066\% \pm 0.065\%$ para la cañihua sin germinar y $5.91\% \pm 0.08\%$ para la cañihua germinada. Por otro lado, Símpalo (2022) reporta valores de $10.01\% \pm 0.15\%$ para la cañihua sin germinar y $5.50\% \pm 0.15\%$ para la cañihua germinada.

En todos los casos presentados, se observa que la humedad disminuye durante el proceso de germinación de la cañihua. Este comportamiento es consistente con los hallazgos de Sharma et al. (2020), quienes reportan que durante la germinación

del trigo, la humedad disminuye debido a la pérdida de agua por transpiración y el metabolismo activo de la semilla. Además, Chen et al. (2020) mencionan que, aunque se produce una absorción inicial de agua, el contenido de humedad de los granos disminuye ligeramente después de varios días de germinación debido a evaporación y transpiración durante la respiración activa y la formación de la plántula.

En cuanto al contenido de cenizas, los resultados obtenidos para la cañihua sin germinar en la Tabla 10 ($2.96 \pm 0.02\%$) son superiores a los de la cañihua germinada ($2.45 \pm 0.02\%$) en la Tabla 12. Esta disminución en las cenizas durante la germinación ha sido observada en otros estudios, como los de Símpalo & Paucar (2021) (sin germinar $2.76 \pm 0.13\%$, germinada $2.68 \pm 0.05\%$) y Castillo & Paucar (2021), donde se reporta una disminución similar (sin germinar $2.76 \pm 0.13\%$, germinada $2.68 \pm 0.05\%$). La disminución de cenizas puede explicarse por el proceso de movilización de minerales hacia la plántula en crecimiento, como se ha reportado en estudios de germinación de otros granos como el trigo (Sharma et al., 2020).

En relación a las grasas, los datos de la Tabla 10 para la cañihua sin germinar ($7.690 \pm 0.010\%$) son considerablemente más altos que los de la cañihua germinada ($6.033 \pm 0.005\%$) en la Tabla 12. Esta disminución de grasas es consistente con otros estudios, como los de Símpalo & Paucar (2021), que reportan una ligera disminución de las grasas en la cañihua germinada ($6.23 \pm 0.25\%$ frente a $6.18 \pm 0.04\%$ sin germinar). La disminución de grasas se debe a la utilización de las reservas lipídicas durante la germinación para proveer energía al crecimiento de la plántula (Zhang et al., 2021).

El contenido de fibra muestra un patrón de aumento durante la germinación. Según los datos de la Tabla 10 ($16.164 \pm 0.256\%$ en la cañihua sin germinar frente a $20.173 \pm 0.747\%$ en la germinada) y los reportados por Símpalo & Paucar (2021) ($16.45 \pm 0.08\%$ sin germinar y $20.16 \pm 0.25\%$ germinada), se observa un claro incremento en el contenido de fibra en la cañihua germinada. Este aumento se debe a la síntesis de compuestos estructurales como la celulosa durante la germinación (Orozco & Restrepo, 2020). Además, la germinación incrementa la actividad de las enzimas responsables de la formación de estructuras celulares, lo que podría explicar el incremento en la fibra observado en estos estudios.

En cuanto a las proteínas, se observa una disminución en la cañihua germinada en todos los estudios, incluidos los datos obtenidos en la Tabla 10 y 12, donde la cañihua sin germinar contiene $20.165 \pm 0.080\%$ y la germinada $19.712 \pm 0.264\%$. Símpalo & Paucar (2021) reportan una caída similar, pasando de $20.61 \pm 0.26\%$ sin germinar a $19.11 \pm 0.27\%$ germinada, y lo mismo ocurre en los datos de Castillo & Paucar (2021).

La disminución de proteínas durante la germinación puede explicarse por la utilización de proteínas almacenadas en la semilla para la síntesis de nuevas proteínas que son necesarias para el crecimiento de la plántula (Jiang et al., 2021). Este fenómeno es común en la germinación de varios granos, donde las proteínas vegetales se descomponen y se utilizan en los procesos de metabolismo y respiración celular.

Finalmente, los carbohidratos muestran una tendencia a incrementar durante la germinación. En la Tabla 10, la cañihua sin germinar contiene $42.829 \pm 0.997\%$ de carbohidratos, mientras que en la Tabla 12 la cañihua germinada contiene $45.779 \pm 1.519\%$. Este aumento en los carbohidratos puede explicarse por la transformación del almidón en azúcares solubles durante la germinación, lo que provee energía para el crecimiento de la plántula (Zhang et al., 2021). Esta tendencia también es reportada por Símpalo & Paucar (2021), quienes observan un incremento de carbohidratos de $60.45 \pm 0.33\%$ a $66.5 \pm 0.19\%$.

Tabla 13.

Cantidad de Polifenoles Totales y Actividad Antioxidante de las harinas de Cañihua y Maíz Morado Germinados por 100g de harina

Componentes	Cañihua	Maíz Morado
Polifenoles Totales (mg GAE/100 g p.s.)	116.18 ± 0.90	247.11 ± 2.20
Actividad Antioxidante (mg TE/100 g p.s.)	529.19 ± 16.38	1664.58 ± 16.38

Nota: Se realizaron los análisis por triplicado y se colocó su desviación estándar.

El análisis de los polifenoles totales y la capacidad antioxidante del maíz morado INIA 601 antes y después de la germinación, muestra un incremento considerable en ambos parámetros. Según los datos de la Tabla 11 (maíz sin germinar), los polifenoles totales son de 223.59 ± 0.30 mg GAE/100 g p.s., mientras que la actividad antioxidante es de 1030.66 ± 14.45 mg TE/100 g p.s.. Despues de la germinación, en la Tabla 13, los polifenoles totales aumentan a 247.11 ± 2.20 mg GAE/100 g p.s., y la actividad antioxidante se incrementa significativamente a 1664.58 ± 16.38 mg TE/100 g p.s.. Este incremento en ambos compuestos sugiere que la germinación favorece la síntesis de polifenoles y la activación de mecanismos antioxidantes en el maíz morado.

Este fenómeno es consistente con lo reportado por Apace (2022), quien encontró un aumento en los polifenoles totales del maíz morado de 39.01 mg ácido gálico/100 g antes de la germinación a 40.96 mg ácido gálico/100 g después de germinar. Aunque el aumento en los datos de Apace (2022) es más moderado, confirma la tendencia general de que la germinación tiene un efecto positivo en la concentración de compuestos fenólicos en los granos.

La germinación es un proceso metabólico que involucra una serie de cambios bioquímicos, entre ellos la activación de enzimas antioxidantes y la síntesis de compuestos fenólicos. Zhao et al. (2021) explican que la germinación provoca un estrés metabólico beneficioso, activando los mecanismos de defensa de la semilla, lo que resulta en una mayor producción de antioxidantes como los polifenoles. Esto también podría explicar el aumento observado en la actividad antioxidante en el maíz morado, que pasa de 1030.66 ± 14.45 a 1664.58 ± 16.38 después de la germinación.

Es importante resaltar que el aumento en los polifenoles totales y la actividad antioxidante en el maíz morado INIA 601 es mucho más pronunciado que en los datos reportados por Apace (2022) para el maíz morado en general. Este aumento podría estar relacionado con factores genéticos específicos de la variedad INIA 601, que podría tener un mayor potencial para sintetizar compuestos fenólicos durante la germinación, comparado con otras variedades de maíz. Además, los datos presentados en esta investigación sugieren que el maíz morado INIA 601 es

una fuente excelente de polifenoles y antioxidantes, lo que aumenta su valor nutricional y su posible aplicación en la industria alimentaria y de suplementos.

El aumento significativo en la actividad antioxidante (de 1030.66 a 1664.58) puede ser explicado por el aumento en la concentración de antocianinas y flavonoides durante la germinación. Oliveira et al. (2019) señalan que la germinación no solo incrementa los compuestos fenólicos, sino que también mejora la actividad antioxidante debido a la liberación de agentes antioxidantes en mayor cantidad.

4.4. ELABORACIÓN Y ANALISIS DE LAS GALLETAS SEGÚN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

4.4.1. Elaboración de las Galletas:

Para la elaboración de las galletas se siguió las operaciones indicadas en la figura 8, donde se muestra el diagrama de bloques, para la elaboración de las galletas. En el anexo 9 se muestra imágenes del proceso de elaboración de las galletas.

- **Recepción de materias primas:** Se procede a recibir las harinas, como la harina de trigo, harina de maíz morado, cañihua y concentrado proteico de anchoveta, junto con los insumos adicionales, como azúcar rubia, manteca vegetal, agente leudante (bicarbonato de amonio), leche en polvo, esencia de vainilla y huevos.
- **Pesado o Dosificado:** Se realiza la medición de todos los ingredientes de acuerdo con la formulación especificada.
- **Primer mezclado (Cremado):** Se lleva a cabo el batido de la azúcar en combinación con los ingredientes líquidos, como la leche y los huevos, hasta lograr una consistencia cremosa.
- **Segundo mezclado (Amasado):** Los ingredientes secos, es decir, las harinas, se agregan a la crema previamente preparada para formar una masa homogénea.
- **Homogenizado:** Durante un período de 2 minutos, se realiza este proceso para obtener una mezcla uniforme y de consistencia constante.
- **Laminado:** A continuación, la masa se extiende en una superficie de acero inoxidable mediante el proceso de laminación.

- **Moldeado:** Utilizando un molde, se lleva a cabo la tarea de realizar cortes en la masa previamente laminada.
- **Horneado:** La masa se coloca en el horno y se hornea a una temperatura de 160 °C durante un periodo de 10 minutos.
- **Enfriado:** Después de retirarlo del horno, se permite que se enfríe a temperatura ambiente durante aproximadamente 25 minutos.
- **Envaseado:** Una vez que las galletas han llegado a la temperatura ambiente, se procede a empacarlas en bolsas de polietileno de baja densidad.

Figura 23.

Diagrama de flujo para la elaboración de galletas de harina de maíz morado, cañihua y concentrado proteico de anchoveta.

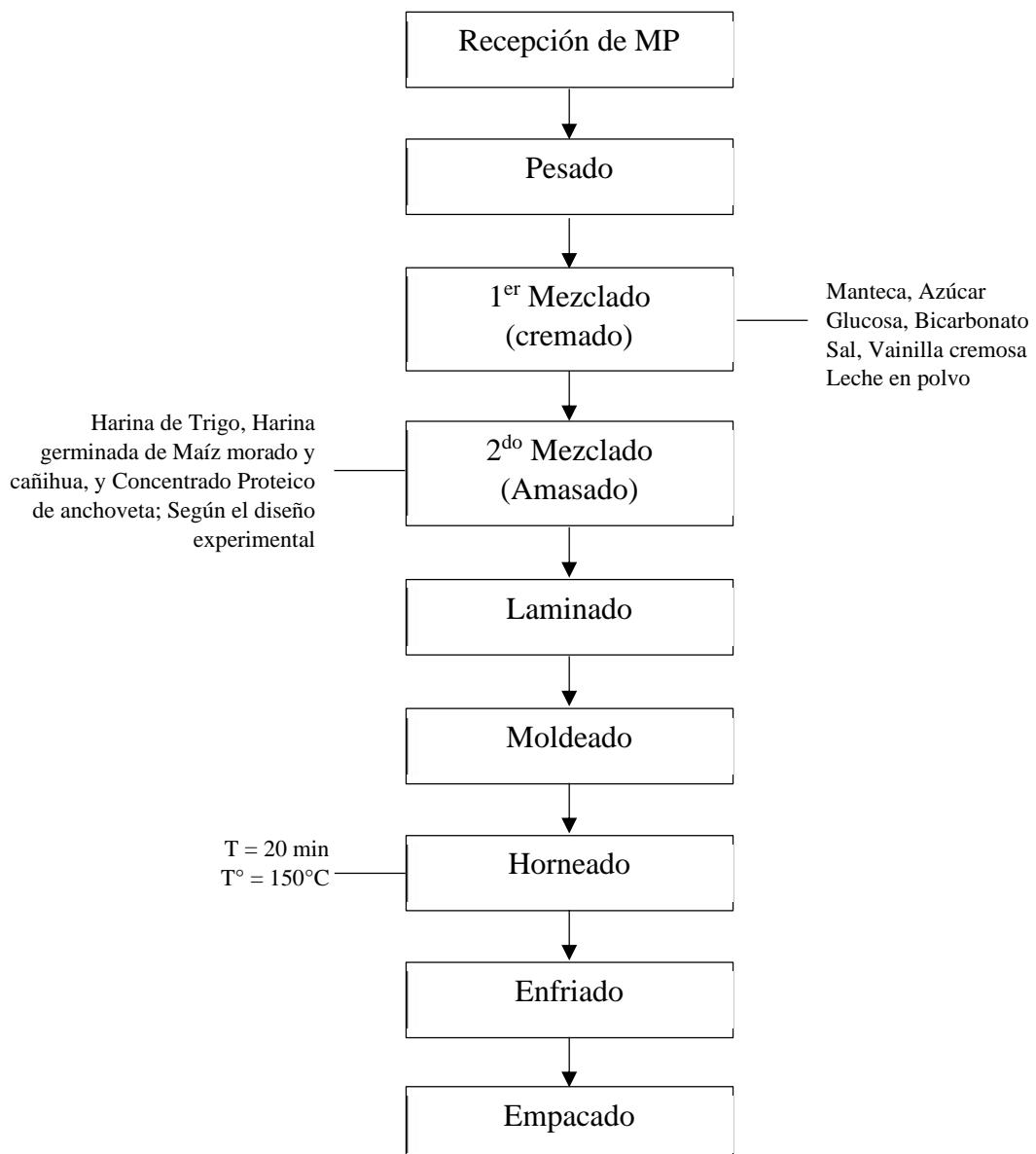


Tabla 14.

Análisis de Polifenoles, capacidad antioxidante, proteína y análisis sensorial de la galleta para diferentes formulaciones.

Formulaciones	Formulación de la masa			Análisis funcional		Análisis nutricional		Análisis sensorial		
	HMG (%)	HCG (%)	CPA (%)	AA (μmoles TE/mg)	PT (mg GAE/100g)	Proteína	Olor	color	Sabor	textura
1	29.5	17.5	3	463.49 ± 28.14	79.11 ± 1.39	10.71 ± 0.14	6.56 ± 1.62	6.15 ± 1.99	6.29 ± 0.3	6.73 ± 1.8
2	27	20	3	418.07 ± 6.55	70.47 ± 0.62	10.86 ± 0.06	6.04 ± 1.91	6.08 ± 1.84	6.18 ± 1.9	6.48 ± 1.9
3	25	20	5	408.61 ± 16.17	61.97 ± 3.74	11.37 ± 0.08	6.06 ± 1.92	6.33 ± 1.89	4.2 ± 0.48	6.49 ± 1.84
4	32	15	3	533.50 ± 19.71	86.15 ± 2.24	10.64 ± 0.03	5.88 ± 1.92	6.58 ± 1.88	6.71 ± 1.72	6.98 ± 1.64
5	31.5	17.5	1	519.31 ± 20.67	88.50 ± 2.46	9.80 ± 0.16	6.38 ± 1.92	6.59 ± 1.75	6.45 ± 2.07	6.97 ± 1.81
6	30	15	5	495.66 ± 12.41	72.94 ± 0.9	11.47 ± 0.06	5.7 ± 2.15	6.27 ± 2.1	5.4 ± 2.23	6.3 ± 2.22
7	34	15	1	590.27 ± 7.28	90.28 ± 1.01	9.88 ± 0.08	6.38 ± 2.13	6.32 ± 2.21	6.5 ± 2.45	6.64 ± 2.27
8	25	20	5	402.93 ± 31.05	64.42 ± 1.70	11.77 ± 0.99	5.29 ± 2.37	5.29 ± 2.37	5.61 ± 2.2	6.34 ± 2.07
9	29	20	1	437.00 ± 14.80	82.52 ± 1.04	10.01 ± 1.03	6.34 ± 2.18	6.1 ± 2.22	6.45 ± 2.45	6.92 ± 1.86
10	27.5	17.5	5	429.43 ± 9.64	69.15 ± 1.67	11.44 ± 0.03	5.34 ± 2.4	6.11 ± 2.12	5.57 ± 2.76	6.51 ± 1.99
11	30	15	5	488.09 ± 20.31	73.37 ± 0.72	11.53 ± 0.01	5.48 ± 2.3	6.15 ± 2.17	5.98 ± 2.39	6.51 ± 2.01
12	29	20	1	431.32 ± 33.24	83.08 ± 2.33	9.78 ± 0.13	6.47 ± 1.96	6.51 ± 2	7.16 ± 2.1	6.72 ± 2.02
13	29.5	17.5	3	454.03 ± 10.85	78.18 ± 0.99	10.61 ± 0.03	5.85 ± 2.18	6.55 ± 1.87	6.35 ± 0.29	6.53 ± 2.13
14	34	15	1	584.60 ± 15.46	89.18 ± 0.87	9.69 ± 0.08	6.74 ± 2.22	6.22 ± 2.39	7.21 ± 2.29	7.06 ± 1.99

Nota: HMG: Harina de maíz morado germinado, HCG: Harina de cañihua germinada, CPA: Concentrado proteico de anchoveta, AA: Actividad antioxidante, PT: Polifenoles total; se realizaron los análisis por triplicado y se colocó su desviación estándar.

4.4.2. Actividad antioxidante

Los resultados obtenidos en la tabla 14 muestran que la actividad antioxidante de las formulaciones varía entre $402.93 \pm 31.05 \mu\text{molesTE/mg}$ y $590.27 \pm 7.28 \mu\text{molesTE/mg}$. Las formulaciones con mayor actividad antioxidante fueron la F7 ($590.27 \pm 7.28 \mu\text{molesTE/mg}$) y la F14 ($584.60 \pm 15.46 \mu\text{molesTE/mg}$), caracterizadas por un mayor contenido de harina de maíz morado germinado (HMG). La germinación de este insumo favorece la concentración de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, lo cual coincide con lo reportado por Pedreschi et al. (2020), quienes indicaron que la germinación de granos aumenta la actividad antioxidante debido a la activación de enzimas y la liberación de polifenoles ligados.

Por otro lado, la formulación con menor actividad antioxidante fue la F8 ($402.93 \pm 31.05 \mu\text{molesTE/mg}$), que contenía una menor proporción de HMG y una mayor cantidad de concentrado proteico de anchoveta (CPA). Este resultado podría explicarse por la dilución de los compuestos antioxidantes debido a la adición de CPA, lo que concuerda con lo reportado por Zhang et al. (2021), quienes mencionaron que la incorporación de fuentes proteicas animales en productos horneados puede afectar la disponibilidad de polifenoles.

En el anexo 13 el ANOVA del modelo de regresión mostró valores de $p = 0.0018$, 0.04 y 0.05 para los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial, respectivamente. El modelo lineal, con un R^2 ajustado de 91.96% , presentó un ajuste significativo ($p < 0.05$), lo que indica que explica en gran medida la variabilidad de la actividad antioxidante en las formulaciones. Sin embargo, el modelo cuadrático, con un R^2 ajustado de 98.30% y un $p = 0.0485$, mostró un mejor ajuste, por lo que fue seleccionado como el más adecuado. En contraste, el modelo cúbico especial (R^2 ajustado = 98.60% , $p = 0.0593$) y el cúbico completo (R^2 ajustado = 99.12% , $p = 0.1247$) no fueron estadísticamente significativos.

$$\begin{aligned} \text{Actividad Antioxidante} = & + 590.69 * \mathbf{HMG(\%)} + 373.34 * \mathbf{HCG(\%)} + 458.51 \\ & * \mathbf{CPA(\%)} - 128.28 * \mathbf{HMG(\%)} * \mathbf{HCG(\%)} - 171.70 * \mathbf{HMG(\%)} * \mathbf{CPA(\%)} - \\ & 27.91 * \mathbf{HCG(\%)} * \mathbf{CPA(\%)} \end{aligned}$$

Las **figuras 24** y **25** muestran la superficie de respuesta de la actividad antioxidante, la forma de la superficie y el análisis estadístico confirman que el

modelo cuadrático es el más adecuado para describir la interacción entre los factores estudiados.

Figura 24.

Gráfico de contorno para Actividad antioxidante de la galleta.

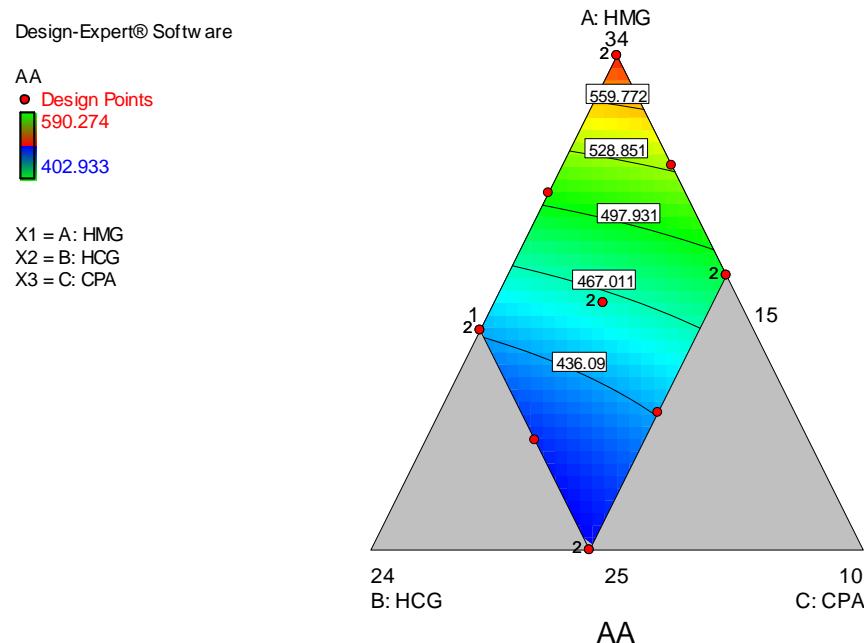
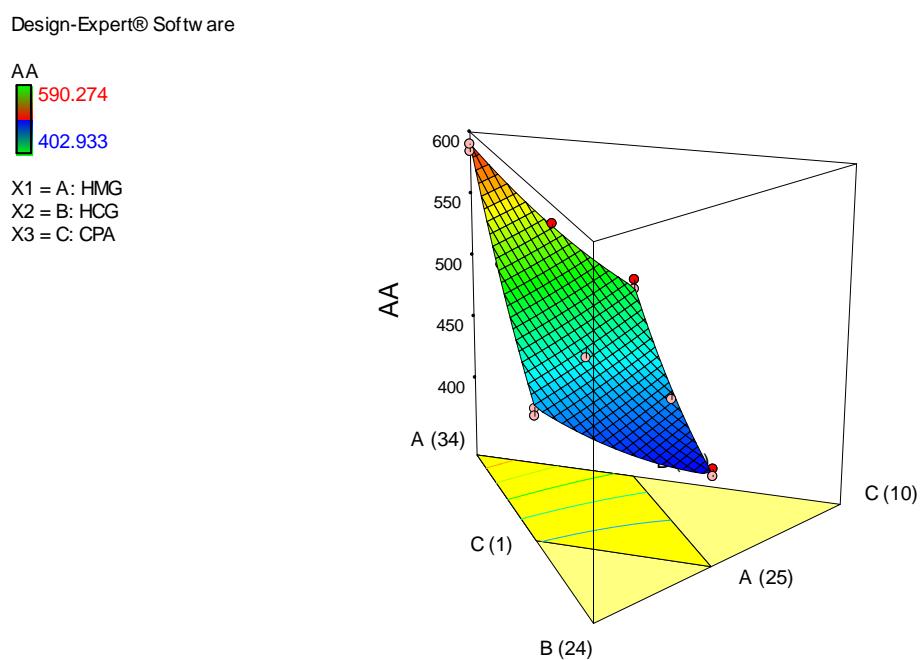


Figura 25.

Gráfico de superficie de respuesta de Actividad antioxidante de la galleta.



4.4.3. Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales en la tabla 14 varió entre 61.97 ± 3.74 mg GAE/100g y 90.28 ± 1.01 mg GAE/100g. Las formulaciones F7 (90.28 ± 1.01 mg GAE/100g) y F14 (89.18 ± 0.87 mg GAE/100g) presentaron los valores más altos, lo que se atribuye a la elevada proporción de HMG y harina de cañihua germinada (HCG). Paucar-Menacho et al. (2018) mencionan que la germinación de quinua a 20°C durante 42 horas maximiza el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante, lo que sugiere que un efecto similar ocurre con el maíz morado y la cañihua en las formulaciones de este estudio. Asimismo, Símpalo (2021) reportó que la germinación de la cañihua incrementa su contenido fenólico y mejora su funcionalidad antioxidante en productos horneados.

Por otro lado, la formulación F3 (61.97 ± 3.74 mg GAE/100g) registró el menor contenido de polifenoles, lo que puede deberse a la reducida proporción de harinas germinadas y al efecto del CPA en la matriz alimentaria. Según Símpalo et al. (2021), la interacción de proteínas con polifenoles puede generar complejos que disminuyen la biodisponibilidad de estos compuestos en los productos horneados.

En el anexo 15 el ANOVA del modelo de regresión mostró valores de $p = 0.0300$, 0.01 y 0.04 para los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial, respectivamente. El modelo lineal, con un R^2 ajustado de 96.09% , presentó un ajuste significativo ($p < 0.05$), lo que indica que explica en gran medida la variabilidad del contenido de polifenoles totales en las formulaciones. Sin embargo, el modelo cuadrático, con un R^2 ajustado de 96.11% y un $p = 0.0196$, mostró un mejor ajuste, por lo que fue seleccionado como el más adecuado. En contraste, el modelo cúbico especial (R^2 ajustado = 97.56% , $p = 0.0459$) y el cúbico completo (R^2 ajustado = 98.98% , $p = 0.3313$) no fueron estadísticamente significativos.

$$\begin{aligned} \text{Polifenoles Totales} = & - 2.19 * \text{HMG}(\%) - 13.14 * \text{HCG}(\%) - 91.37 * \text{CPA}(\%) \\ & + 0.69 * \text{HMG}(\%) * \text{HCG}(\%) + 3.16 * \text{HMG}(\%) * \text{CPA}(\%) + 5.25 * \\ & \text{HCG}(\%) * \text{CPA}(\%) - 0.17 * \text{HMG}(\%) * \text{HCG}(\%) * \text{CPA}(\%) \end{aligned}$$

Las figuras 26 y 27 representan la superficie de respuesta de los polifenoles totales, con valores que fluctúan entre 61.97 y 90.27 . La gradación de colores resalta las regiones con mayor y menor concentración, permitiendo visualizar las tendencias de la variable en función de los factores evaluados. La curvatura de la

superficie y el análisis estadístico respaldan la elección del modelo cuadrático como el más apropiado para describir estas interacciones.

Figura 26.

Gráfico de contorno para Polifenoles Totales de la galleta.

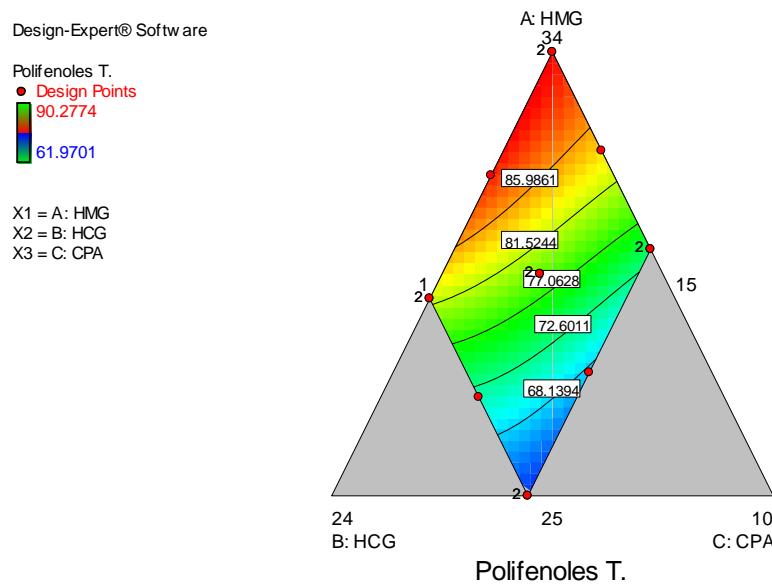
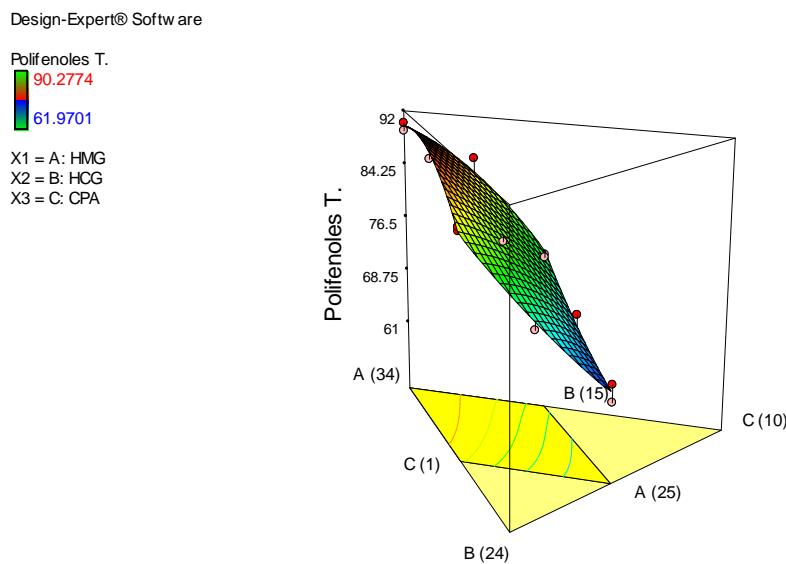


Figura 27.

Gráfico de superficie de respuesta para Polifenoles Totales de la galleta.



4.4.4. Análisis de Proteína

En la tabla 14 los valores de proteína en las formulaciones oscilaron entre 9.69% y 11.77%, con la mayor concentración registrada en la formulación 8 ($11.77 \pm 0.99\%$) y la menor en la formulación 14 ($9.69 \pm 0.08\%$). Se observó que las

formulaciones con mayor contenido de proteína fueron 6, 8, 10 y 11, todas con valores superiores al 11%. En contraste, las formulaciones 5, 7, 12 y 14 presentaron los menores valores, por debajo del 10%.

El Programa Nacional de Asistencia Alimentaria establece que una porción de 70 g de galleta debe contener al menos 7% de proteína, es decir, 5.25 g por ración. Considerando que las formulaciones estudiadas superan el 9.69% de proteína, se puede afirmar que cumplen con este requerimiento nutricional.

El incremento en proteína en ciertas formulaciones puede atribuirse a la incorporación del concentrado proteico de *Engraulis ringens*, ya que las proteínas de origen marino han demostrado mejorar el perfil proteico galletas. Además, la germinación del *Zea mays L.* podría haber favorecido la biodisponibilidad de proteínas al reducir factores anti nutricionales, como los inhibidores de proteasas y los fitatos, lo que facilita una mejor digestión y absorción de aminoácidos esenciales (Zhang et. Al, 2021).

En el anexo 17 el ANOVA del modelo de regresión mostró valores de $p = 0.9725$, 0.9480 y 0.8568 para los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial, respectivamente. Dado que todos los valores de p son mayores a 0.05 , ningún modelo presentó un ajuste estadísticamente significativo al 95% de confianza. Esto indica que los factores evaluados no explican de manera significativa la variabilidad del contenido de proteína en las formulaciones. La falta de significancia sugiere que los factores estudiados no influyen significativamente en el resultado.

Sin embargo, el modelo lineal podría considerarse el más adecuado para describir la tendencia de los datos, aunque sin evidencia suficiente para afirmar que los factores evaluados tienen un impacto real en el contenido de proteína.

$$\text{Proteína} = 9.79 * \text{HMG}(\%) + 10.00 * \text{HCG}(\%) + 13.58 * \text{CPA}(\%)$$

Las **figuras 28 y 29** muestran la superficie de respuesta del contenido de proteína, con valores entre 9.694 y 11.778. La distribución de colores indica zonas de mayor y menor concentración, observándose un gradiente que sugiere una tendencia lineal. En la primera imagen, el diagrama triangular refleja la relación entre los ingredientes y el contenido proteico, mientras que la representación tridimensional

en la segunda imagen confirma una superficie sin curvaturas pronunciadas. Esto concuerda con el análisis estadístico, donde ningún modelo presentó un ajuste significativo, indicando que los factores evaluados no influyen de manera determinante en la variabilidad de la proteína.

Figura 28.

Gráfico de contorno para Proteínas de la galleta.

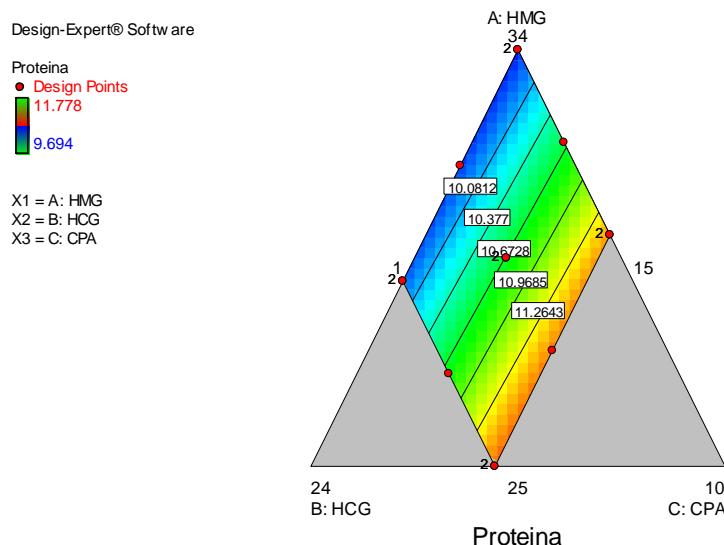
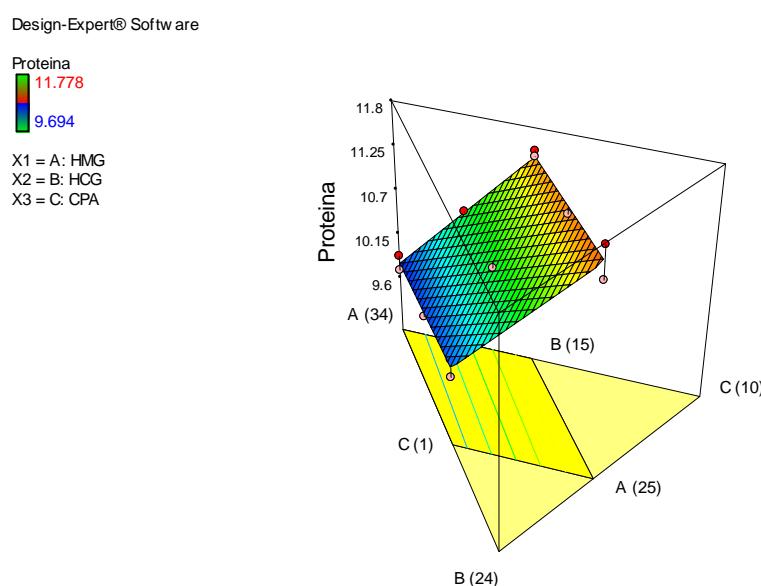


Figura 29.

Gráfico de superficie de respuesta de Proteínas de la galleta.



4.4.5. Olor

El análisis sensorial del atributo olor en las 14 formulaciones evaluadas en la tabla 14 reveló que la formulación 14 obtuvo la mayor puntuación (6.74 ± 2.22),

indicando una mayor aceptación por parte de los evaluadores. En contraste, la formulación 8 registró la menor puntuación (5.29 ± 2.37), reflejando una menor preferencia sensorial en este aspecto. La diferencia en la percepción del olor podría estar influenciada por la presencia del concentrado proteico de anchoveta, cuyo perfil aromático característico puede afectar la aceptación del producto.

El ANOVA del modelo de regresión (Anexo 18) para el atributo olor mostró valores de $p = 0.9437$, 0.7756 y 0.6031 para los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial, respectivamente. Dado que todos los valores de p son mayores a 0.05 , ninguno de los modelos evaluados presentó un ajuste estadísticamente significativo al 95% de confianza, lo que sugiere que los factores analizados no tienen una influencia determinante sobre la percepción del olor en las formulaciones.

A pesar de la falta de significancia estadística, el modelo lineal presentó el mayor R^2 ajustado (0.6448), lo que indica que, dentro de los modelos evaluados, es el que mejor explica la variabilidad en la percepción del olor.

$$\text{Olor} = +6.68286 * \text{HMG}(\%) + 6.73645 * \text{HCG}(\%) - 4.40565 * \text{CPA}(\%)$$

Según Man et al. (2021), quienes evaluaron la incorporación parcial de harina de linaza tostada en productos de panificación, los autores destacan que el equilibrio entre ingredientes proteicos y fuentes de carbohidratos, así como el uso de componentes aromáticos naturales, puede mejorar la aceptación del olor sin comprometer el valor nutricional del producto.

Las figuras 30 y 31 muestran la superficie de respuesta para el atributo de olor en las galletas, con valores entre 5.289 y 6.737 . La primera imagen indica una distribución progresiva de mayor a menor aceptación, mientras que la representación tridimensional confirma una variación lineal sin cambios abruptos. Esto sugiere que las variables influyen en el olor de manera uniforme, sin efectos de interacción significativos. La menor aceptación está relacionada con una mayor proporción de concentrado proteico de anchoveta, cuyo aroma característico afecta la percepción sensorial, mientras que las formulaciones mejor valoradas indican que se ha logrado un balance adecuado para disimular su impacto.

Figura 30.

Gráfico de contorno para olor de la galleta.

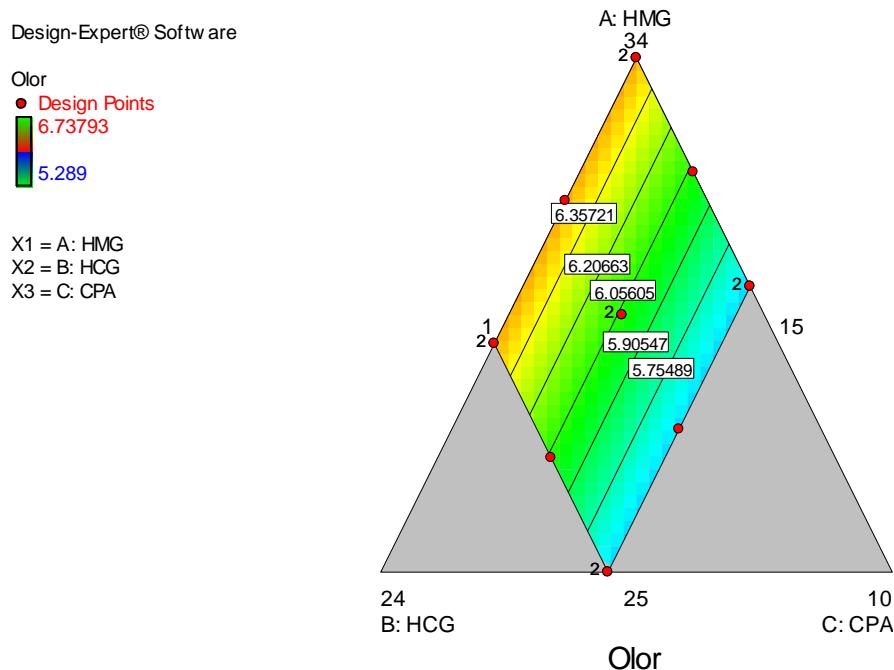
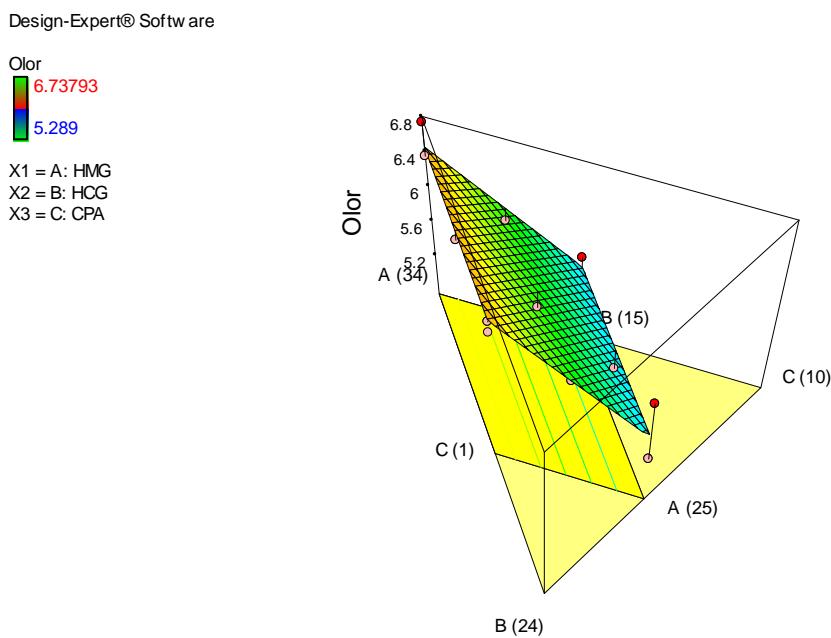


Figura 31.

Gráfico de superficie de respuesta de olor de la galleta.



4.4.6. Color

La evaluación sensorial del color en las galletas muestra que la formulación 5 obtuvo la mayor aceptación (6.59 ± 1.75), mientras que la formulación 8 presentó

la menor puntuación (5.29 ± 2.37). La variabilidad en la percepción del color podría estar influenciada por la harina de cañihua y el maíz morado, cuyos pigmentos naturales afectan la tonalidad del producto final.

El ANOVA del modelo de regresión (Anexo 19) para el atributo color mostró valores de $p = 0.8989$, 0.9107 y 0.9139 para los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial, respectivamente. Dado que todos los valores de p son mayores a 0.05 , ninguno de los modelos evaluados presentó un ajuste estadísticamente significativo al 95% de confianza, lo que sugiere que los factores analizados no tienen una influencia determinante sobre la percepción del color en las formulaciones.

A pesar de la falta de significancia estadística, el modelo lineal presentó el mayor R^2 ajustado (0.1613), lo que indica que, dentro de los modelos evaluados, es el que mejor explica la variabilidad en la percepción del color.

$$\text{Color} = +6.52 * \text{HMG}(\%) + 6.07 * \text{HCG}(\%) + 5.79 * \text{CPA}(\%)$$

Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Evangelista y Schönlechner (2025), donde observaron que el color final está determinado por la combinación de pigmentos naturales y reacciones térmicas. Los autores destacaron que, aunque la variación de color no siempre resulta estadísticamente significativa, sí influye sensorialmente en la aceptación del producto, ya que los consumidores asocian tonalidades doradas o marrón claro con productos mejor horneados y de sabor más agradable. En este contexto, el color de las galletas con harina de cañihua germinada puede considerarse adecuado, manteniendo una apariencia natural y distintiva.

Las figuras 32 y 33 muestran la superficie de respuesta para el atributo de color en las galletas, con valores entre 5.289 y 6.585 . La primera imagen indica una distribución progresiva de mayor a menor intensidad de color, mientras que la representación tridimensional confirma una variación lineal sin cambios abruptos. Esto sugiere que las variables influyen en el color de manera uniforme, sin efectos de interacción significativos. Las tonalidades más intensas podrían estar asociadas a una mayor proporción de harina de maíz morado y cañihua germinadas, mientras que las formulaciones con menor intensidad podrían contener una menor concentración de estos ingredientes, afectando la percepción visual del producto.

Figura 32.

Gráfico de contorno para color de la galleta.

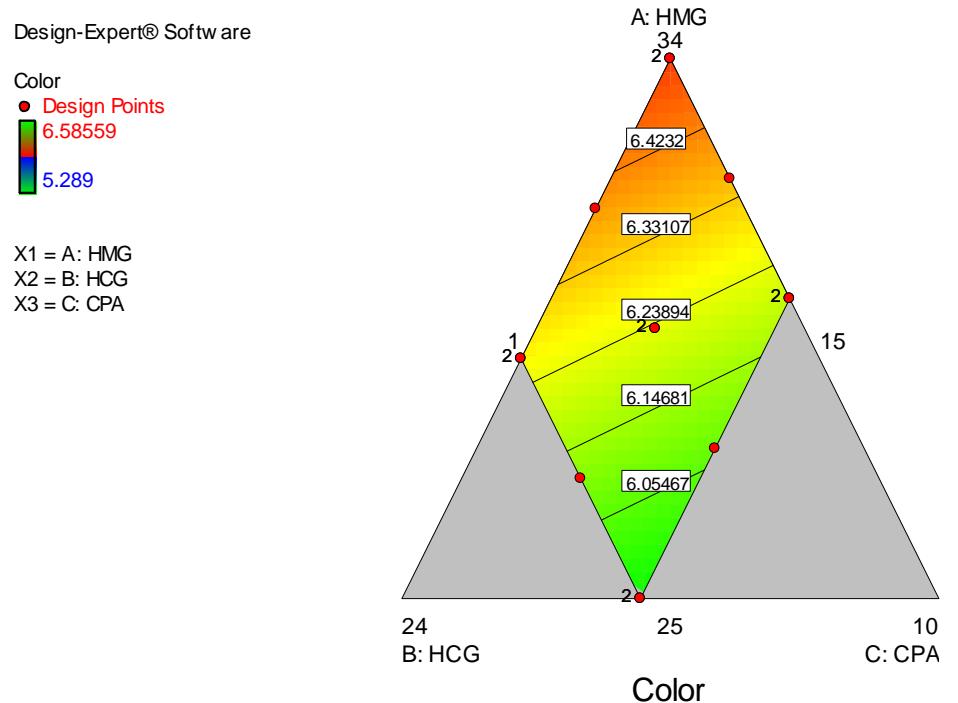
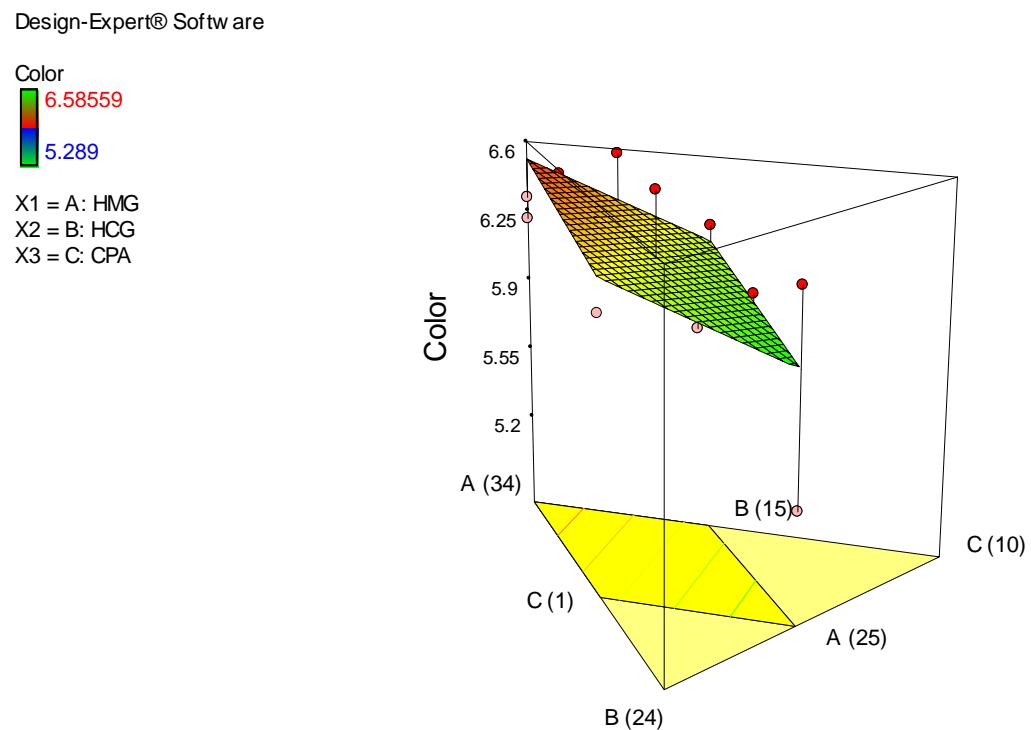


Figura 33.

Gráfico de superficie de respuesta de color de la galleta



4.4.7. Sabor

La evaluación sensorial del sabor en las galletas muestra que la formulación 14 obtuvo la mayor aceptación (7.21 ± 2.29), mientras que la formulación 3 presentó la menor puntuación (4.20 ± 0.48). La variabilidad en la percepción del sabor podría estar influenciada por la proporción de concentrado proteico de anchoveta, cuyo sabor característico puede afectar la aceptabilidad del producto.

El ANOVA del modelo de regresión (Anexo 20) para el atributo sabor mostró valores de $p = 0.8574$, 0.9052 y 0.8613 para los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial, respectivamente. Dado que todos los valores de p son mayores a 0.05 , ninguno de los modelos evaluados presentó un ajuste estadísticamente significativo al 95% de confianza, lo que indica que los factores analizados no tienen una influencia determinante sobre la percepción del sabor en las formulaciones.

A pesar de la falta de significancia estadística, el modelo lineal presentó el mayor R^2 ajustado (0.6313), lo que sugiere que, dentro de los modelos evaluados, es el que mejor explica la variabilidad del sabor.

$$\text{Sabor} = + 7.07 * \text{HMG}(\%) + 6.28 * \text{HCG}(\%) + 3.92 * \text{CPA}(\%)$$

El comportamiento observado coincide con lo reportado por Oprea et al. (2023), quienes estudiaron el efecto de proteínas marinas en productos de panificación y concluyeron que el sabor residual a pescado tiende a disminuir la aceptación sensorial, especialmente cuando no se equilibra con ingredientes de sabor dulce o cereal. Los autores señalan que el desafío principal en el desarrollo de productos funcionales con proteínas de origen marino es enmascarar su sabor mediante formulaciones adecuadas o tratamientos tecnológicos que reduzcan los compuestos volátiles responsables del aroma fuerte.

Las figuras 34 y 35 muestran la superficie de respuesta para el atributo de sabor en las galletas, con valores entre 4.204 y 7.207 . La primera imagen indica una distribución gradual donde las formulaciones con mayor aceptación se encuentran en la zona superior, mientras que la representación tridimensional confirma una tendencia lineal sin curvaturas pronunciadas. Esto sugiere que los factores evaluados influyen en el sabor de manera uniforme, sin efectos significativos de interacción. La menor aceptación podría estar asociada con un incremento en el

concentrado proteico de anchoveta, cuyo sabor intenso puede afectar la percepción sensorial, mientras que las formulaciones mejor valoradas habrían logrado un equilibrio adecuado para enmascarar su impacto.

Figura 34.

Gráfico de contorno para sabor de la galleta.

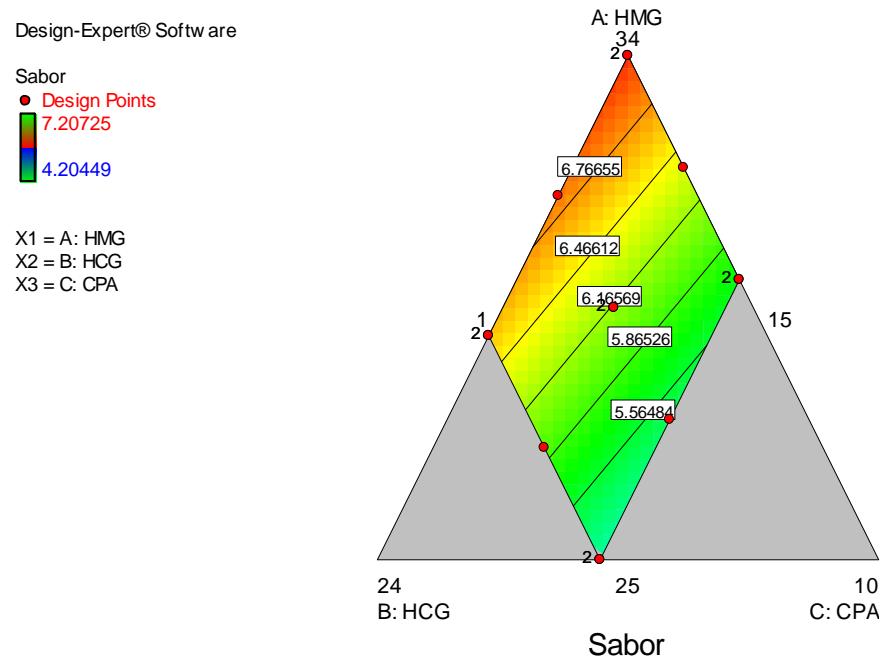
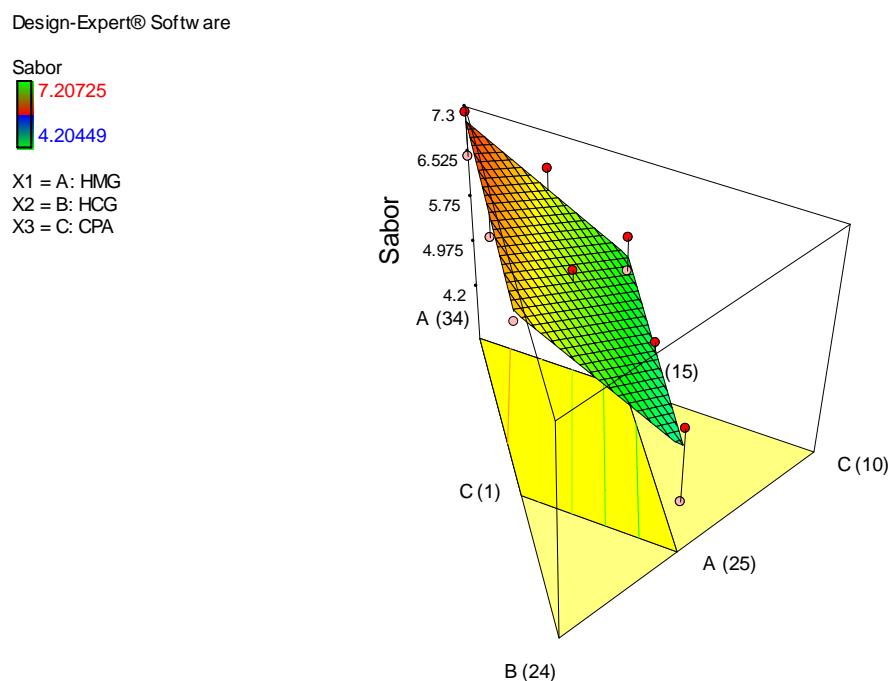


Figura 35.

Gráfico de superficie de respuesta de sabor de la galleta.



4.4.8. Textura

La evaluación sensorial de la textura en las galletas mostró que la formulación 14 obtuvo la mayor aceptación (7.06 ± 1.99), mientras que la formulación 6 presentó la menor puntuación (6.3 ± 2.22). La variabilidad en la percepción de la textura podría estar influenciada por la proporción de harina de cañihua y maíz morado, así como por el concentrado proteico de anchoveta, los cuales pueden afectar la estructura y consistencia del producto final.

El ANOVA del modelo de regresión (Anexo 21) para el atributo textura mostró valores de $p = 0.6789$, 0.3789 y 0.3681 para los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial, respectivamente. Dado que todos los valores de p son mayores a 0.05 , ninguno de los modelos evaluados presentó un ajuste estadísticamente significativo al 95% de confianza, lo que indica que los factores analizados no tienen una influencia determinante sobre la percepción de la textura en las formulaciones.

A pesar de la falta de significancia estadística, el modelo lineal presentó el mayor R^2 ajustado (0.5647), lo que sugiere que, dentro de los modelos evaluados, es el que mejor explica la variabilidad en la textura. No obstante, su p -valor alto indica que su capacidad predictiva es limitada, por lo que no se puede considerar un ajuste adecuado para describir el comportamiento de esta variable.

$$\text{Textura} = + 6.93 * \text{HMG}(\%) + 6.73 * \text{HCG}(\%) + 5.95 * \text{CPA}(\%)$$

Estos resultados coinciden con lo reportado por Büyük et al. (2024), quienes reportaron que la sustitución parcial de harinas y la adición de compuestos funcionales modifican la absorción de agua y la organización de la matriz proteico-amilácea, influyendo directamente en la textura de productos horneados. Los autores resaltan que la aceptación sensorial depende de mantener un equilibrio entre crocancia y suavidad, sin llegar a una dureza excesiva que comprometa la masticabilidad.

En conjunto, aunque las diferencias entre formulaciones no fueron estadísticamente significativas, los resultados sensoriales evidencian que la textura sigue siendo un atributo decisivo para la aceptación del producto final. Su comportamiento podría optimizarse ajustando el equilibrio entre proteínas, almidones y humedad para lograr una textura más agradable al consumidor. Las

figuras 36 y 37 muestran la superficie de respuesta para la textura en las galletas, con valores entre 6.301 y 7.061. Se observa una distribución donde las formulaciones mejor valoradas presentan una textura más aceptable, mientras que las de menor puntuación podrían estar influenciadas por un mayor contenido de cañihua, que podría afectar la estructura del producto.

Figura 36.

Gráfico de contorno para textura de la galleta.

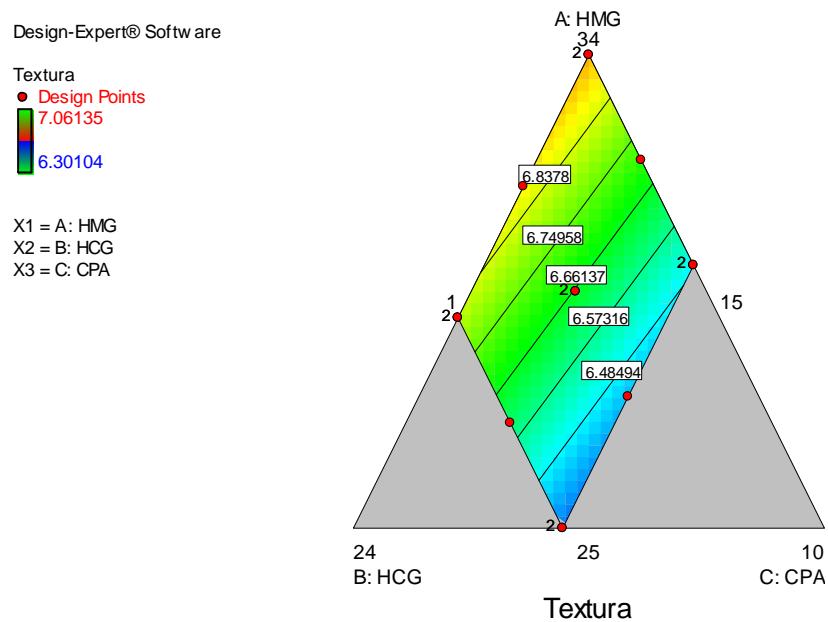


Figura 37.

Gráfico de superficie de respuesta de textura de la galleta.

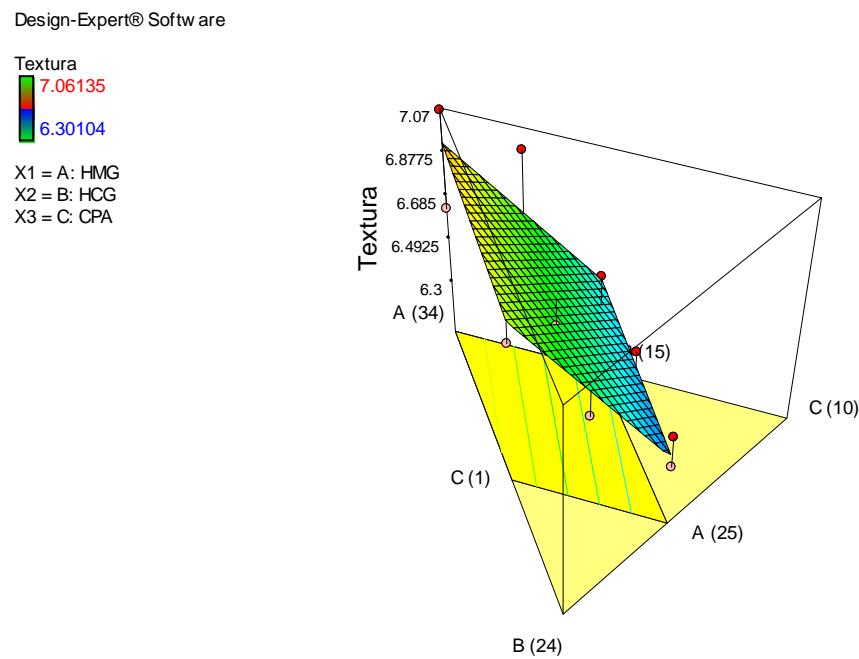


Tabla 15.

Propuesta de formulación óptima para galletas

Solución	Formulación de la masa			Análisis funcional		Deseabilidad	
	HMG (%)	HCG (%)	CPA (%)	AA (μmolesTE/mg)	PT (mg GAE/100g)		
1	34	15	1	590.69	89.90	0.993	Selected
2	30.78	18.22	1	483.61	87.96	0.629	

Nota: **HMG:** Harina de maíz morado germinado, **HCG:** Harina de cañihua germinada, **CPA:** Concentrado proteico de anchoveta, **AA:** Actividad antioxidante, **PT:** Polifenoles totales

La Tabla 15 muestra las soluciones generadas por el software Design Expert para la formulación óptima de galletas, considerando únicamente las variables significativas: actividad antioxidante (AA) y polifenoles totales (PT), ya que las otras variables como proteína, olor, sabor, textura y color no influyeron estadísticamente en el modelo. De las dos soluciones presentadas, la formulación 1 fue seleccionada como óptima al contener 34% de harina de maíz morado germinado, 15% de harina de cañihua germinada y 1% de concentrado proteico de anchoveta, alcanzando los valores más altos de AA (590.69 μmol TE/mg) y PT (89.90 mg GAE/100g), con una deseabilidad de 0.993. Esto demuestra que el incremento en el contenido de harina de maíz morado germinado favorece significativamente la capacidad funcional antioxidante del producto.

4.5. ELABORACIÓN DE LA GALLETA OPTIMA Y EVALUACIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS PROXIMALES Y FUNCIONALES

Se llevó a cabo la elaboración de la galleta óptima basada en la formulación seleccionada a partir del análisis de los datos obtenidos. Posteriormente, se evaluaron sus características proximales y funcionales, incluyendo contenido de humedad, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos, así como su actividad antioxidante y contenido de polifenoles. Estos análisis permitieron determinar el valor nutricional y los beneficios funcionales del producto final, asegurando su calidad y potencial impacto en la salud del consumidor.

Tabla 16.

Composición proximal de la galleta optima

Componentes	Galleta (%)
Humedad	2.72 ± 0.15
Cenizas	3.40 ± 0.25
Grasas	18.52 ± 1.12
Fibra	5.50 ± 0.34
Proteínas	10.07 ± 0.15
Carbohidratos	59.78 ± 2.01

Tabla 17.

Cantidad de Polifenoles Totales y Actividad Antioxidante de la galleta optima

Componentes	Galleta
Polifenoles Totales (mg GAE/100 g p.s.)	84.69 ± 1.78
Actividad Antioxidante (mg TE/100 g p.s.)	544.37 ± 9.29

V. CONCLUSIONES

-]) La germinación modificó la composición proximal: cañihua con más fibra y menos humedad, grasa y proteína; maíz morado con mayor humedad, grasa, proteína y fibra, mejorando su valor nutricional.
-]) Los polifenoles y la actividad antioxidante aumentaron: cañihua +13,83% y +40,07%; maíz morado +10,52% y +61,51%, demostrando la eficacia de la germinación.
-]) La formulación óptima fue: 40% trigo, 34% de harina de maíz morado germinado, 15% de harina de cañihua germinada y 1% concentrado de anchoveta.
-]) La galleta optimizada mostró mayor contenido de polifenoles, actividad antioxidante y proteínas, confirmando un producto funcional y sensorialmente aceptable.

VI. RECOMENDACIONES

- Investigar sobre los parámetros óptimos de germinación del maíz morado INIA 601 con la finalidad de incrementar sus compuestos bioactivos que son beneficiosos para la salud
- Emplear el concentrado proteico en diversos productos de panificación con la finalidad de incrementar su contenido en proteínas
- Determinar el tiempo de vida útil del pan de molde y de la galleta elaborada con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de maíz morado y cañihua germinadas y concentrado proteico de anchoveta,
- No sustituir más del 45% de la harina de trigo por harina de maíz morado germinado, ya que un mayor porcentaje podría conferir un sabor amargo a la galleta.
- Elaborar otros productos con harinas de maíz morado germinadas y concentrado proteico de anchoveta como pastas, extruidos, otros productos de panificación, y evaluar el efecto en el contenido de compuesto bioactivos
- Realizar un estudio de factibilidad económica de la producción a nivel industrial de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de maíz morado, cañihua germinadas y concentrado proteico de anchoveta, con la finalidad de aprovechar las materias primas peruanas y generar alimentos con altos compuestos bioactivos y capacidad antioxidante disponibles para la población de nuestra región.
- Ajustar las condiciones de horneado mediante la reducción moderada de la temperatura y la prolongación del tiempo de cocción, con el fin de minimizar la degradación térmica y favorecer la conservación de los compuestos bioactivos de la galleta.
- Realizar un estudio complementario que permita determinar los parámetros óptimos de temperatura y tiempo de horneado, asegurando así la máxima retención de compuestos fenólicos y la preservación de la calidad sensorial del producto final.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Ortiz, Y. L. (2022). *Optimización del tiempo de horneado y de la formulación utilizando Cushuro (*Nostoc sphaericum*) y harina de coronta de maíz morado (*Zea mays l.*) en galletas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo] <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/19452>
- Alberco, C. (2023). *Elaboración de pan sin gluten utilizando harina de cañihua (*chenopodium pallidicaule*), arroz (*oryza sativa*) y almidón de maíz (*zea mays*)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina] Repositorio La Molina: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5775>
- Almachi Cajas, K. E., & Ríos Guanín, B. S. (2025). *Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecida con espirulina* [Proyecto de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná]. Repositorio Institucional de la UTC. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/1f54c236-03f7-46c6-afb4-c0e398eb2d58>
- Apace D. (2022). *Efecto del germinado en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos del grano del maíz morado (*Zea mays L.*)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional de la UNH. <https://api.repositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1b1b8168-6344-48f3-ba5d-11501fc325c7/content>
- Apolinario Rico, Y. R., & Loa Quispe, B. N. (2025). *Efecto de la adición de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinada y puré de jawinca (*Cucurbita moschata*) en la formulación de tallarines, en su composición fisicoquímica y micronutrientes* [Tesis]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/6e056a3a-ecc7-437b-bae3-e44279b95601>
- Asociación Pesquera para el Consumo Humano (APCH) extraído (30 de mayo del 2023). <https://www.asociacionpesquerach.com/investigaciones/>

- Baltazar R. (2024). Evaluación fisicoquímica y antioxidante de un producto de panificación adicionado con harina de germinados de cebada. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo]. [ATD323.pdf](#)
- Büyük, H., Yildiz, P. O., & Turhan, S. (2024). Investigation of antioxidant and sensory properties of low fat functional cookies substituted with wheat germ flour and coffee silverskin. Journal of the Science of Food and Agriculture, 104(8), 3889–3898. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13013>
- Caballero M. (2020). *Elaboración de una mezcla alimenticia fortificada con hierro a partir de harina de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.), harina de Arracacha (Arracacia xanthorrhiza) y leche en polvo para niños de 1 a 3 años de edad.* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo] Repositorio UCV: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51102>
- Campoverde S., (2020). *Elaboración de galletas artesanales mediante sustitución al 100% de grasa animal por pasta de semillas de zambo (grasa vegetal) (Cucúrbita Ficifolia).* [Proyecto de investigación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18057>
- Casanave Zevallos, M. D. C., & Ruiz Chocano, R. A. (2022). *Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua.* Repositorio UNIFE. <http://repositorio.unife.edu.pe/bitstreams/06da2e07-9724-4fea-8a9f-7294bedcb258/>
- Castillo Martínes W. y Paucar Menacho L. (2021), *Comportamiento reológico de masas de panificación de harina de trigo sustituidas con harina de cañihua y quinua germinadas,* INGnosis, 7(1), 25-33. <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ingnosis/article/view/2102/1951>
- Castillo, W. (2022). *Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante a partir de harina de quinua (chenopodium quinoa) y cañihua (chenopodium pallidicaule) germinados.* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4017>

Ccolque H. & Oblitas M. (2024). *Determinación de la actividad antioxidante del extracto metanólico de la harina del grano y coronta en 3 variedades de maíz (INIA 615 Negro Canaán, INIA 613 Amarillo Oro y INIA 625 Blanco Mayohuayllino) y cuantificación de zinc, para la formulación de un jarabe* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/9961/25_3T20241658_TC.pdf

Cervantes-Valencia, M. E., López-Valdez, N., Rojas-Lemus, M., González-Villalva, A., Morales-Ricardes, G., Bizarro-Nevares, P., Ustarroz-Cano, M., Salgado-Hernández, J. A., Mendoza-Martínez, S., Lamas-Orozco, L. M., & Fortoul, T. I. (2024). Antioxidantes naturales y su efecto contra el estrés oxidante provocado por la contaminación por material particulado. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 67(4), 7–20. <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2024.67.4.02>

Chen, H., Li, X., Wu, Z., & Zhang, J. (2020). Effect of germination on the nutritional and mineral content of rice. *Food Chemistry*, 312, 126090. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126090>

Chonlon Escudero, H., & Dávila Hurtado, F. J. (2024). *Preparación de harina de cañihua* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio USIL. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/0d7da98c-fd45-480ca28c-7060b80f23ed>

Collantes G., R. D., Pittí C., J. E., Jerkovic., M., & Atencio V., R. (2021). Frutas con potencial como alimentos funcionales en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Semilla Del Este*, 2(1), 1–11. Recuperado a partir de https://revistas.up.ac.pa/index.php/semita_este/article/view/2460

Córdova Vega A., Castillo Puente D. y Reyes Ramón M., (2022), *Estudio de la adición de harina de maíz morado en galletas libres de gluten*, [Tesis de grado, Universidad San francisco de Quito] Repositorio USIF: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/11718>

Evangelista, GC y Schönlechner, R. (2025). Potencial del arroz pigmentado en pan, productos de panadería y botanas: Una revisión narrativa de los avances tecnológicos y nutricionales actuales. Ciencias Aplicadas , 15 (12), 6698. <https://doi.org/10.3390/app15126698>

Falcón Cárdenas, D. C. (2025). *Evaluación de la aceptabilidad y contenido proteico del pan de centeno (*Secale cereale*) complementado con harina de anchoveta (*Engraulis ringens*)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/10601>

FEN. (2020). *FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE LA NUTRICIÓN*. Obtenido de <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/harina.pdf>

Fernández & Mendoza, J. (2020). *Actividad antiinflamatoria del extracto hidroalcohólico de las semillas germinadas de cinco variedades de Chenopodium quinoa Willd. "quinua". Ayacucho 2020.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UN SCH/4659>

Fernández Valerio, I. T., & Laureano Eguren, L. G. (2022). *Efecto de tres bioestimulantes en la producción de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.) en condiciones de Huariaca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional de la UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2981>

García Núñez, I. M. (2023). *Desarrollo de un proceso de germinación y fermentación del maíz para la obtención de una bebida probiótica con alto contenido proteico* [Tesis]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/25546/1/1080328893.pdf>

Guillén-Sánchez, Jhoseline, Mori-Arismendi, Sigry, & Paucar-Menacho, Luz María. (2020). *Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. *subnigroviolaceo*.* *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>

Hoyos, A.; Narro-León, L.A.; Chávez-Cabrera, A. 2020. *Cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina*. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 291-299.

<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>

Huanca Quiroz, E. (2025). Determinación de la huella hídrica azul en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en condiciones de CIP-Illpa, Puno. *Revista de Ciencias Agrarias*, 10(1), 5-12. <https://doi.org/10.53719/rca.2025.874>

Huatuco Lozano, M. (2021). *Efecto de una formulación de pellets a base de cultivos andinos (arracacha, achira, mashua, oca, cañihua y tarwi) en un modelo murino*. *Revista Tayacaja*, 4(1), 156–167. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.161>

Huatuco Lozano, M., Achulla Parco, B., & Flores Alarcón, J. E. (2020). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de granadilla (*Passiflora ligularis*) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces*. *Revista Tayacaja*, 3(2). ISSN: 2617-9156.

Jiang, Y., Zhang, L., & Gao, X. (2021). Changes in dietary fiber composition and enzyme activities during barley germination. *Food Chemistry*, 341, 128260. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128260>

Klupczyńska, E. A., & Pawłowski, T. A. (2021). Regulation of seed dormancy and germination mechanisms in a changing environment. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1357. <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/3/1357>

Layme C. (2019). *Formulación y evaluación de galletas a base de cañihua (*chenopodium pallidicaule aellen*) enriquecida con hierro dirigida a niños en edad escolar*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Juliaca] Repositorio UNAJ: <http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/77>

- León Méndez, G., Mercado Pérez, R. A., Lombana Del Río, J., Herrera De La Barrera, J., & Granados Conde, C. (2024). Desarrollo de galletas funcionales utilizando lactosuero: innovación en productos alimenticios. *EIEIACOFI*. <https://doi.org/10.26507/paper.4143>
- Man, SM, Stan, L., Pucean, A., Chi, MS, Murean, V., Socaci, SA, Pop, A. y Muste, S. (2021). Propiedades nutricionales, sensoriales, de textura y perfil de compuestos volátiles de galletas con harina de linaza tostada que sustituye parcialmente la harina de trigo. *Applied Sciences*, 11 (11), 4791. <https://doi.org/10.3390/app11114791>
- Martinik, C. A. (2021). *Contenido de azúcar en productos alimentarios alegados por el fabricante como saludables* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata]. SEDICI. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/128796>
- Méndez D. (2019), *Análisis del control de calidad de materias primas, en la industria GISA*. [Informe Técnico, Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez]. Repositorio TUXLTA: <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/3373>
- Morales V. y Muñoz A. (2020). *Efecto de la adición de harina de maíz morado y ácido ascórbico en las características tecnológicas de panetones*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa] Repositorio UNS: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3560>
- Morán Lozano, N. S., Zavala Baque, D. L., Intriago Terán, A. B., Ávila Parrales, R. A., Guerrero Alcívar, H. A., Tuárez Bravo, H. M., Pinargote Bravo, B. J., & Pilay Robles, N. A. (2025). *Metodología de la investigación científica: diseño de investigaciones cuantitativas*. Editorial Internacional Alema. <https://editorialalema.org/libros/index.php/alema/article/view/45>
- Moreno, M., 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 grado, Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión] Repositorio UNJFSC: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5248>

Narváez Montoya, C. V. (2025). *Evaluación de la calidad y digestibilidad proteica de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.)* [Tesis de licenciatura, Universidad Le Cordon Bleu]. Repositorio Institucional de la ULCB. <https://repositorio.ulcb.edu.pe/handle/20.500.14546/1252>

Oceana (30 de mayo del 2023). <https://peru.oceana.org/blog/el-abc-de-la-anchoveta/>

Oliveira, I., Sequeira, D., & Silva, C. (2019). The effect of germination on polyphenol content in cereals and legumes. Food Chemistry, 278, 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.107>

Orbegozo M. y Villareal G. (2023). *Contenido de polifenoles y fibra dietética en galletas obtenidas a partir de harina de cáscara de mango (*Manguifera indica* L.)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4367>

Orozco, J., & Restrepo, A. (2020). Effects of germination on fiber and phenolic compounds in cereals and legumes. Food Research International, 132, 109043. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109043>

Oprea, OB, Sannan, S., Tolstorebrov, I., Claussen, IC y Gaceu, L. (2024). Efectos del hidrolizado de proteína de pescado en las características nutricionales, reológicas, sensoriales y texturales del pan. Foods , 13 (5), 698. <https://doi.org/10.3390/foods13050698>

Quilca, P. (2020). *Elaboración de harina de chocho para enriquecer harina de trigo.* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21469/1/T-UCE-0017-IQU-093.pdf>

Rabanal-Atalaya, M. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.). *Revista ...* (o nombre de la revista). Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792021000100201&script=sci_arttext

Rabanal-Atalaya, M., (2021). *Análisis de Antocianinas en el maíz morado (Zea mays L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes*. REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>

Rios Gonzales, B. A. (2021). *Variabilidad del perfil polifenólico y nutricional de Zea mays L. (maíz morado) proveniente de dos zonas geográficas de la región Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a4899bc8-1e59-4284-a9cb-48ab69a33c43/content>

Rivasplata Paz, A. L. V. del C. (2023). *Comercialización de granos andinos a granel en el distrito de San Borja* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/668418>

Rodríguez Rodríguez, M. del C. (2020). *Evaluación de la calidad de la pasta alimenticia elaborada con harina de maíz morado (Zea mays L.) y harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule)* [Tesis de licenciatura, Universidad de Córdoba]. Repositorio Helvia. <https://helvia.uco.es/handle/10396/25349>

Sandoval M. (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 grado, Universidad Nacional del Santa] Repositorio UNS: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3697>

Santos Vilchez, L. P. (2024). *Defoliación en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) y su efecto en el rendimiento y contenido de antocianina, Cutervo – Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional de la UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/13561>

Sasnalema Ortiz, J. M. (2023). *Elaboración de galletas laminadas incorporando harina de quinua en la formulación básica* [Tesis]. ESPOL.

<https://dspace.esepoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/4a3b007c-56d3-4998-b759-e378c6c2f24a/content>

Sharma, N., Rajput, M., & Arora, A. (2020). Changes in nutritional and functional properties of wheat (*Triticum aestivum L.*) during germination. *Food Science & Nutrition*, 8(6), 3151–3160. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1637>

Símpalo López W., (2022) *Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante a partir de harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinados.* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Santa] Repositorio UNS: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4100>.

Suárez, S. (2021). *Obtención de compuestos bioactivos a partir de subproductos agroalimentarios: extracción, caracterización química y evaluación de su actividad frente a alzheimer.* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/700979>

Valenzuela Vera, A. B. (2024). *Integración de tecnologías y técnicas de mejora genética en el cultivo del maíz* [Examen complexivo, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio Institucional de la UTB. <https://dspace.utb.edu.ec/items/ef86aa6d-d112-4eea-99bf-41e891bbaee5>

Vásquez V. (2021). *Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y residuos de naranja (*Citrus sinensis*) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces.* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego] Repositorio UPAO: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7698>

Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Yucra Quispe, J. J. (2024). *Comparativo de variedades de trigo harinero de alto rendimiento (*Triticum aestivum L.*). Canaán 2735 msnm – Ayacucho*

[Tesis]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/77e41b23-aff0-4934-a666-2bbe7e3b3214>

Zapata, E. (2019). gob.mx. Obtenido de
<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/trigo>

Zegarra, Saby, Muñoz, Ana María, & Ramos-Escudero, Fernando. (2020). *Elaboration of a gluten-free bread based on cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) flour and sensory acceptability evaluation. Revista chilena de nutrición*, 46(5), 561-570. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>

Zhang, Y., Zhao, H., & Tang, Y. (2021). Germination effects on starch and sugar composition in cereal grains. *Journal of Food Science*, 86(9), 3353–3361.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.16023>

Zhao, X., Zhang, Y., & Li, Q. (2021). Changes in antioxidant capacity and polyphenolic content during germination of different seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(7), 2123–2130.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07797>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Determinación de % humedad

La humedad en un alimento puede llevarse a cabo mediante varios enfoques, como la desecación, la liofilización o el uso de una balanza de infrarrojos. Sin embargo, el método más ampliamente utilizado es el que se detalla en el procedimiento número 964.22 establecido por la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC) en 1990.

Procedimiento

Para determinar la humedad en una muestra, se toman aproximadamente 10 gramos de la muestra y se colocan en una placa de Petri. Luego, se pesa la muestra con precisión y se coloca en una estufa de aire forzado a una temperatura de 110°C. La muestra se deseca en la estufa hasta que su peso no varíe, lo cual generalmente se logra después de unas 16 horas de desecación. La pérdida de peso durante este proceso se considera como el contenido de humedad, mientras que el residuo que queda después de la desecación se denomina materia seca, los resultados obtenidos se expresan como un porcentaje utilizando la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{(m - m_1)}{m} * 100$$

Anexo 2. Determinación de cenizas

Se utiliza el método y procedimiento 923.03 de acuerdo con las directrices de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC) de 1990. Este método se fundamenta en la quema total de la materia orgánica de la muestra en un horno mufla a una temperatura de 525°C, resultando en la preservación exclusiva del residuo de materia inorgánica.

Procedimiento

Se coloca 1 g de harina o muestra seca en un crisol de porcelana, o una cantidad de muestra de hasta 5 g si el alimento tiene un alto contenido de agua. Luego, se coloca el crisol en una placa calefactora para iniciar la combustión de la materia orgánica presente. Una vez que la muestra ha reducido su volumen, se introduce en un horno mufla y se somete a una temperatura de 525°C hasta que las cenizas resultantes sean completamente blancas, sin rastro de materia orgánica. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{(m_2 - m_1)}{m} * 100$$

Anexo 3. Determinación de proteína (Método Dumas)

El método de combustión de Dumas es una técnica completa que se utilizada para determinar el contenido total de nitrógeno en muestras, generalmente de origen orgánico. La muestra se somete a una combustión a alta temperatura en una atmósfera rica en oxígeno. A lo largo de un sistema de tubos de oxidación y reducción, el nitrógeno presente se transforma completamente en gas N₂. Los demás compuestos volátiles generados durante la combustión son eliminados o separados. Finalmente, un detector de conductividad térmica se encarga de medir el nitrógeno gaseoso. Los resultados se expresan como un porcentaje o en miligramos de nitrógeno, y pueden convertirse en contenido proteico usando factores de conversión de.

Anexo 4. Determinación de fibra

Preparación de Reactivos

-]/ Se preparan soluciones de buffer fosfato (0.08M, pH 6.0), ácido clorhídrico (0.325N) y hidróxido de sodio (0.325N)

con medidas exactas de reactivos y aforados a sus respectivos volúmenes.

Secado del Celite

-) Pesar los crisoles
-) Agregar 0.5 gr de celite (anotar peso)
-) Colocar crisoles por 3 horas a 130 °C
-) Pesar crisoles + celite

Proceso de Digestión Enzimática

-) Se añade proteasa a cada frasco.
-) Se ajusta el pH entre 4 y 4.6 con HCl 0.325N.
-) Se enfría con agua destilada y se mide nuevamente el pH.

Determinación de Fibra total

-) Se coloca la muestra en estufa a 105°C durante 12 horas.
-) Luego, se enfría en campana.
-) Se determina el contenido de cenizas.

$$\%F = \frac{R - P - B}{M} * 100$$

Donde:

R: Peso de residuos

P: Peso de proteínas

C: Peso de cenizas

B: Peso de blanco (0)

M: Peso de muestra inicial

Anexo 5. Determinación de Grasas

El contenido de grasa de un alimento se determina mediante el procedimiento 920.39C descrito por la AOAC (1990), utilizando un extractor tipo Soxhlet de Tecator.

Reactivos y Materiales

- J Balanza de precisión
- J Desecador
- J Estufa de desecación
- J Vasos de aluminio
- J Cartuchos de celulosa
- J Éter etílico con D₂₀ = 0.71.

Procedimiento

Se pesó 1 g de muestra previamente desecada (se puede emplear la muestra utilizada en la determinación de humedad) en el interior de cartuchos de celulosa, los cuales se colocaron en el extractor de grasa junto con el anillo metálico correspondiente. La pesada se realizó en una balanza analítica con precisión de 0.0001 mg. Durante la manipulación de los cartuchos se emplearon guantes o pinzas, con el fin de evitar la contaminación y alteración de los resultados.

Posteriormente, se pesaron vasos de aluminio vacíos y previamente desecados, registrando su masa en la misma balanza de precisión. Los vasos fueron transportados en un desecador para prevenir la absorción de humedad ambiental. A continuación, se colocaron en el extractor de grasa, asegurando un cierre hermético del sistema.

A cada muestra se le adicionaron 50 mL de éter etílico y se inició el programa de extracción, activando simultáneamente el sistema de refrigeración.

El proceso tuvo una duración aproximada de 2 horas, durante las cuales el solvente, calentado a 80 °C, circuló repetidamente a través de la muestra, disolviendo los lípidos presentes. El éter con la grasa disuelta se condensó y depositó en el vaso de aluminio, donde el solvente se evaporó y fue recuperado por el serpentín de refrigeración. Finalmente, la grasa extraída quedó retenida en el vaso de aluminio para su posterior determinación gravimétrica.

Transcurrido el tiempo de extracción sacar los vasos del equipo e introducir en la estufa de desecación durante al menos 2 horas para eliminar los residuos de éter.

Dejar enfriar los vasos en el desecador y pesar en la balanza de precisión.

El porcentaje de grasa bruta se calcula según la siguiente formula:

$$G = \frac{P_2 - P_1}{P} * 100$$

Anexo 6. Determinación de capacidad antioxidante (DPPH)

Preparación de Reactivos

Solución DPPH 1mM

-]) Se agrega 0.02 g de DPPH, se disuelve y luego se afora con 50 ml de Metanol
-]) Diluir con metanol hasta llegar a una absorbancia cercana a 0.8 a 515 nm

Solución Madre de Trolox 1mM

-]) Se agrega 0.0125 g de Trolox, se disuelve y luego se afora con 50 ml de Metanol

Curva de Calibrado

Preparamos las diferentes concentraciones en tubos de ensayo

Concentración Trolox (μ M)	Volumen de solución madre de Trolox 1mM (ml)	Volúmenes de Metanol (ml)
500	1	1
400	1	1.5
200	1	4
100	0.5	4.5
50	1 ml de 100 μ M	1
25	1 ml de 50 μ M	1
10	0.5 ml de 100 μ M	4.5
5	1 ml de 10 μ M	1

Preparación de muestras

-) Preparación de soluciones para extracción de muestras solidas (Harina o pulpa)
-) Metanol / Agua – 50/50 v/v
-) Se mezclan 50 ml Metanol con 50 ml de Agua destilada; se acidifica a pH 2 con HCl 2N
-) Acetona / Agua – 70/30 v/v
-) Se mezclan 70 ml de acetona con 30 ml de agua destilada

Extracción de muestras solidas (cubrir con papel aluminio cada muestra)

-) 1 g de muestra se mezclan con 20 ml de solución metanol/agua a pH 2
-) Baño Ultrasónico por 30 minutos
-) Centrifugar a 5000 RPM por 20 minutos
-) Se separa el sobrenadante (A) y al residuo se agrega 20ml de solución acetona/agua
-) Baño ultrasónico por 30 minutos
-) centrifugar a 5000 RPM por 20 minutos
-) Separar Sobrenadante (B)
-) Combinar los sobrenadantes A y B y utilizar las muestras para lecturar.

Procedimiento (En micro placa)

-) Absorbancia inicial (Ao): Agregamos DPPH + Metanol absoluto ajustando a una absorbancia cercana a 0.8
-) Curva de calibrado (STD): Agregamos por triplicado 10 μ L de cada concentración de tabla 1 y 190 μ L de DPPH ajustado. (Am)
-) Blanco (BLK): Agregamos 200 μ L de metanol absoluto directo a las microplacas sin tiempo de incubación.
-) Muestra (SPL): Agregamos 10 μ L de muestra a analizar con 190 μ L de DPPH Ajustado. (Am)

- Aplicar fórmula para determinar %DPPH reducido en curva de calibrado y muestras.

$$\% D_{reducción} = \frac{A_0 - A_m}{A_0} * 100 \quad (Luz \text{ a } 515 \text{ nm})$$

*Siendo A0 la absorbancia del DPPH y Am la absorbancia de la muestra

Anexo 7. Determinación de Polifenoles Totales

Preparación de Reactivos

- Acido gálico (450 µg/ml): Se mezclan 0.0225 g de Ac. Gálico con agua destilado hacia aforar 50 ml.
- Carbonato de Sodio al 20%: Se mezclan 2g de Na2CO3 con agua destilada hasta completar los 1° ml y sonificar por 5 min.
- FOLIN – CIOCALTEU 2N: Se afora 5 ml de F – C con agua destilada hasta aforar a 10 ml.

Preparación de curva de calibrado

En el porta-eppendorf colocar 6 tubos (eppendorf) y agregar a cada tubo lo siguiente

Figura 38.

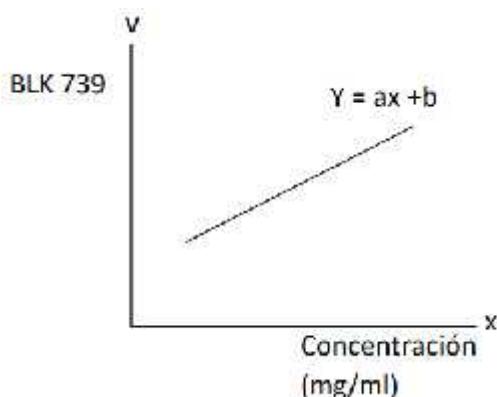
Preparación de la curva de Calibrado

	7.2 μg/ml	14.4 μg/ml	21.6 μg/ml	28.8 μg/ml	36 μg/ml	BLK
A.G.	20 μL	40 μL	60 μL	80 μL	100 μL	
F - C	100 μL de F – C a todos					
	... Reposar 5 minutos ...					
Na ₂ CO ₃			50 μL de Na ₂ CO ₃ a todos			
Agua destilada	1080 μL	1060 μL	1040 μL	1020 μL	1000 μL	1100 μL
	... Reposar 2 horas ...					
De cada tubo agregar a la microplaca 200 μL y lecturar a 739 nm						

Restar el valor medio de la absorbancia del blanco a la absorbancia de los patrones de ácido gálico, esto es BLK 739

Figura 39.

Curva de calibración



Preparación de muestras

Preparación de soluciones para extracción de muestras sólidas (Harina)

-]) Metanol/Agua – 50/50 v/v: Mezclar 25 ml de Metanol y 25 ml de Agua destilada; acidificar a pH 2 con HCl 2N
-]) Acetona/AGUA – 70/30 v/v: Mezclar 35 ml Acetona con 15 ml de Agua destilada (solo para soluciones grasas)

Extracción de muestras sólidas

-]) Mezclar 5 g de muestra con 10 ml de solución de metanol/agua a pH 2
-]) Baño ultrasónico por 30 minutos
-]) Centrifugar a 4500 RPM por 30 min
-]) Separar sobrenadante (A), para la muestra no grasa determinar polifenoles totales; Sí la muestra fuera grasa, continuar lo siguiente.
-]) Al residuo agregar 20 ml de solución acetona/agua
-]) Baño ultrasónico por 30 minutos
-]) Centrifugar a 4500 RPM por 30 minutos
-]) Separar Sobrenadante (B)
-]) Para muestras grasas combinar los sobrenadantes A y B y realizar la determinación de polifenoles totales.

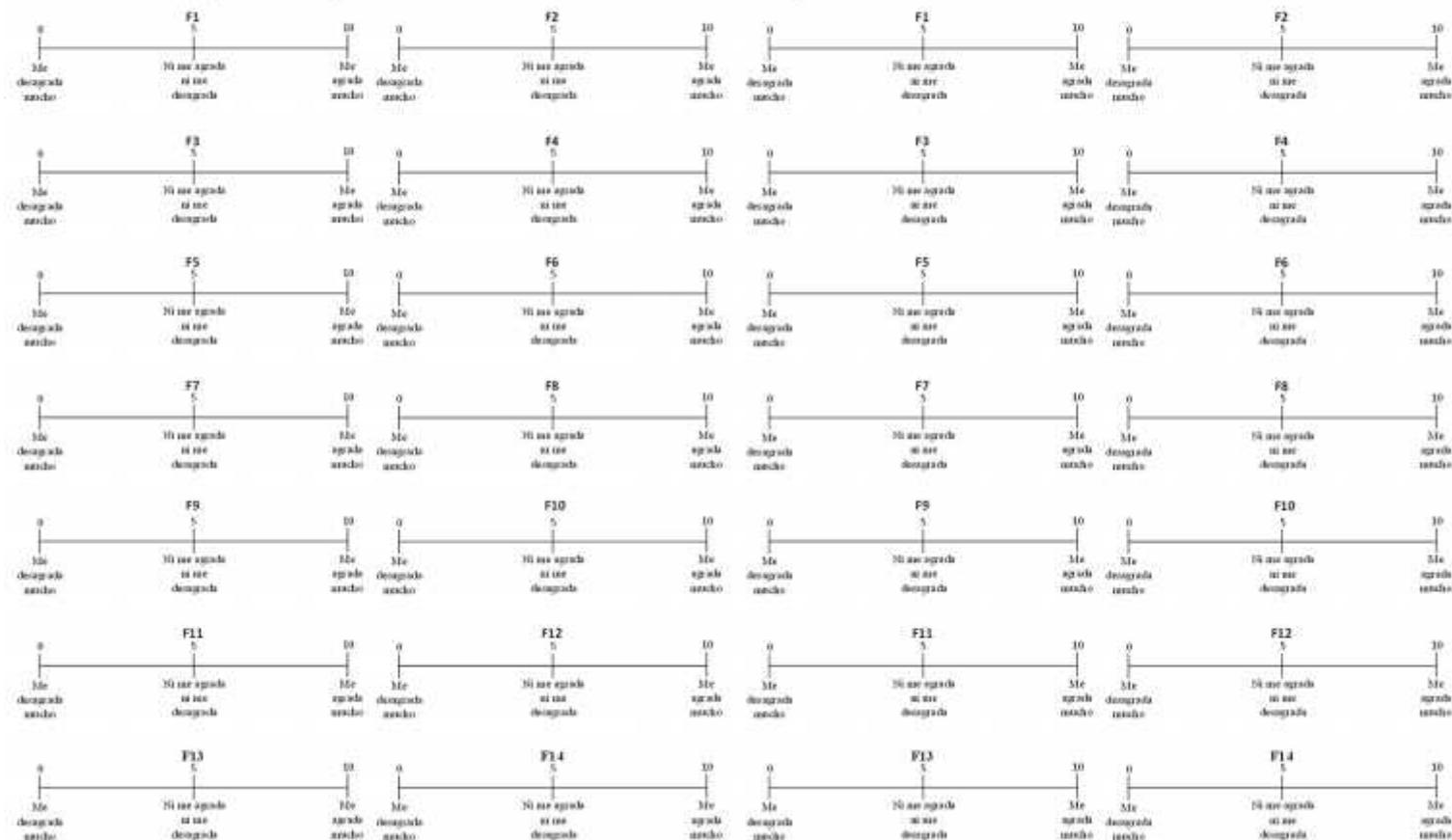
Preparación de muestras para lecturar

-) Según la concentración de polifenoles de la muestra
 DILUIR
-) Ejemplo: FD = 10, 1 ml muestra extraída + 9 ml agua destilada
-) 800 µL muestra diluida + 100 µL de F-C
-) Reposar 5 minutos
-) Agregar 50 µL de Na₂CO₃ y 300 µL de agua destilada
-) Reposar 2 horas
-) 200 µL de la preparada en micro placa
-) leer absorbancia a 739 nm.

Anexo 8. Ficha de evaluación Sensorial (olor y color)

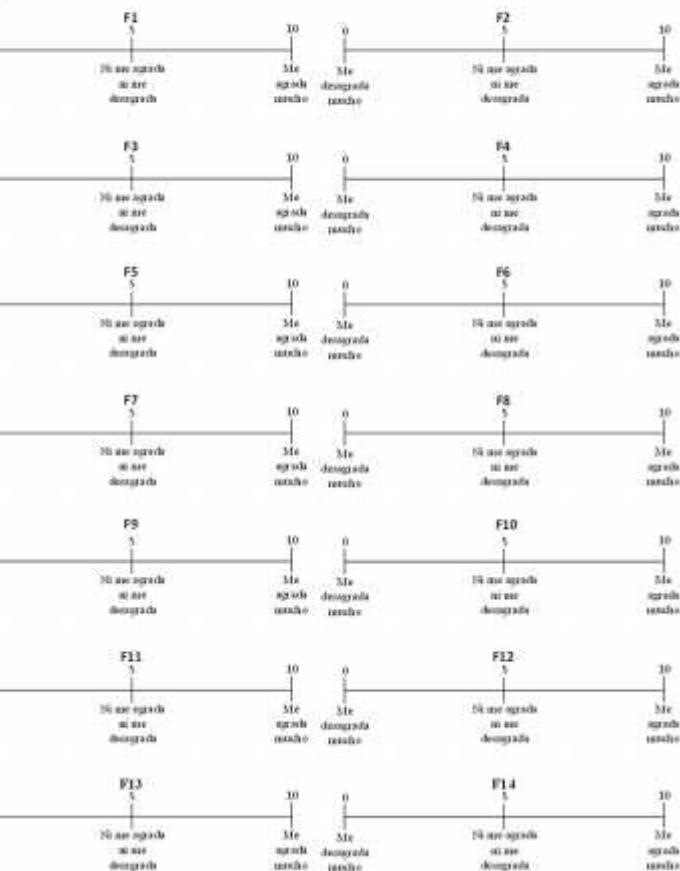
Evaluación sensorial (OLOR)

Instrucciones: Por favor observe y deguste la galleta elaborada con harinas de maíz morado, cañihua germinadas y CPA que se presenta y puntué de acuerdo a su apreciación de aceptabilidad.



Evaluación sensorial (COLOR)

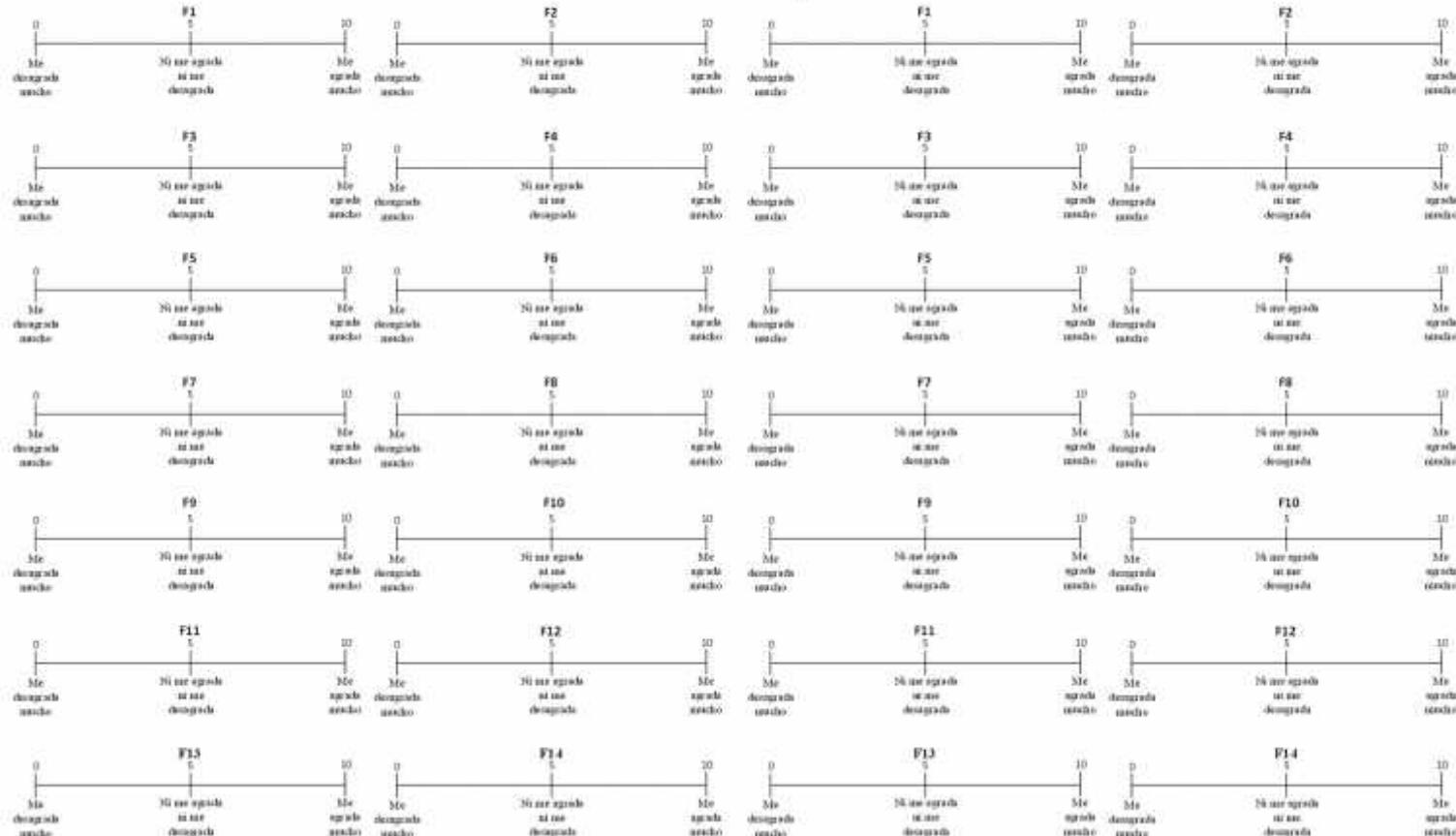
Instrucciones: Por favor observe y deguste la galleta elaborada con harinas de maíz morado, cañihua germinadas y CPA que se presenta y puntué de acuerdo a su apreciación de aceptabilidad.



Anexo 9. Ficha de evaluación Sensorial (sabor y textura)

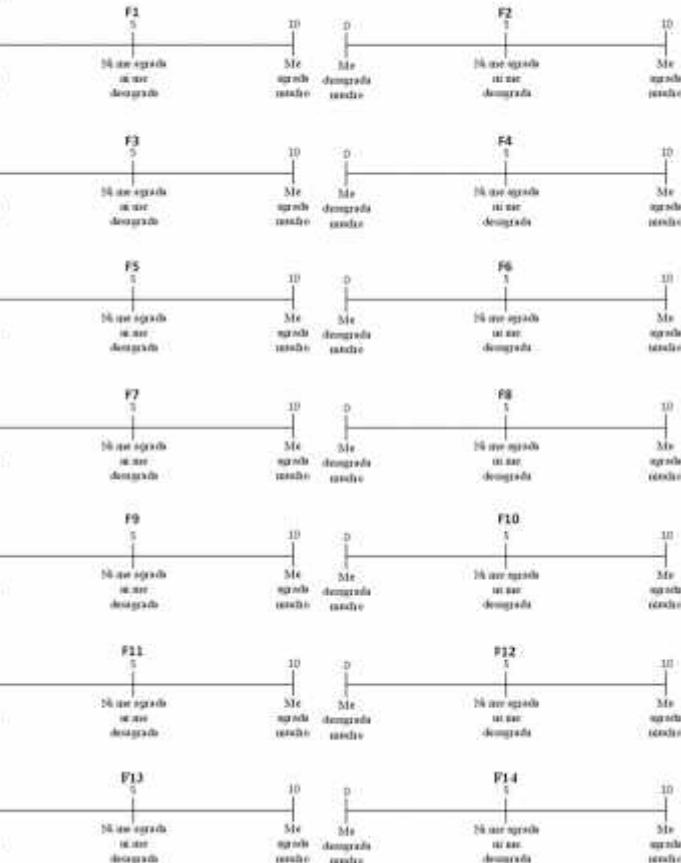
Evaluación sensorial (SABOR)

Instrucciones: Por favor observe y deguste la galleta elaborada con harinas de maíz morado, cañihua germinadas y CPA que se presenta y puntué de acuerdo a su apreciación de aceptabilidad.



Evaluación sensorial (TEXTURA)

Instrucciones: Por favor observe y deguste la galleta elaborada con harinas de maíz morado, cañihua germinadas y CPA que se presenta y puntué de acuerdo a su apreciación de aceptabilidad.



Anexo 10. Cañihua germinada



Anexo 11. Maíz Morado Germinado



Anexo 12. Elaboración de las galletas, según el método experimental



Anexo 13. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para la Actividad Antioxidante de la galleta

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value Prob > F	R-Squared	Adjusted R-Squared
Linear	3287.19	6	547.86	22.50	0.0018	0.9320	0.9196
Quadratic	401.55	3	133.85	5.50	0.0485	0.9896	0.9830
Special Cubic	255.08	2	127.54	5.24	0.0593	0.9925	0.9860
Cubic	82.67	1	82.67	3.40	0.1247	0.9959	0.9912
Pure Error	121.75	5	24.35			0.9320	0.9196

Anexo 14. Coeficiente de modelo matemático para la Actividad Antioxidante de galletas.

Component	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	df		Low	High	
A-HMG	590.692126	1	5.3671852	578.315375	603.068877	2.09862298
B-HCG	373.338035	1	31.7214626	300.188212	446.487858	28.4873219
C-CPA	458.505833	1	59.0909498	322.24186	594.769807	63.2655271
AB	-128.282277	1	65.0053109	-278.184791	21.6202375	14.3384615
AC	-171.701347	1	101.570798	-405.924026	62.5213316	30.625
BC	-27.9143649	1	112.812194	-288.059749	232.231019	31.1365385

Anexo 15. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para Polifenoles totales

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value Prob > F	R-Squared	Adjusted R-Squared
Linear	32.90	6	5.48	6.39	0.0300	0.9669	0.9609
Quadratic	22.57	3	7.52	8.76	0.0196	0.9761	0.9611
Special Cubic	10.43	2	5.22	6.08	0.0459	0.9869	0.9756
Cubic	0.99	1	0.99	1.16	0.3313	0.9953	0.9898
Pure Error	4.29	5	0.86			0.9669	0.9609

Anexo 16. Coeficiente de modelo matemático para los Polifenoles Totales de galletas.

Component	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF	
	Estimate	df		Low	High		
A-HMG	89.9025372		1	1.01497937	87.5024924	92.302582	2.33398884
B-HCG	57.2505294		1	7.54946062	39.398892	75.1021667	50.1787854
C-CPA	27.8725531		1	13.0249915	-2.92665718	58.6717633	95.5923563
AB	42.3375154		1	16.4473892	3.44562073	81.22941	28.5457786
AC	46.9911856		1	23.283207	-8.06484929	102.04722	50.0457317
BC	77.0476997		1	33.0277275	-1.05046449	155.145864	82.9962946
ABC	-125.413432		1	52.2149146	-248.882084	-1.94478109	4.9695122

Anexo 17. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para Proteínas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value	R-Squared	Adjusted R-Squared
					Prob > F		
Linear	0.027	6	4.564	0.17	0.9725	0.9783	0.9743
Quadratic	8.987	3	2.996	0.11	0.9480	0.9808	0.9688
Special							
Cubic	8.371	2	4.185	0.16	0.8568	0.9809	0.9645
Cubic	1.805	1	1.805	6.877	0.9371	0.9820	0.9610
Pure Error	0.13	5	0.026			0.9783	0.9743

Anexo 18. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para Olor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value	R-Squared	Adjusted R-Squared
					Prob > F		
Linear	0.19	6	0.032	0.24	0.9437	0.6995	0.6448
Quadratic	0.15	3	0.049	0.37	0.7756	0.7145	0.5361
Special							
Cubic	0.15	2	0.073	0.56	0.6031	0.7147	0.4701
Cubic	0.12	1	0.12	0.91	0.3844	0.7246	0.4033
Pure Error	0.66	5	0.13			0.6995	0.6448

Anexo 19. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para color

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value Prob > F	R-Squared	Adjusted R-Squared
Linear	0.28	6	0.046	0.32	0.8989	0.2903	0.1613
Quadratic	0.074	3	0.025	0.17	0.9107	0.4360	0.0835
Special	0.026	2	0.013	0.092	0.9139	0.4701	0.0159
Cubic							
Cubic	0.020	1	0.020	0.14	0.7235	0.4745	-0.1385
Pure Error	0.72	5	0.14			0.2903	0.1613

Anexo 20. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para sabor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value Prob > F	R-Squared	Adjusted R-Squared
Linear	0.78	6	0.13	0.39	0.8574	0.6881	0.6313
Quadratic	0.18	3	0.060	0.18	0.9052	0.7648	0.6178
Special	0.10	2	0.051	0.15	0.8613	0.7747	0.5817
Cubic							
Cubic	3.014	1	3.014	9.086	0.9278	0.7874	0.5394
Pure Error	1.66	5	0.33				

Anexo 21. Análisis ANOVA del Modelo de Regresión para textura

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value Prob > F	R-Squared	Adjusted R-Squared
Linear	0.13	6	0.022	0.68	0.6789	0.6317	0.5647
Quadratic	0.12	3	0.041	1.27	0.3789	0.6415	0.4174
Special	0.079	2	0.039	1.23	0.3681	0.6967	0.4367
Cubic							
Cubic	0.027	1	0.027	0.86	0.3974	0.7618	0.4840
Pure Error	0.16	5	0.032				