

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de pan de molde
con harina de cushuro (*nostoc sphaericum*) y de quinua (*chenopodium
quinoa*)**

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

Autor:

**Bach. Gonzáles Guzmán, Freysi Ysamar
Código ORCID: 0009-0000-2646-7280**

Asesor:

**Dr. Moreno Rojo, César
DNI: 32907242
Código ORCID: 0000-0002-7143-4450**

Nuevo Chimbote – PERÚ

2026

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



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Yo, **Dr. Moreno Rojo, César**, certifico mi asesoramiento de la tesis titulada: “**Características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de pan de molde con harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y de quinua (*Chenopodium quinoa*)**”, 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 a la denominación siguiente:

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autores:
Bach, Gonzáles Guzmán, Freysi Ysamar

Dr. César Moreno Rojo
Asesor

DNI: 32907242

Código ORCID:0000-0002-7143-4450

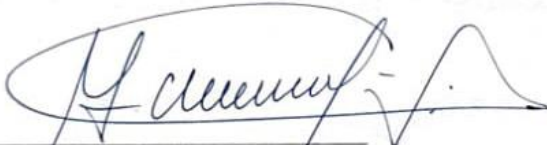
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: "CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE PAN DE MOLDE CON HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) Y DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*)", para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por la bachiller: **Freysi Ysamar Gonzáles Guzmán**, que tiene como asesor al **Dr. César Moreno Rojo** designado mediante la resolución decanal N°561-2022-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 10 de junio del 2026, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N°148-2026-UNS-CFI.

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:


Ms. Juan Carlos Vásquez Guzmán
DNI:40787083
Cód: ORCID:0000-0002-7112-4006
Presidente


Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo
DNI:33261142
Cód: ORCID: 0009-0008-9888-6095
Secretario


Dr. César Moreno Rojo
DNI:32907242
Cód: ORCID: 0000-0002-7143-4450
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las diez y media horas del día diez de junio del año dos mil veintiséis, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso; el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 148-2026-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Ms. Juan Vásquez Guzmán** **Presidente**
- **Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo** **Secretario**
- **Dr. César Moreno Rojo** **Integrante,**

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **“CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE PAN DE MOLDE CON HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) Y DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*)”**, elaborado por la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial:

GONZÁLES GUZMÁN FREYSI YSAMAR

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

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

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
GONZÁLES GUZMÁN FREYSI YSAMAR	19	APROBADO

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

Nuevo Chimbote, 10 de junio del 2026



Ms. Juan Vásquez Guzmán
Presidente



Ms. José Joaquín Álvarez Carrillo
Secretario



Dr. César Moreno Rojo
Integrante

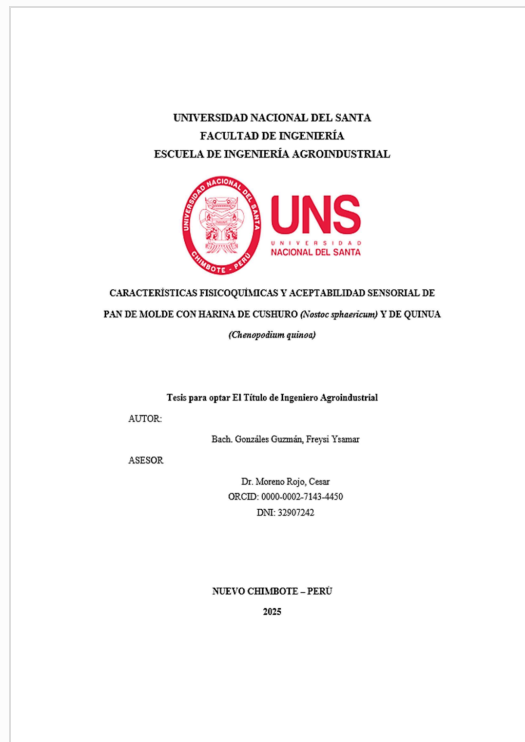


Recibo digital

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: Freysi GONZALES GUZMAN
Título del ejercicio: INFORME FINAL FREYSI
Título de la entrega: INFORME FINAL FREYSI
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_-_FREYSI_GONZALES_GUZMAN._FINAL_14-...
Tamaño del archivo: 636.06K
Total páginas: 91
Total de palabras: 18,666
Total de caracteres: 103,521
Fecha de entrega: 14-may-2026 01:16p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2961291033



INFORME FINAL FREYSI

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unaj.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	usermanual.wiki Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unat.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A Dios por guiarme e iluminar mi camino, por su apoyo para superar obstáculos transformándolos en enseñanzas y por darme la fortaleza para lograr mis sueños.

A mi madre Alana Rosa Guzmán Zúñiga por todo el esfuerzo, sacrificio, el amor y el apoyo incondicional en cada momento de mi vida y a mi padre Luis Gonzales Estrada por su amor, cariño y apoyo que siempre me ha brindado.

A mis hermanos Darwin y Caleb, por su constante confianza, apoyo y por creer en mí y en mis sueños.

A la memoria de mi papá Isidro Guzmán Corcuera, por todo el amor que me ha dado y su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, por hacer de mí una persona digna de respetar y honrar a mi familia.

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y brindarme sabiduría para realizar esta tesis. Gracias por guiarme en cada paso para poder seguir adelante y cumplir con mis objetivos.

Agradezco a mis padres, que son mi inspiración para salir adelante, por sus consejos y palabras de aliento en cada etapa de mi vida.

A la Universidad Nacional del Santa, por permitirme convertirme en una profesional en lo que tanto me apasiona y todas las personas que colaboraron y contribuyeron en la realización de la presente tesis, a todos los docentes y técnicos que me apoyaron en los distintos laboratorios de investigación, por brindarme su apoyo, disposición de tiempo y enseñanza para la realización de esta investigación.

A mi asesor, Dr. César Moreno Rojo por su apoyo y guía constante en cada etapa de esta tesis, cuya disposición, sugerencias y ayuda fueron fundamentales.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Cushuro (<i>Nostoc sphaericum</i>)	16
1.1.1. Definición.....	16
1.1.2. Clasificación taxonómica	17
1.1.3. Composición del cushuro	17
1.1.4. Contenido de aminoácidos de cushuro.....	20
1.1.5. Poder nutritivo.....	21
1.1.6. Usos Alimentarios	21
2.2 Quinoa (<i>Chenopodium quinoa willd</i>).....	22
2.2.1 Clasificación taxonómica de quinoa	23
2.2.2 Morfología de la quinoa	24
2.2.3 Harina de quinoa	24
2.3 Pan de molde	27
2.3.1 Clasificación del pan de molde	27
2.4 Análisis sensorial.....	31
2.5 Metodología de superficie de respuesta.....	31
2.5.1 Elementos de la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR).....	32

2.6	DEFINICIONES:	33
2.6.1	Harina de Quinoa	33
2.6.2	Superficie de respuesta	33
2.6.3	Fisicoquímica	33
2.6.4	Análisis sensorial	34
2.6.5	Pan de molde	34
2.6.6	Aminoácidos	35
2.6.7	Características tecnológicas	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1	Materia prima:	37
3.1.1	Insumos:	37
3.1.2	Equipos e instrumentos:	37
3.2	Metodología	38
3.2.1	Determinación de las características fisicoquímicas, funcionales, sensoriales y microbiológicas	38
3.2.2	ETAPAS DE ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.2.3	ETAPA 1: Elaborar y caracterizar la harina de quinua y harina de cushuro	42
3.2.4	ETAPA 2: Elaborar los tratamientos para obtener pan de molde	47
3.2.5	ETAPA 3: Caracterizar fisicoquímico y sensorialmente los panes de molde obtenido	51
3.3	Formulación de la Hipótesis	53
3.4	Variables	53
3.4.1	Variables Independientes:	53
3.4.2	Variables Dependientes:	53
3.5	PROPUESTA EXPERIMENTAL	53
3.6	Diseño Experimental	54
IV.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	56
V.	CONCLUSIONES	87

VI. RECOMENDACIONES	89
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica del cushuro.</i>	17
Tabla 2 <i>Cuadro informativo nutricional del Cushuro deshidratado</i>	18
Tabla 3 <i>Análisis químico proximal de muestras de Nostoc sphaericum Vaucher</i>	19
Tabla 4 <i>Aminoácidos de cushuro.</i>	20
Tabla 5 <i>Clasificación taxonómica de la quinua.</i>	23
Tabla 6 <i>Valor nutricional de la harina de quinua.</i>	25
Tabla 7 <i>Aminoácidos de la quinua (g/100 g de muestra).</i>	26
Tabla 8 <i>Requisitos fisicoquímicos del pan de molde (%)</i>	28
Tabla 9 <i>Formulación base para pan de molde</i>	47
Tabla 10 <i>Limites Bajos y altos de las harinas</i>	48
Tabla 11 <i>Tratamientos de estudio del pan de molde utilizando harina de trigo, harina de quinua y harina de cushuro.</i>	55
Tabla 12 <i>Caracterización fisicoquímica de las materias primas y harinas obtenidas de quinua y cushuro.</i>	57
Tabla 13 <i>Composición fisicoquímica (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro según el diseño experimental D-óptimo.</i>	60
Tabla 14 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las variables fisicoquímicas (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro.</i>	61
Tabla 15 <i>Ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables fisicoquímicas (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.</i>	63
Tabla 16 <i>Características tecnológicas (Dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro según el diseño experimental D-óptimo.</i>	67
Tabla 17 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las características tecnológicas (dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro.</i>	68
Tabla 18 <i>Ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables características tecnológicas (dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.</i>	70

Tabla 19 <i>Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro según el diseño experimental D-óptimo.</i>	75
Tabla 20 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro.</i>	76
Tabla 21 <i>Ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.....</i>	77
Tabla 22 <i>Definición de criterios y restricciones para la optimización de la formulación del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro utilizando la metodología de función de deseabilidad.</i>	81
Tabla 23 <i>Resultados de la optimización de la formulación del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro mediante la metodología de función de deseabilidad.</i>	83
Tabla 24 <i>Composición fisicoquímica de las formulaciones optima del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.</i>	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo de operaciones obtención de la quinua.....	43
Figura 2 Diagrama de flujo de operaciones para el almacenamiento de harina de cushuro ...	45
Figura 3 Flujograma para la elaboración de pan de molde.....	49
Figura 4 Superficies de respuesta y gráficos de contorno del modelo de mezclas para las variables fisicoquímicas (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro	64
Figura 5 Superficies de respuesta y gráficos de contorno del modelo de mezclas para las variables características tecnológicas (dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.	72
Figura 6 Superficies de respuesta y gráficos de contorno del modelo de mezclas para las variables Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro..	79

Pg.

RESUMEN

El presente estudio evaluó las características fisicoquímicas, tecnológicas y sensoriales del pan de molde elaborado con sustitución parcial de harina de quinua y cushuro. Para ello, se analizaron parámetros fisicoquímicos como proteína, grasa, fibra dietética y contenido mineral; además de propiedades tecnológicas relacionadas con la textura instrumental, entre ellas dureza, fracturabilidad y volumen específico. Asimismo, se realizó una evaluación sensorial mediante una prueba hedónica para determinar la aceptabilidad del producto considerando atributos como sabor, olor, color y textura. Los resultados evidenciaron que la formulación F1, compuesta por 77.5% de harina de trigo, 20% de harina de quinua y 2.5% de harina de cushuro, presentó el mejor comportamiento integral. Esta formulación alcanzó un contenido de proteína de 12.40%, grasa de 4.12% y fibra dietética de 2.85%. Además, destacó por su aporte mineral con 112.36 mg/100 g de calcio, 3.95 mg/100 g de hierro y 98.42 mg/100 g de magnesio. En cuanto a las propiedades tecnológicas, presentó valores de dureza de 9.45 N y fracturabilidad de 5.95 N, manteniendo un volumen específico de 3.37 cm³/g, lo que indicó una estructura de miga adecuada y una textura aceptable. De igual manera, obtuvo las mayores puntuaciones sensoriales en sabor (4.23) y textura (4.10), reflejando una mayor aceptación por parte de los consumidores. En conclusión, la formulación F1 fue identificada como el tratamiento óptimo, evidenciando el potencial de la harina de quinua y cushuro en el desarrollo de productos panificados funcionales.

Palabras clave: harina de quinua, cushuro, pan de molde, optimización de mezclas

ABSTRACT

The present study evaluated the physicochemical characteristics of sliced bread produced with partial substitution of quinoa and cushuro flours. In this context, parameters such as protein content, moisture, ash, and specific volume were analyzed, as they helped determine the nutritional and structural quality of the final product. In addition, textural properties such as hardness and fracturability were considered, given their direct relationship with bread acceptability. On the other hand, sensory analysis was carried out using a hedonic test, where attributes such as flavor, color, odor, and texture were evaluated, along with purchase intention by consumers. This approach allowed for a more comprehensive understanding of the acceptance of the developed product. The results showed that formulation F1 presented better values in protein (12.40%) and adequate stability in specific volume (3.37 cm³/g), indicating a good balance between nutritional value and technological quality. Likewise, it obtained higher scores in flavor (4.23) and texture (4.10), reflecting greater preference among the panelists. Overall, formulation F1 was identified as the optimal treatment, as it effectively integrated both physicochemical and sensory characteristics, demonstrating its potential for the development of functional bakery products.

Keywords: Quinoa flour, cushuro, sliced bread, mixture optimization

I. INTRODUCCIÓN

Existen investigaciones que se centran en la producción de pan mediante la sustitución de diversos componentes alimentarios, con el objetivo de aumentar el contenido de proteínas. Estos componentes incluyen semillas de quinua, linaza, arroz, sésamo, cushuro, acha y bambara (Rodríguez et al., 2018). La gran parte de artículos de panadería, concretamente los panes de molde, de miga o de sándwich, suelen elaborarse con harina de trigo, que tiene un contenido relativamente bajo en proteínas. Hoy en día, la mayor concienciación en torno a la salud y la nutrición ha provocado incrementos en la demanda de panes especializados. El pan está emergiendo como un alimento sustitutivo deseable para mejorar la transformación y aumentar el valor nutricional, al tiempo que gana aceptación entre los clientes (Espinoza y Ludeña, 2018). El pan es ampliamente reconocido como un componente fundamental de la nutrición humana, y en el proceso de fabricación existe una tendencia creciente a incorporar alternativas, como el maíz, el arroz y la soja, en sustitución parcial de la harina de trigo, práctica que pretende mejorar los patrones dietéticos y reducir los gastos de producción; sin embargo, se ha establecido que el grado de sustitución ejerce una influencia directa en las particularidades físicas, químicas y sensoriales del pan (Torvalva Aylas et al., 2019). En la actualidad, el proceso de panificación ha experimentado un notable desarrollo, lo cual ha llevado a que sea ampliamente adquirida por la gran cantidad de la sociedad, por lo que la observación de nuevos tipos de harinas es de suma importancia con el fin de enriquecer el producto y proporcionar un gran valor nutricional al mismo. Según el Programa Nacional de Toxicología (NTP, 2019), la harina de trigo se caracteriza por su escasez en lisina, un componente indispensable en el proceso de elaboración del pan; la posible falta de aminoácidos en el pan puede paliarse mediante la incorporación de harinas de cereales ricas en lisina, como las derivadas del grano de quinua, harina considerada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura

y la Alimentación debido a la calidad proteica. Además, el cushuro, que también posee un alto contenido proteico, puede ser utilizado para fortalecer las categorías nutricionales de la multitud. Sobre las propiedades fisicoquímicas del insumo base, el estudio de Astiz et al. (2022) analizó características de harinas de diferentes variedades de trigo y avena para su uso en panificación mediante pruebas de calidad industrial de granos y harinas, así como caracterización nutricional y química, encontrando buena calidad de grano y rasgos adecuados dentro de la calidad industrial. En cuanto a la quinua, un estudio reciente (Quispe y Ramos, 2022) señala que el contenido de proteína varía entre 8 y 22 g por cada 100 g de peso seco, con un excelente equilibrio de aminoácidos esenciales y valores comparables a los del trigo y la avena. Respecto al cushuro, científicamente conocido como *Nostoc sphaericum*, se trata de un tipo de alga gelatinosa caracterizada por su forma redonda y por la abundancia de sustancias químicamente ricas y altamente nutritivas; se han identificado numerosos compuestos con importante valor nutritivo, especialmente abundantes en proteínas y hierro (Corpus et al., 2021).

En la presente investigación se busca añadir y aprovechar los componentes nutricionales que aportan la quinua y el cushuro, y evaluar las particularidades fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial en pan de molde con harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) utilizando MSR. En el enfoque local, se observa una prevalencia significativa de malnutrición entre individuos de varios grupos de edad, incluidos niños, adolescentes y adultos; en este contexto, nuestro objetivo conlleva desarrollar una formulación de pan que incorpore ingredientes ricos en nutrientes esenciales, de modo que la incorporación de quinua y harina de cushuro resultaría muy ventajosa para abordar esta preocupación, y la introducción de productos basados en quinua y cushuro tiene el potencial de fomentar la creatividad y fortalecer la calidad de

vida. En coherencia con ello, se formula el problema de investigación del siguiente modo:
¿Cómo influye la incorporación de harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) en las características fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial del pan de molde?

La justificación de la investigación se sostiene en varios frentes que se interrelacionan con la problemática planteada. Desde el punto de vista tecnológico, el desarrollo de pan de molde utilizando harina de cushuro y quinua representa una innovación en la industria alimentaria al incorporar ingredientes no convencionales con alto valor nutricional; esta investigación contribuye al avance en tecnologías de formulación y procesamiento, permitiendo la adaptación de métodos tradicionales de panificación para trabajar con harinas alternativas, y fomenta la optimización de las propiedades funcionales y sensoriales del pan, ofreciendo productos diferenciados que responden a consumidores en busca de alimentos más saludables. Desde una perspectiva social, la inclusión de harina de cushuro y quinua promueve el rescate y la valorización de recursos andinos tradicionales, fortalece la identidad cultural y alimentaria de las comunidades productoras y responde a la creciente demanda de alimentos funcionales y saludables, mejorando la dieta y el bienestar de los consumidores, además de generar oportunidades para educar a la población sobre los beneficios nutricionales de estos ingredientes. Económicamente, su uso en panificación puede diversificar las fuentes de ingreso para pequeños agricultores y recolectores, fomentar el desarrollo económico de comunidades rurales que cultivan quinua o recolectan cushuro, estimular la creación de cadenas de valor sostenibles, generar empleo y reducir la dependencia de las importaciones de harina de trigo, mientras que, para productores industriales, la diversificación de productos puede abrir nuevos mercados y aumentar la competitividad en el sector alimentario. Finalmente, desde el punto de vista

ambiental, el aprovechamiento de recursos autóctonos como el cushuro y la quinua promueve prácticas agrícolas y de recolección sostenibles, contribuye a la conservación de la biodiversidad y al uso responsable de recursos naturales, y la reducción del uso exclusivo de harina de trigo podría disminuir la huella ambiental asociada a su producción y transporte, respaldando el desarrollo de sistemas alimentarios más sostenibles, con menor impacto ambiental y mayor resiliencia frente a los desafíos del cambio climático.

En este marco, los objetivos de la investigación quedan integrados a la introducción de forma secuencial y articulada con el problema y la justificación: evaluar el impacto de la incorporación de harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) en las características fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial del pan de molde; para ello se obtendrá y caracterizará la harina de cushuro y de quinua destinadas a la elaboración de pan de molde, se diseñarán tratamientos experimentales empleando diferentes proporciones de ambas harinas, se caracterizarán las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los panes de molde obtenidos identificando las formulaciones más adecuadas en términos de proteína, grasa, fibra dietética y aceptabilidad sensorial del consumidor, se determinará la composición proteína, grasa, fibra dietética y el contenido minerales (Ca, Fe, Mg) del pan de molde optimizado. En correspondencia con los antecedentes y con el propósito de orientar el trabajo empírico, se plantea la siguiente hipótesis de investigación: la sustitución parcial de harina de trigo en proporciones de 5% a 20% de harina de quinua y entre 0% y 5% de harina de cushuro permite obtener un pan de molde con características fisicoquímicas y sensoriales aceptables para el consumidor.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cushuro (*Nostoc sphaericum*)

1.1.1. Definición

De acuerdo con Gomez et al. (2021) el cushuro, conocido científicamente como *Nostoc sphaericum*, es un alga de forma esférica con una consistencia gelatinosa, la cual presenta una abundancia de compuestos químicos altamente nutritivos, destacando su notable contenido de hierro y proteínas.

Según Ponce (2014), las lluvias humedecen al alga cushuro (cianobacterias) durante el período de latencia; se trata de orbes azules con un diámetro de 10 a 25 mm, que se encuentran comúnmente en las montañas a la altitud de 3000m sobre el nivel del mar. También es un alimento con muchas proteínas y hierro, siendo un alimento rico en proteínas y hierro y es una excelente opción de reemplazo de comidas. El alga cushuro (*Nostoc sphaericum*) habita en diversos ambientes acuáticos y suelos húmedos de los Andes peruanos, especialmente por encima de los 3,000 metros sobre el nivel del mar. Durante la temporada de lluvias, forma colonias esféricas y gelatinosas que se desplazan en lagunas, lagos y áreas húmedas de regiones como Áncash, Junín, Cajamarca, Huánuco, Cusco y Puno. (Gomez et al, 2021).

Las variedades más comunes que se encuentran en Ecuador y Perú son: *Nostoc commune*, *Nostoc pruniforme*, *Nostoc parmeloides*, *Nostoc verucosum* (Aldave, 2015).

El alga *Nostoc sphaericum* se reproduce principalmente de manera asexual mediante varios mecanismos: Fisión binaria: una célula se divide en dos células hijas idénticas. Fragmentación de filamentos: los filamentos se rompen en fragmentos más pequeños, cada uno de los cuales puede crecer y formar una nueva

colonia. Formación de hormogonios: pequeños fragmentos móviles de filamentos que se desprenden y desarrollan nuevas colonias. Además, *Nostoc sphaericum* produce estructuras especializadas llamadas heterocistos y acinetos. Los heterocistos son células diferenciadas que fijan nitrógeno atmosférico, mientras que los acinetos son células de resistencia que permiten la supervivencia en condiciones ambientales adversas y participan en la reproducción. (Alegre, et. al 2019).

1.1.2. Clasificación taxonómica

En la siguiente tabla, se aprecia la clasificación taxonómica del cushuro.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cushuro.

Taxonomía	
División	Cyanophyta
Clase	Nostocphceae
Orden	Nostocales
Familia	Nostocaceae
Genero	Nostoc
Especie	Spahaericum

Fuente: Toralva (2017).

1.1.3. Composición del cushuro

El alga Cushuro contiene carbohidratos, proteínas, lípidos, hierro, fósforo y calcio conteniendo más del 90% de agua; Muy fácil de comer en la zona alto andina del país. Necesitamos apreciar y prestar más atención a un recurso como *Nostoc sphaericum* (Cushuro). (Lock y Pérez, 2015).

Según Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2019):

Tabla 2

Cuadro informativo nutricional del Cushuro deshidratado

Nombre	Cushuro deshidratado
Energía (Kcal)	242
Agua (g)	15.1
Proteína (g)	29
Grasa Total (g)	0.5
Carbohidratos (g)	46.9
Cenizas (g)	8.5
Calcio (mg)	147
Fosforo (mg)	64
Hierro (mg)	83.6
Tiamina (mg)	0.2
Riboflabina (mg)	0.41

Fuente: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2019).

A través del estudio químico proximal del Cushuro deshidratado e hidratado presenta notables diferencias causada por lo cambiante en su contenido de humedad. De este modo, evidenciamos un cambio significativo en el valor nutricional por cada 100 gramos, tanto en el cushuro seco como en la materia fresca. A continuación, se presentan tablas comparativas que muestran los análisis químicos proximales del Cushuro hidratado.

Nostoc sphaericum Vaucher

Nostoc sphaericum Vaucher, conocido como 'cushuro' en el quechua por su significado de crespo, no solo se identifica por su apariencia, color y consistencia, sino también por su peculiar forma de aparecer misteriosamente después de la lluvia. Inicialmente, forma colonias esféricas que posteriormente se aplanan. Estas colonias tienen una textura membranosa y coriácea, con tonalidades que varían entre verde oliva, pardo verdoso o amarillento (Gutierrez, 2022).

Según Coveñas (2020) Los análisis nutricionales revelan que la digestibilidad del 'cushuro' alcanza un 49.53%, y no hay informes de inconvenientes por su consumo directo. Su valor biológico de las proteínas puede llegar hasta un 77.79%. Cerca del 90% de su peso seco se compone de proteínas, lípidos y carbohidratos.

Cada 100 g de cushuro deshidratado contiene 242 kilocalorías, 29 g de proteínas, 0.5 g de grasas totales, 46.9 g de carbohidratos totales, así como 147 mg de calcio, 64 mg de fósforo, 83.60 mg de hierro, 0.20 mg de Tiamina, 0.41 mg de Riboflavina, además 15.1 g de agua y 8.5 g de cenizas (Quezada, 2023).

Tabla 3

Análisis químico proximal de muestras de Nostoc sphaericum Vaucher

Componentes	Muestra Seca (%)	Muestra Fresca (%)
Agua	0.0%	97%
Grasas	0.3%	0.0009%
Proteína Total	20%	0.6%
Fibra	0.9%	0.027%
Ceniza Total	4.6%	0.138%
Carbohidratos	74.2%	2.226%

Fuente: Melgarejo, como se citó en (Chuquilín, 2015).

En su estado natural, el cushuro presenta una composición nutricional que incluye un 57% de proteínas, un 43% de carbohidratos, así como cantidades significativas de calcio, hierro, fibra y yodo. Este alimento, conocido como el "alimento del futuro", se caracteriza por tener una mayor proporción de proteínas en comparación con las carnes convencionales, así como la gran aglomeración de calcio respecto a la leche. Además, el cushuro contiene una cantidad considerable de hierro, superando incluso la cantidad presente en un plato de lentejas (Ministerio de Agricultura y Riego- MINAGRI, 2019).

1.1.4. Contenido de aminoácidos de cushuro

A continuación, evidenciamos el contenido de aminoácidos de cushuro.

Tabla 4

Aminoácidos de cushuro.

Aminoácidos	Contenido (mg/g proteína)
Histidina	1.3
Isoleucina	19.2
Leucina	26.4
Lisina	26.5
Metionina	26.8
Fenilalanina	5.2
Treonina	0.07
Valina	35.1
Cisteína	0.5
Tirosina	6.2
Arginina	45.6
Alanina	8.3
Aspartato	46.2
Glicina	14.5
Glutamato	20.3
Serina	40.9

Fuente: Galetovic et al. (2017).

NOTA: Cálculo respecto al 30% de contenido de proteínas de cushuro deshidratado.

1.1.5. Poder nutritivo

- También contiene vitaminas del complejo B, como la B1 que proporciona energía, la B2 que previene problemas de la piel y juega un rol de fabricación de glóbulos rojos, y las vitaminas B5 y B8 que incentivan el desarrollo en los niños.
- Debido a su composición de nostocarbolina, las algas cushuro exhiben propiedades preventivas tanto en el desarrollo de colesterol como en la formación de tumores cancerígenos.
- Se requiere un empleado con el fin de mitigar la inflamación ocular y regular el ciclo menstrual.
- Proporciona asistencia para prevenir la manifestación de la enfermedad conocida como gota, caracterizada por el desarrollo de cristales de ácido úrico en los tejidos.

1.1.6. Usos Alimentarios

En la provincia de Sihuas, Áncash, se encuentra la cuna del cushuro, un insumo altamente demandado en las festividades de Semana Santa. En esa época específica, los habitantes se trasladan hacia la laguna de Cushurbamba, encontrándose una abundante cantidad de esta alga, con el propósito de recolectarla y utilizarla como ingrediente principal en la preparación del reconocido caldo de cushuro, el cual reemplaza a la carne. Este plato es generalmente acompañado por postres típicos de la región, como el Dulce de Chiclayo o la Mazamorra de harina de trigo. Siendo relevante destacar, debido

al precio económico, que puede llegar a ser de hasta seis soles per kilogramo, se considera que este alimento es accesible para los residentes.

Esta pequeña joya de la cordillera de los Andes ha despertado un gran interés en la cocina. En la actualidad, empleada en platos como guisos, aderezos picantes y ceviches.

Debido a su degustación, por ser neutral, asemejándose al agar, este ingrediente conlleva a ser utilizado para preparar mermeladas, mazamoras, bebidas y ensaladas. Además, se use para la elaboración de platos tradicionales, por ejemplo, el Locro y diversas variedades de sopas.

La industria de la cosmética tiene mostrado interés en los márgenes del cushuro proporciona a la piel. Por consiguiente, se le atribuye su utilización para fabricaciones de mascarillas, cremas, lociones y champú.

2.2 Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*)

Se origina en el altiplano boliviano-peruano y se caracteriza por su amplia variedad genética. La planta en cuestión es una especie herbácea que ha sido sometida a un proceso de domesticación hace más de 7000 años. Esta planta ha demostrado una notable capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales, siendo cultivada exitosamente a la altitud de 4000 mts. sobre el nivel del mar. Además, se ha observado que los factores climáticos no parecen tener un impacto significativo en el proceso de cultivo de esta planta (Arone, 2015).

En la época actual, se le otorga el estatus de un producto de gran renombre a nivel global gracias a sus destacadas cualidades nutritivas y medicinales. Existen diversas especies y variedades de este producto, y destaca por ser el único cereal con presencia total en aminoácidos esenciales, convirtiéndose así en la única opción dentro de los alimentos de origen vegetal para sustituir la proteína animal (Hernández, 2015).

Según Mira (2016) gracias a su composición nutricional, la quinua puede ser un recurso valioso en la etapa de desarrollo del cuerpo. Siendo la digestión fácil, no posee colesterol y puede formar parte de una dieta completa y equilibrada. Dado su valor nutricional y su ausencia de gluten, es adecuada para la elaboración de productos aptos para personas con enfermedad celíaca. Además, puede ser incorporada en la alimentación de grupos poblacionales en situación de riesgo nutricional.

La quinua se caracteriza por tener la composición de aminoácidos más abarcadora del mundo, con una presencia especialmente significativa de histidina y lisina, que son aminoácidos esenciales que pueden ser incorporados en la dieta al incluir quinua. Esto se acerca al estándar de requerimientos nutricionales humanos establecido por la FAO y que suele ser limitado en otras semillas, como los cereales. Este aspecto es actualmente atractivo tanto para los mercados nacionales como internacionales Roldán (2018).

2.2.1 Clasificación taxonómica de quinua

A continuación, evidenciamos la organización taxonómica de la quinua.

Tabla 5

Clasificación taxonómica de la quinua.

Taxonomía de la quinua	
Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Centrospermae
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium
Especie	Quinoa Willdenow
Nombre Científico	Chenopodium quinoa Willdenou
Nombre Común	Quinoa, canihua.

Fuente: López (2020).

2.2.2 Morfología de la quinua

Según Quiroz (2018), la quinua se cultiva anualmente, y su altura varía entre 0,2 and 3 metros, dependiendo de factores como el genotipo y el entorno ambiental. Las hojas de esta planta presentan una variedad de formas y son amplias, con diferentes estructuras en una misma planta. El tallo de la planta tiene hojas que son frágiles y con lóbulos. Las flores de esta planta son pequeñas y no poseen pétalos. En general, estos organismos se reproducen mediante autofecundación debido a su condición hermafrodita. El fruto de esta planta se caracteriza por ser seco y tener un diámetro promedio de aproximadamente 2 mm.

2.2.3 Harina de quinua

Según NTP (2019), el producto en cuestión es fabricado mediante el proceso de trituración de la semilla de *Chenopodium quinua* Willd, la cual debe estar seca, limpia y presentar un aspecto visualmente agradable. El término "harina" se utiliza para referirse a todos los productos que han sido procesados a través del molino, por raíces o granos distintos al trigo.

2.2.3.1 Valor nutricional de harina de quinua

La quinua es gran relevancia en la nutrición humana debido a sus particularidades significativas de aminoácidos primordiales, proteínas, carbohidratos y energía.

A continuación, observamos las proporciones nutritivas de la quinua por cada 100 g de muestra.

Harina de quinua

La quinua, conocida científicamente como *Chenopodium Quinoa*, se ha reconocido como un alimento completo gracias a su capacidad de satisfacer por completo la necesidad nutricional. Superando estándares requeridos y contiene

compuestos de gran valor funcional, como polifenoles, fitosteroles y flavonoides, que no solo le otorgan un valor nutricional significativo, también propiedades terapéuticas y farmacéuticas (Vargas, 2019).

Según Pantoja (2020) la harina de quinua destaca por su valor nutricional excepcional, al ofrecer abundantes carbohidratos, proteínas vegetales y un equilibrio sobresaliente de aminoácidos esenciales junto con una buena cantidad de fibra. Se destaca como el cereal más completo en cuanto a la composición de aminoácidos, ya que contiene componentes cruciales como luteína y lisina, esenciales para el organismo humano.

Tabla 6

Valor nutricional de la harina de quinua.

Componentes	Cantidad (g/100g)
Proteína	15.33
Carbohidratos	68.35
Fibra	4.78
Ceniza	3.42
Lípidos	6.93
Humedad (%)	11.2
Tiamina	0.19
Calcio (mg/100g)	58.6
Hierro (mg/100g)	3.7
Fósforo (mg/100g)	350.5
Potasio (mg/100g)	582.4
Zinc (mg/100g)	1.5

Fuente: Vargas et al. (2019), Tang et al. (2015) y Nowak et al. (2016).

2.2.3.2 Contenido de aminoácidos de la quinua

A continuación, evidenciamos proporciones de los aminoácidos más resaltantes de la quinua en 100 g de muestra.

Tabla 7

Aminoácidos de la quinua (g/100 g de muestra).

Aminoácido	(g/100g)
Lisina	6.38
Metionina	1.98
Treonina	3.84
Triptófano	1.42
Cisteína	2.01
Isoleucina	4.64
Leucina	7.39
Valina	6.37
Fenilalanina	4.71
Histidina	2.97

Fuente: Rodriguez et al. (2022).

2.2.3.3 Contenidos nutricionales y medicinales de la quinua

Los estudios científicos destacan en gran medida debido a sus particularidades nutricionales y funcionales. Llevando a ser considerado como principales opciones con el fin de abordar la desnutrición, la prevención de enfermedades como la diabetes actuando como agente cicatrizante, desinflamatorio, analgésico y desinfectante. Siendo un alimento altamente resaltante, viene a ser consumida en diferentes formas, como harina cruda o tostada, hojuelas, sémolas

y polvo instantáneo. Estas diversas presentaciones permiten su procesamiento en una amplia variedad de productos (Rodríguez et al., 2022).

2.3 Pan de molde

El pan se considera de consumo fundamental de amplio consumo, sobre todo en países en desarrollo. Se elabora horneando una mezcla compuesta principalmente por harina, agua, levadura y sal. Sin embargo, el pan se reconoce comúnmente como un producto fermentado que posee una textura distinta resultante de la estructura celular de su miga. Esta estructura consiste en poros interconectados, que se mantienen unidos por una red de hebras de gluten coaguladas. Dentro de esta red, los gránulos de almidón están distribuidos uniformemente. Cuando se aplica presión a la miga del pan y posteriormente se suelta, ésta recupera su composición original (Arp et al., 2018).

De acuerdo con INACAL (2016), la Norma Técnica Peruana a NTP 206.004 indica como un artículo culinario que se elabora mediante la cocción fermentada de la masa constituida esencialmente por harina de trigo, agua, sal, azúcar, levadura y mantequilla. Está permitido incluir ingredientes y esencias adicionales en su constitución. El principal atributo que deben presentar estos productos es una miga esponjosa, desprovista de regiones amiláceas, que exhiba un color uniforme que depende de los tipos de harinas empleados. Además, la textura no debe ser adhesiva ni desintegrarse fácilmente.

2.3.1 Clasificación del pan de molde

- A. Pan integral:** Preparado utilizando harina integral.
- B. Pan blanco:** Es producido utilizando harina con una extracción máxima de 82%.
- C. Pan corriente:** Fabricada utilizando harina de extracción que oscila entre

el 82% y el 86%.

D. Pan tostado de molde: Variante del pan de molde sometida a un proceso de tostado o secado in condiciones controladas, similar a su predecesor.

2.3.1.1 Requisitos fisicoquímicos del pan de molde

La norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INACAL, 2016), requiere algunos requerimientos fisicoquímicos para el pan de molde, observados dentro de la siguiente tabla:

Tabla 8

Requisitos fisicoquímicos del pan de molde (%)

Requisito fisicoquímico	Valor máximo
Humedad	40%
Acidez	0.5% (base seca)
Cenizas	4% (base seca)

Fuente: INACAL (2022).

2.3.1.2 Métodos de elaboración de pan de molde

De acuerdo con Callejos (2002), los primordiales sistemas para la preparación de pan de molde vienen a ser:

A. Método de masa directa

El método directo en panadería implica la mezcla de todos los ingredientes en un solo paso, excluyendo la levadura, la cual se incorpora al finalizar el amasado. Este procedimiento reduce significativamente los márgenes de error y el tiempo de producción debido a la mínima manipulación

requerida, lo que también disminuye las necesidades de mano de obra (Callejo, 2002).

B. Método de esponja

El procedimiento resulta en fermentar inicialmente la esponja o masa madre, teniendo una combinación de ingredientes fundamentales como harina (30 - 40%), agua, sal y levadura. El proceso de fermentación se prolonga durante varios días, tras los cuales se incorporan el agua y la harina residuales. A continuación, se procede a la cocción siguiendo el método de la masa directa, lo que ofrece la oportunidad de rectificar cualquier deficiencia durante la segunda fase de amasado (Callejos, 2002).

2.3.1.3 Principales etapas del proceso de elaboración de pan

En la etapa de preparación de pan de molde, se pueden identificar diversas etapas fundamentales que son las siguientes:

A. Mezclado y amasado:

La finalidad de este proceso es mezclar homogéneamente los materiales y lograr el desarrollo más favorable del gluten sobre los constituyentes gliadina, glutenina y agua. La mezcla mecánica se lleva a cabo en un recipiente sellado, en el que los componentes, denominados ingredientes, se introducen en un recipiente denominado cuenco. Este recipiente aloja una o más palas mezcladoras, que recorren una trayectoria predeterminada para facilitar el proceso de mezclado. El diseño de los cuencos y las palas de mezcla presenta numerosas variaciones, aunque todos están específicamente configurados con el objetivo último de lograr la dispersión (Cauvain y Young, 2007)

B. Fermentado:

De acuerdo con Edel y Rosell (2007) en el ámbito de los procedimientos de horneado, es importante llevar a cabo una fermentación inicial, ya sea en forma de masa o de bola, anterior al moldeado final de trozos individuales. Además, se requiere un periodo de fermentación más prolongado posterior a la formación de la pieza, comúnmente denominado moldeado. El primer componente consiste en permitir los procesos de manipulación, moldeado o mecanización repercutiendo en la calidad del pan resultante. Por el contrario, el segundo componente tiene el singular objetivo de aumentar las dimensiones de los moldes para conseguir un pan de textura esponjosa. El pan tiene una textura esponjosa.

C. Horneado:

Según Edel y Rosell (2007) en la etapa de panificación de la masa, las etapas químicas predominantes que tienen lugar son las reacciones de Maillard. Estas reacciones son responsables del desarrollo del color en la masa, ya que conducen a la formación de melanoidinas. Pero, se observaron sustancias químicas influyentes en el sabor y en el aroma. La serie de acontecimientos inicia en la amalgama de azúcares reductores y aminoácidos, que existen en estado no unido como polimerizado en forma de proteínas. Además, también se atribuyen a este fenómeno las esencias de caramelización de los azúcares producidos a altas temperaturas.

La cocción del pan conlleva alteraciones tanto estructurales (gelatinar el almidón, creación de porosidad y el desarrollo de la miga) como procesos fisicoquímicos (como la reacción de Maillard y caramelizar el caramelo reductores). Asimismo, se produce un cambio en el color pan debido a la

exposición al calor, transformando la masa cruda en pan (Trigoso et al., 2017).

2.4 Análisis sensorial

El examen sensorial se considera una herramienta de gran relevancia en la cuantificación de las particularidades de los insumos. En la lingüística especializada, es conocida como examen descriptivo o perfil sensorial. Los análisis descriptivos avanzados implican la diferenciación y descripción de elementos sensoriales tanto cuantitativos como cualitativos (Valere y Ares, 2014).

Según Valere y Ares, (2014), se disponen de diversos enfoques para describir las particularidades sensoriales de un producto. No obstante, el examen descriptivo cuantitativo se considera el instrumento óptimo ampliamente empleado en la caracterización sensorial de alimentos. Esta metodología implica la participación de jueces previamente entrenados. No obstante, una desventaja asociada a este enfoque es el tiempo requerido para el fortalecimiento de los jueces sensoriales, lo cual implica inversiones económicas considerables.

2.5 Metodología de superficie de respuesta

Según Paja y Huaracha (2017), se basan en muchas técnicas matemáticas y estadísticas empleadas con el fin de modelizar y estudiar problemas. Con este enfoque, se hace hincapié en una variable concreta de interés. A la hora de abordar estas cuestiones, es importante tener en cuenta que una determinada variable de interés puede verse influida por otras variables. Además, el empleo de modelos se emplea en el diseño de experimentos para obtener valores adecuados para la variable de respuesta. Esto permite determinar modelos matemáticos que representen con exactitud los datos observados. El objetivo final es determinar la importancia de los factores para maximizar el valor de la variable de respuesta.

2.5.1 Elementos de la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR)

Dicha metodología involucra elementos: diseño, modelado y técnicas de optimización.

A. Diseño

El desarrollo simultáneo del diseño y el modelo depende de la respuesta conductual prevista. De ahí que el modelo pueda clasificarse como de primer o segundo orden, lo que denota una distinción entre diseños planos o curvos. Por consiguiente, la clasificación de estos modelos depende de los tipos de diseño específicos empleados y de las técnicas de optimización utilizadas (Abugoch, 2008).

B. Modelo

El proceso de modelización emplea ampliamente el análisis de regresión lineal, que abarca componentes fundamentales como los parámetros del modelo, el ajuste del modelo, las pruebas de significación para el modelo, las pruebas de escaso ajuste, las previsiones, los intervalos de confianza en las predicciones, los residuos y los coeficientes de determinación (Abugoch, 2008).

C. Optimización

Se utilizan aspectos de optimización formados por determinadas técnicas matemáticas para que, con un modelo adecuado, se pueda explorar para obtener información sobre la puntuación óptima. Es importante recordar las técnicas como: las derivadas de funciones, multiplicación de Lagrange, efectuar ejercicios de matrices, valores propios y vectores, y los sistemas de ecuaciones simultáneas

2.6 DEFINICIONES:

2.6.1 Harina de Quinoa

Es distinguida por su particular nutritivo excepcional, caracterizado por su contenido significativo de carbohidratos, proteínas vegetales y una porción equilibrada en aminoácidos esenciales y fibra. De hecho, se considera el cereal con la composición más completa y abundante de aminoácidos en nuestro planeta. Entre estos aminoácidos esenciales se encuentran la luteína y la lisina, los cuales son indispensables para el organismo humano (Murphy y Matanguihan, 2015).

2.6.2 Superficie de respuesta

Es referida al grupo metodológico matemático empleadas al abordar dificultades donde respuestas de interés se ve afectada por múltiples elementos cuantitativos. Se trata de metodologías matemáticas empleadas para abordar problemas en los que el resultado de interés se ve afectado por múltiples variables cuantitativas. El objetivo principal de estas metodologías es concebir un enfoque experimental que produzca valores fiables para la variable de respuesta, seguido de la identificación del modelo matemático que represente con mayor precisión los datos adquiridos. El objetivo final es determinar los valores de los factores que maximizan el valor de la variable de respuesta (Abugoch, 2008).

2.6.3 Físicoquímica

La físicoquímica es un campo científico multidisciplinar que abarca una amplia gama de intrincados procesos y sucesos, lo que facilita la elucidación de los procesos desde varias perspectivas. Por ejemplo, el examen de la termodinámica y las velocidades de reacción puede abordarse mediante métodos macroscópicos. Sin embargo, para comprender la cinética de las moléculas y los

mecanismos de reacción, es imprescindible adoptar un punto de vista microscópico. La utilización de la perspectiva microscópica resulta ventajosa debido a que las transformaciones químicas se producen a escala molecular.

2.6.4 Análisis sensorial

Es referida al proceso de valoración y análisis del grado de reconocimiento o rechazo de un fruto alimentario de las personas que lo prueban o consumen. Esta evaluación se basa en las sensaciones percibidas desde el momento en que se examina el alimento, así como en las sensaciones experimentadas tras su consumo. La evaluación de un alimento del catador o consumidor se basa en percepciones sensoriales que se advierten y experimentan tanto durante la primera observación como en el consumo posterior. Es imprescindible considerar que estas percepciones prescinden principalmente de la persona, así como del contexto geográfico y temporal (Oviedo, 2019).

De acuerdo Oviedo (2019) la realización de pruebas sensoriales desempeña un papel fundamental en la industria alimentaria, ya que contribuye significativamente al proceso de desarrollo de productos al brindar información acerca de las expectativas e inquietudes del consumidor. En este sentido, la aplicación de evaluaciones sensoriales facilita la creación de un perfil de cereal que tenga éxito en el mercado.

2.6.5 Pan de molde

El pan es un comestible perecedero elaborado horneando una masa compuesta por harina de trigo, sal comestible y agua. Esta masa se somete a una fermentación facilitada por microorganismos habituales en los procesos de panificación, por ejemplo, el "*Saccharomyces cerevisiae*". Así mismo llega a ser

una masa preparada con harina blanca o integral, donde añadimos leche, azúcar y huevos.

A diferencia del pan convencional, el pan de molde ofrece la ventaja principal de ser más masticable y de tener un periodo de conservación comparativamente más largo (Moreiras, 2013)

2.6.6 Aminoácidos

Los aminoácidos son una clase de compuestos químicos particularizadas por la existencia de un conjunto amino (NH₂) a un lado y un grupo ácido carboxílico al otro lado, como sugiere su nomenclatura. La molécula posee un grupo amino (NH₂) situado a un lado y un grupo ácido carboxílico (COOH) situado al otro lado.

Los aminoácidos constituyen los componentes fundamentales de las proteínas. Sin embargo, cabe destacar que tanto los aminoácidos como sus derivados desempeñan papeles cruciales en una amplia gama de funciones biológicas, que abarcan diversos procesos como la transmisión nerviosa y la producción de porfirinas (Gutiérrez, 2020).

Asimismo, Morales (2017) menciona que son elementos que componen las proteínas estructurales son los mismos elementos que conforman cualquier tejido vivo, y su importancia es tan significativa que se les denomina como los "arquitectos de la vida".

2.6.7 Características tecnológicas

El término "tecnología" tiene su origen en la palabra griega τέχνη (pronunciada "téchnē"), que engloba los conceptos de arte, oficio y habilidad. De ahí que la tecnología pueda entenderse como un proceso dinámico, en el que elementos existentes se transforman o integran para crear entidades novedosas o dotarlas

de funcionalidades alternativas. La capacidad de sufrir metamorfosis puede manifestarse de forma intuitiva o, como se observa en las civilizaciones contemporáneas, se deriva de la comprensión científica.

De acuerdo con Santos (2018) Las innovaciones tecnológicas actuales son críticas, ya que posibilitan un aumento en la eficiencia y la producción a nivel mundial, al mismo tiempo que mejoran la productividad de los trabajadores rurales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materia prima:

La materia prima se adquirió en el mercado mayorista la Perla – Chimbote, teniendo en cuenta la procedencia del cushuro proveniente de las lagunas de Huaraz.

- 78.260 kg Harina de trigo comercial.
- 10.500 kg Harina de Quinoa
- 2.240 kg Harina de Cushuro

3.1.1 Insumos:

- 7.280 kg. de Azúcar
- 1.82 kg de Levadura seca
- 9.10 kg. de Manteca
- 2.73 kg de Leche en Polvo
- 0.91 kg de mejorador
- 0.270 kg de antimoho
- 1.820 kg. de Sal
- 0.91 kg de emulsificante
- Agua

3.1.2 Equipos e instrumentos:

- Horno rotatorio, marca Nova, modelo Max1000-Perú
- Cámara de Fermentación, Marca Nova, modelo Max – Perú
- Amasadora sobadora, Marca Nova, modelo K23 - Perú
- Rebanadora, Marca Nova, modelo estándar – Perú
- Texturómetro. Marca Brookfield, modelo CT34500 - EEUU
- Colorímetro, KONIKA MINOLTA. Modelo: CR-400 - EEUU

- Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C - Suiza.
- Termómetro

3.2 Metodología

3.2.1 Determinación de las características fisicoquímicas, funcionales, sensoriales y microbiológicas.

Caracterización físico química de la harina de quinua y harina de cushuro.

Se llevarán a cabo los análisis químicos proximales utilizando las técnicas establecidas por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (A.O.A.C.).

Donde se llegará a medir:

- El % de proteínas
- El % de grasa
- Y el % la fibra dietética total (FDT)

A. Análisis Químico proximal

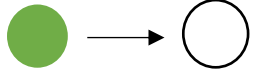
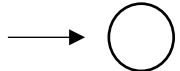
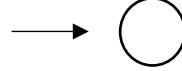
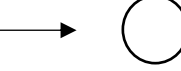
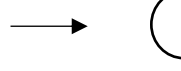
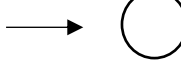
Para llevar a cabo la evaluación química proximal de las harinas de trigo, quinua y cushuro, se recurre al procedimiento de determinación de % de humedad y % de cenizas, así como análisis de minerales como Calcio, Hierro y Magnesio.

Normas AOAC


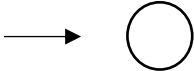
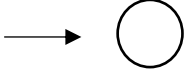
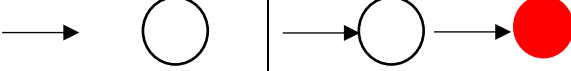
- AOAC 956.03 Ed. 2023. Bromates and Iodates in White and Whole Wheat Flour.
 - AOAC 923.03 Ed. 1995. Ash of Flour
 - AOAC 925.10 Ed. 2015 Determinación de Humedad
- AOAC 968.08 / AOAC 999.11 / AOAC 985.35 Determinación Calcio, Hierro y Magnesio.

B. Rendimiento de las harinas

Cuyo propósito es determinar la productividad de las harinas de quinua y cushuro, empleando pesos de los granos al principio y al término del proceso de obtención de las harinas.

Etapas	Etapa 1. Elaborar y caracterizar la harina de quinua y harina de cushuro			Etapa 2. Elaborar los tratamientos para obtener pan de molde		
Operaciones	Proceso de obtención de la harina de quinua	Proceso de obtención de la harina de cushuro	Caracterización físico química de la harina de quinua y harina de cushuro	Formulación base para el pan de molde	Determinación de los tratamientos por diseño de mezclas	Proceso de elaboración de pan de molde
Diagrama de Flujo						
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de impurezas • Lavado del grano • Secado • Molienda y tamizado 		<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Químico Proximal. • Rendimiento de las harinas. 	Selección de los ingredientes y cantidad necesaria: <ul style="list-style-type: none"> • Harinas y Agua • Azúcar y Sal • Manteca • Levadura • Leche en polvo • Mejorador • Antimoho • Emulsificante 	Determinar proporciones ideales de harina de quinua y harina de cushuro en la producción de panes de molde.	<ul style="list-style-type: none"> • Recepción y pesado para la mezcla • Elaboración de la masa, cortado y pesado • División, boleado y moldeado de la masa • Fermentado • Horneado y enfriado

3.2.2 ETAPAS DE ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

Etapas	Etapa 3. Caracterizar fisicoquímico y sensorialmente los panes de molde obtenido	Etapa 4. Evaluar la vida útil del pan de molde optimizado		
Operaciones	Análisis fisicoquímico y sensorialmente	Evaluación fisicoquímica del tratamiento óptimo	Evaluación química proximal del tratamiento óptimo	Evaluación sensorial del tratamiento óptimo
Diagrama de Flujo				
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Determinará el porcentaje óptimo de sustitución • Participación con un panel formado por 50 personas, hombres y mujeres. • Las muestras serán evaluadas en el laboratorio de evaluación sensorial. • A cada panelista se le proporcionara una ficha de análisis sensorial 	<p>Se determinará:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El tanto por ciento de ácido láctico 	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de la humedad • Cuantificación de la grasa • Determinación de las proteínas • Estimación de la ceniza • Cálculo de los carbohidratos 	<p>Usando la escala hedónica de 5 puntos se evaluará:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Color • Sabor • Textura • Intención de compra

Para cumplir con el propósito del trabajo, el estudio se llevará de forma secuencial, constando de cuatro fases distintas. Durante la fase inicial, se llevará a cabo una evaluación para obtener y evaluar las propiedades fisicoquímicas de las harinas de quinua y cushuro, junto al examen fisicoquímico de la harina de trigo disponible en el mercado. Durante la segunda fase del experimento, la etapa de formulación del pan de molde consistirá reemplazando parcialmente de la harina de trigo por harinas de quinua y cushuro. Esta sustitución se llevará a cabo utilizando el diseño de mezclas. En la tercera fase evaluaremos la aceptación de los panes de molde, mientras que en la cuarta se investigará el tratamiento óptimo mediante evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales.

3.2.3 ETAPA 1: Elaborar y caracterizar la harina de quinua y harina de cushuro

3.2.3.1 Obtención de la harina de quinua y la harina de cushuro

A. Proceso de obtención de la harina de quinua

Se empleó un flujograma de proceso para la fabricación de harina de granos de quinua, el cual se detalla a continuación para cada operación.

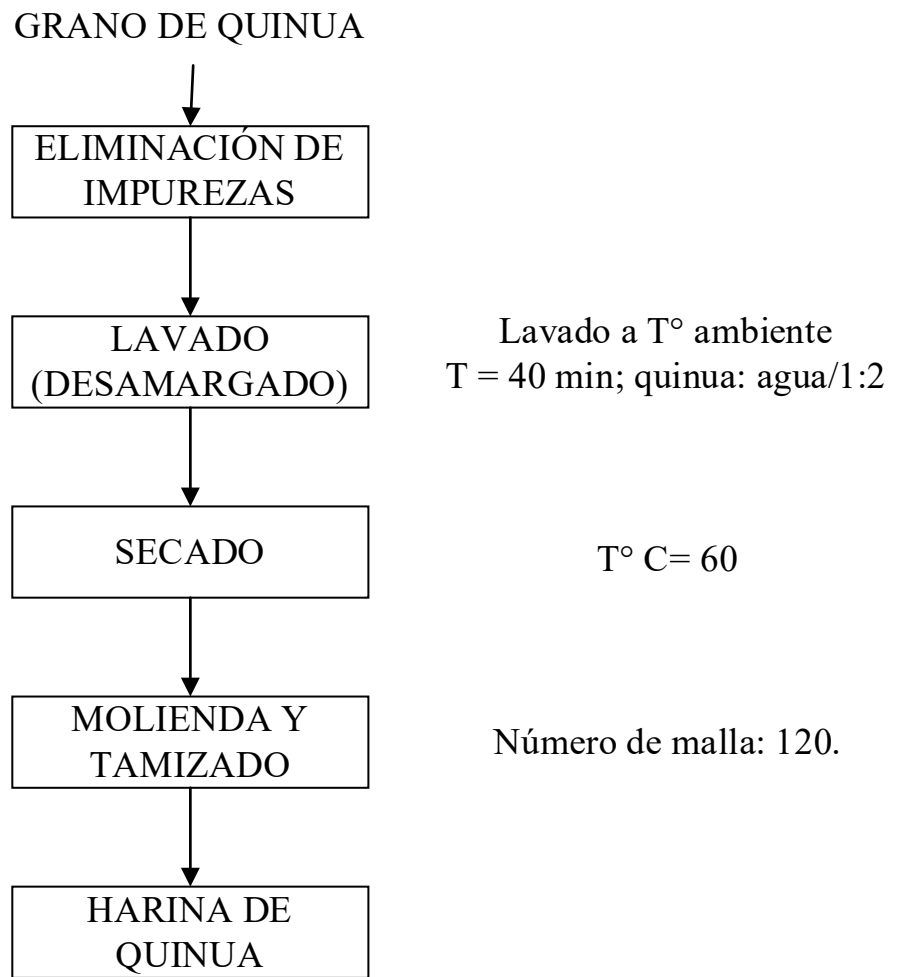


Figura 1 Diagrama de flujo de operaciones obtención de la quinua

Fuente: Hernández (2020).

B. Descripción del flujo de elaboración de harina de quinua

- Eliminación de impurezas: Los granos de quinua serán seleccionadas de manera manual con el propósito de separar aquellos granos que presentaban daños o contaminación, así como piedras, trozos de metales, entre otros elementos no deseados.

- Lavado del grano:

El grano se sometió a una sucesión de purificación con agua a temperatura ambiente por unos 40 minutos. La duración de la actividad es de unos 40 minutos. Una cantidad determinada de grano se sometió a una serie de ciclos de lavado con agua, siguiendo una relación Quinoa/Agua de 1:2, hasta que se observó la ausencia de espuma.

El grano se sometió a un proceso de desinfección con hipoclorito de sodio a una concentración de 10 partes por millón (ppm) durante 5 minutos.

- Secado:

El proceso de secado fue de 4,5 horas con 60°C de temperatura para conseguir un nivel de humedad del 12%. Para ello se utilizó un secador de bandejas de una marca específica.

- Molienda y tamizado:

A través de este proceso, las partículas de quinua se hacen homogéneas, dando como resultado la producción de harina de quinua. El experimento se realizó en el módulo de molienda y tamizado JARCON.

El módulo de molienda y tamizado JARCON emplea un tamiz de 120 mm para el tamizado.

C. Proceso de obtención de la harina de cushuro

Se empleó un diagrama de flujo de proceso en la producción de harina de granos de cushuro, el cual se detalla a continuación para cada operación.

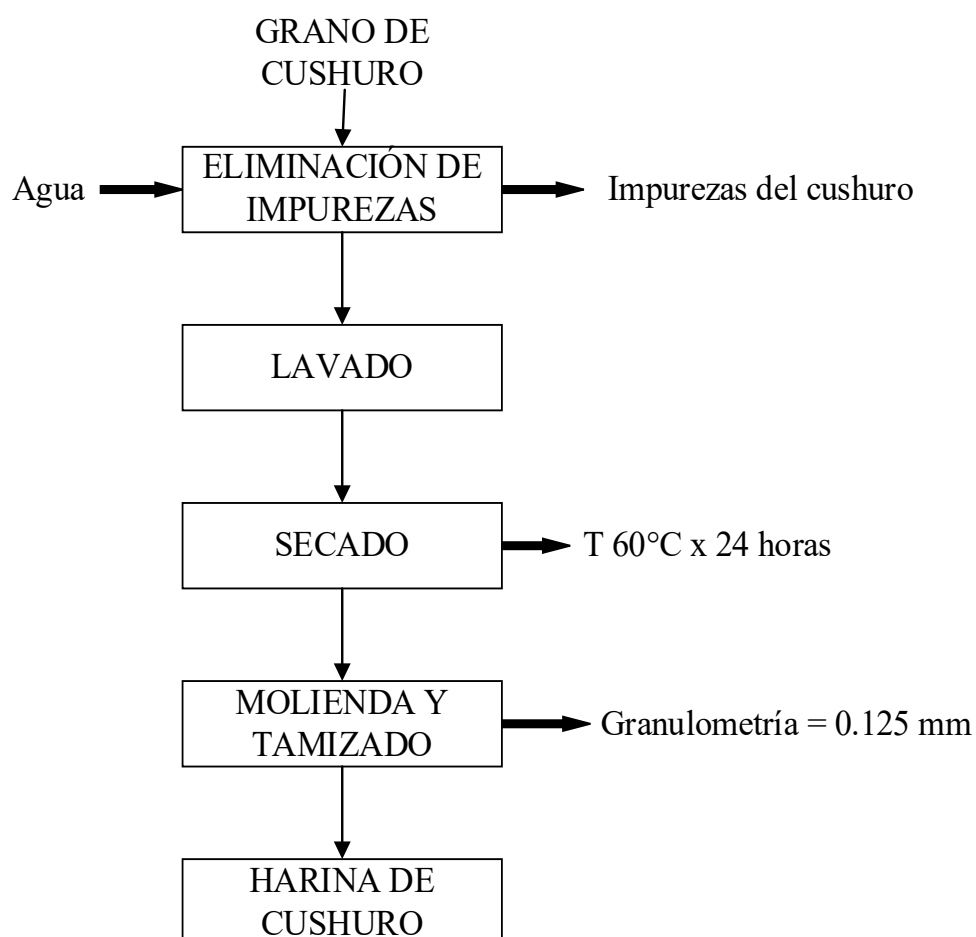


Figura 2 Diagrama de flujo de operaciones para el almacenamiento de harina de cushuro

Fuente: Cutipa (2022).

D. Descripción del flujo de elaboración de harina de cushuro

- **Eliminación de impurezas:** Los granos de cushuro fueron seleccionadas de manera manual con el propósito de separar aquellos granos que presentaban daños o contaminación, así como piedras, trozos de metales, entre otros elementos no deseados.

- **Lavado del grano:**

El grano se sometió a una sucesión de limpieza con agua a temperatura ambiente por unos minutos. La duración de la actividad es de unos minutos. Una cantidad determinada de grano se someterá a una serie de ciclos de lavado con agua.

- **Secado:**

La sucesión de secado se realizó durante 24 horas con 60°C de temperatura a fin de obtener un nivel de humedad del 12%. Para ello se utilizó un secador de bandejas de una marca específica.

- **Molienda y tamizado:**

A través de este proceso, las partículas de cushuro se hacen homogéneas, dando como resultado la producción de harina de cushuro. El experimento se realizó en el espacio de molienda y tamizado JARCON.

El módulo de molienda y tamizado JARCON emplea un tamiz de 125 mm para el tamizado.

3.2.4 ETAPA 2: Elaborar los tratamientos para obtener pan de molde.

3.2.4.1 Formulación base para el pan de molde.

El pan de miga, conocido también como pan de sándwich o de molde, es un producto horneado en moldes. Se elabora a partir de una masa fermentada principalmente con harina de trigo, a la que se añaden agua, azúcar, sal, levadura, leche, manteca y otros ingredientes permitidos (MINSA, 2010).

Tabla 9

Formulación base para pan de molde

Ingredientes	Porcentaje (%)	Cantidad (kg)
Harina	100	7.00
Agua	50.00	3.50
Manteca	10.00	0.70
Azúcar	8.00	0.56
Sal	2.00	0.14
Levadura	2.00	0.14
Leche en Polvo	3.00	0.21
Mejorador	1.00	0.07
Antimoho	0.30	0.02
Emulsificante	1.00	0.07

Fuente: Manual de Panificación (Planta Piloto UNS, 2011)

3.2.4.2 Determinación de los tratamientos por diseño de mezclas

Cuyo fin es determinar proporciones ideales de harina de quinua y harina de cushuro en la producción de panes de molde, aplicando un Diseño D-óptimo, que incluyó un conjunto de 13 tratamientos. Es importante destacar que el diseño implica combinaciones exhaustivas y trabaja con combinaciones de tres componentes (HT, HQ y HC), cuya suma total equivale al 100%. A continuación, se introducen las limitaciones mínimas y máximas para las cantidades de harina de trigo, harina de quinua y harina de cushuro (variables en la matriz) que se usaron para la fabricación de los panes de molde.

Tabla 10

Limites Bajos y altos de las harinas

VARIABLES		Mínimo (%)	Máximo (%)
Harina de Quinua	X1	5	20
Harina de Cushuro	X2	0	5

3.2.4.3 Proceso de elaboración de pan de molde

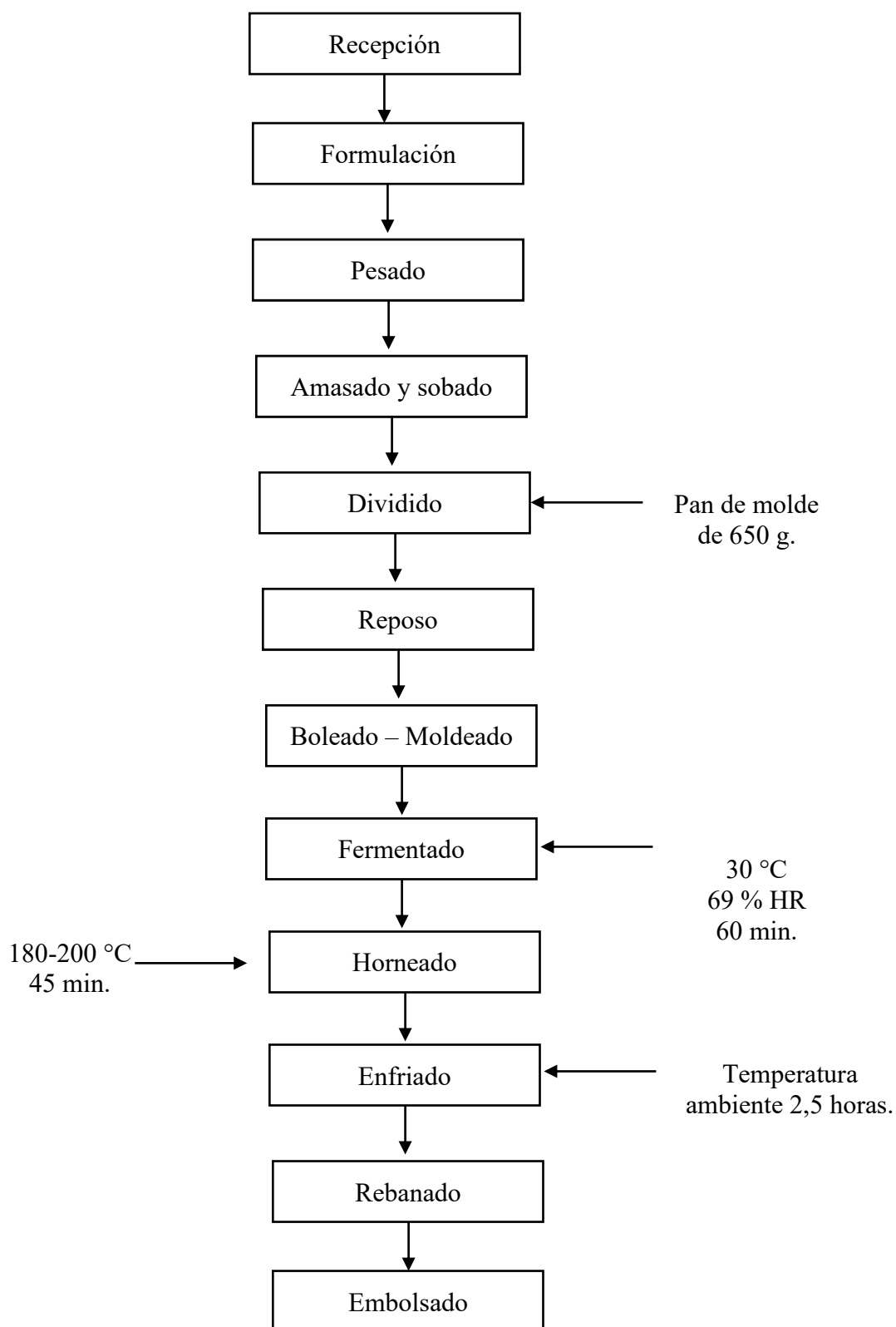


Figura 3 Flujograma para la elaboración de pan de molde

- A. Recepción: Se recepcionó insumos con el fin de elaborar el pan de molde como es la harina de trigo, quinua, cushuro, azúcar, sal entre otros.
- B. Formulación de mezclas: La formulación de la mezcla se realizó de acuerdo a los porcentajes establecidos en cada tratamiento.
- C. Pesado: Se pesó todos los ingredientes de acuerdo a la cantidad que se desea obtener de pan de molde esto será importante para el proceso de mezclado.
- D. Amasado y Sobado: Se procedió a elaborar la masa con el agregado de agua necesario, como los demás insumos para una óptima masa de pan de molde.
- E. División de la masa: Luego se procedió a dividir la masa en porciones de 650 g. que se adjuntaron una sobre otra para pasar al siguiente proceso.
- F. Boleado y moldeado: Luego, se realizó el boleado con la ayuda de la mano, formar las masas en círculos y darles la forma respectiva.
- G. Fermentado: Una vez que se termine el moldeado de la masa se procedió a dejar en fermentación la masa a 30°C de temperatura a 60 minutos y una humedad relativa de 69 %.
- H. Horneado: Luego del proceso de fermentado, se procedió a hornear la masa a una tempera de 180 a 200 C a 45 minutos.
- I. Enfriado: Una ves de retirar del horno se dejó a enfriar los panes de molde recién horneados a temperatura ambiente por 2,5 horas.

- J. Embolsado: se embolso en bolsas de polipropileno especiales para pan de molde.

3.2.5 ETAPA 3: Caracterizar fisicoquímico y sensorialmente los panes de molde obtenido.

Mediante el diseño experimental, se buscará analizar las características fisicoquímico y sensorial de los panes de molde obtenidos, ya que se busca medir el % de proteínas a través del método (**AOAC: 991.20 del año 2023 en la 22^a edición del Official Methods of Analysis**), el % de grasa (**AOAC: 920.39 del año 2023 en la 22^a edición del Official Methods of Analysis**) y el % la fibra dietética total (**AOAC: 985.29 del año 2023 en la 22^a edición del Official Methods of Analysis**)

El estudio de los panes de molde se realizará en la participación con un panel formado por 50 personas, hombres y mujeres, que habían recibido una formación parcial. Este panel se conformará a nivel de laboratorio, según lo descrito por (Espinoza, 2017).

De acuerdo con Espinosa (2007), los individuos que fungirán como panelistas en el estudio serán identificados como estudiantes de los últimos ciclos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad del Santa. Estos panelistas se encargarán de evaluar diversas cualidades del producto, incluyendo olor, sabor, textura y color.

Las muestras serán evaluadas en el laboratorio de evaluación sensorial utilizando la escala hedónica en 5 puntos, indicados en la Hoja de Análisis Sensorial.

A cada panelista se le proporcionara una ficha de análisis sensorial, un lápiz, muestras de pan codificadas con un número aleatorio de cuatro dígitos y un vaso de agua.

Para realizar un análisis fisicoquímico de las harinas de trigo, cushuro y quinua sometidas a diversos tratamientos, es necesario ejecutar un conjunto de pruebas particulares para evaluar sus cualidades y composición. A continuación, se exponen los análisis recomendados para cada variedad de harina:

Harina de Trigo:

Para evaluarla, se realizará un análisis de composición básica, que incluyen la cuantificación de proteínas, grasas y carbohidratos. Además, se puede llevar a cabo un análisis específico del gluten, utilizando pruebas como el índice de gluten, para evaluar su calidad y fuerza. La granulometría de la harina de trigo también es un aspecto crucial, y un análisis detallado de tamaño de partícula proporcionará información sobre su textura.

Harina de Cushuro:

El análisis de su harina debe incluir pruebas de composición básica para determinar proteínas, grasas y carbohidratos. Debido a la naturaleza de esta fuente de harina, también podría ser relevante realizar un análisis específico de ficocianina, un pigmento característico de las cianobacterias.

Harina de Quinua:

Se deben realizar pruebas de composición básica para cuantificar proteínas, grasas y carbohidratos. Dado que la quinua contiene saponinas, sustancias con propiedades detergentes, un análisis específico de estas

podría ser relevante. La granulometría también es importante para entender el tamaño de partícula y la distribución de la harina de quinua, lo que afecta su interacción con otros ingredientes en la preparación del pan.

3.3 Formulación de la Hipótesis

La sustitución parcial de harina de trigo en proporciones de harina de trigo (75–95%), harina de cushuro (0–5%) y harina de quinua (5–20%) de harina de cushuro permite obtener un pan de molde con características fisicoquímicas y sensoriales aceptables para el consumidor.

3.4 Variables

3.4.1 Variables Independientes:

- Concentración de harina de trigo (75 – 95%)
- Concentración de harina de cushuro (0 – 5%)
- Concentración de harina de quinua (5 – 20%)

3.4.2 Variables Dependientes:

- Análisis fisicoquímicos (%P, %G, %FDT), minerales (Ca, Fe, Mg)
- Características tecnológicas (Textura instrumental y volumen específico)
- Análisis sensorial (sabor, color, textura, Olor)

3.5 PROPUESTA EXPERIMENTAL

El tratamiento óptimo se desarrolló examinando tres clases de harinas: trigo, cushuro y quinua en diversas porciones. Se aplicó el diseño factorial con la metodología superficie respuesta, teniendo en cuenta porciones que oscilaran entre el 5% y el 20% para la harina de quinua y entre el 0% y el

5% para la harina de cushuro. Se obtuvo así 13 tratamientos de distintos porcentajes de reemplazo de la HT (harina de trigo), HQ (harina de quinua), HC (harina de cushuro). Luego, estos tratamientos fueron sometidos a una prueba de aceptabilidad, la cual permitió determinar la evaluación óptima al estudiar los resultados obtenidos mediante el diseño experimental y el programa estadístico Desing Expert V. 7. Para el desarrollo del estudio se empleó un diseño D-óptimo de mezclas, adecuado para evaluar formulaciones en las que los componentes varían en proporción dentro de una mezcla total. En este caso, las variables independientes estuvieron representadas por la harina de quinua y la harina de cushuro, utilizadas como sustitución parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan de molde. El diseño experimental estuvo conformado por 13 tratamientos, obtenidos a partir de diferentes combinaciones de ambos componentes, además de un tratamiento control elaborado exclusivamente con harina de trigo. En cada formulación se analizaron tres variables de respuesta, con la finalidad de determinar el efecto de la sustitución sobre la calidad del producto y establecer la mezcla óptima.

3.6 Diseño Experimental

Los tratamientos del estudio y las variables se detallan a continuación:

Tabla 11

Tratamientos de estudio del pan de molde utilizando harina de trigo, harina de quinua y harina de cushuro.

Run	Block	A: Harina de Trigo %	B: Harina de Cushuro %	C: Harina de quinua %
1	Block 1	85	2	13
2	Block 1	79	1	20
3	Block 1	85	2	13
4	Block 1	95	0	5
5	Block 1	90	0	10
6	Block 1	75	5	20
7	Block 1	88	5	7
8	Block 1	95	0	5
9	Block 1	92	3	5
10	Block 1	79	1	20
11	Block 1	88	5	7
12	Block 1	75	5	20
13	Block 1	92	3	5

Fuente: Design Expert 7.0

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la harina de quinua y harina de cushuro

En la Tabla 12 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de las materias primas (quinua y cushuro) y de las harinas obtenidas a partir de estos insumos. En general, se observó que las propiedades proximales variaron de acuerdo con la naturaleza del material y el proceso de deshidratación y molienda aplicado.

En el caso del grano de quinua, se registró un contenido de humedad de 11.42 ± 0.15 %, mientras que la harina de quinua presentó una humedad menor (8.84 ± 0.12 %), lo cual evidenció el efecto del proceso de molienda y acondicionamiento previo del grano. Asimismo, el contenido de proteína en el grano fue de 14.28 ± 0.22 %, mientras que en la harina se registró 12.68 ± 0.18 %, manteniéndose como uno de los componentes nutricionales más importantes de esta materia prima. En cuanto a la grasa, se obtuvo un valor de 6.75 ± 0.11 % en el grano y 4.96 ± 0.09 % en la harina, mientras que el contenido de fibra cruda fue de 4.96 ± 0.09 % en el grano y 3.18 ± 0.07 % en la harina. Por otro lado, el contenido de cenizas se mantuvo relativamente estable, con valores de 2.58 ± 0.05 % en el grano y 2.47 ± 0.04 % en la harina.

Respecto al cushuro fresco, se observó un contenido de humedad considerablemente elevado (96.84 ± 0.18 %), característica típica de este recurso biológico debido a su naturaleza gelatinosa y su elevado contenido de agua. Sin embargo, luego del proceso de deshidratación y molienda, la harina de cushuro presentó una humedad reducida de 6.91 ± 0.10 %, lo cual favorece su estabilidad y almacenamiento. Asimismo, la harina de cushuro mostró un contenido de proteína relativamente alto (28.74 ± 0.26 %) en comparación con la

harina de quinua, lo que evidencia su potencial como ingrediente con aporte proteico en la formulación de productos alimentarios. Del mismo modo, el contenido de cenizas alcanzó 7.81 ± 0.06 %, indicando una importante presencia de minerales en este recurso.

Tabla 12

Caracterización fisicoquímica de las materias primas y harinas obtenidas de quinua y cushuro.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (%)
Grano de quinua	11.42 ± 0.15	14.28 ± 0.22	6.75 ± 0.11	4.96 ± 0.09	2.58 ± 0.05	60.01 ± 0.31
Cushuro fresco	96.84 ± 0.18	0.74 ± 0.03	0.03 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.21 ± 0.01	2.08 ± 0.07
Harina de quinua	8.84 ± 0.12	12.68 ± 0.18	4.96 ± 0.09	3.18 ± 0.07	2.47 ± 0.04	67.87 ± 0.24
Harina de cushuro	6.91 ± 0.10	28.74 ± 0.26	0.69 ± 0.03	0.93 ± 0.02	7.81 ± 0.06	54.92 ± 0.31

Nota: Los resultados se expresan en porcentaje (%) en base húmeda y corresponden al promedio \pm desviación estándar de tres determinaciones.

En la harina de quinua, el contenido de proteína obtenido se encontró dentro de rangos reportados para este pseudocereal. La quinua es reconocida por su elevado valor nutricional y por su aporte de aminoácidos esenciales, lo que la convierte en un ingrediente de interés para el desarrollo de alimentos con mayor calidad proteica (Manzanilla-Valdez et al., 2024). Asimismo, el contenido de humedad registrado fue adecuado para una harina estabilizada, lo cual coincide con lo señalado por Paucar-Menacho et al. (2023), quienes indican que el procesamiento de pseudocereales como la quinua permite obtener harinas con menor contenido de agua y mayor estabilidad durante el almacenamiento.

Por otro lado, el alto contenido de carbohidratos observado en la harina de quinua se relaciona con su elevada proporción de almidón, característica que

explica su uso frecuente como fuente energética en productos alimentarios y formulaciones panificables (Wang et al., 2025).

En contraste, la harina de cushuro presentó un contenido de proteína mayor que la harina de quinua, lo cual coincide con lo reportado en estudios recientes sobre *Nostoc sphaericum*. Méndez-Ancca et al. (2023) señalaron que esta cianobacteria comestible posee cantidades importantes de proteínas y minerales, lo que evidencia su potencial como ingrediente nutricional en alimentos. Asimismo, el elevado contenido de cenizas registrado en la harina de cushuro refleja una presencia considerable de minerales, principalmente hierro y calcio, los cuales han sido reportados en investigaciones sobre este recurso andino (Pellegrini et al., 2018).

4.2 Determinación de la formulación óptimo de pan de molde elaborado con harina de quinua y harina de cushuro

4.2.1 Efecto de la sustitución de Harina de quinua y cushuro en las características fisicoquímicas de pan de molde.

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la composición fisicoquímica (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con diferentes proporciones de harina de trigo, quinua y cushuro según el diseño experimental D-óptimo. Los resultados mostraron que la composición nutricional del pan varió en función de las proporciones de los ingredientes utilizados en la mezcla.

En general, se observó que el contenido de proteína osciló aproximadamente entre 10.08 % y 13.18 %, siendo el tratamiento T6 (75 % trigo, 20 % quinua y 5 % cushuro) el que presentó los valores más altos. Esto sugiere que el incremento de las proporciones de quinua y cushuro contribuyó a aumentar el contenido proteico del producto. Por otro lado, los valores más bajos se observaron en los

tratamientos con mayor proporción de harina de trigo y menor inclusión de las otras harinas. En cuanto al contenido de grasa, los valores variaron entre 2.88 % y 3.36 %, mostrando ligeras diferencias entre tratamientos. Los valores más altos se presentaron también en el tratamiento T6, lo que podría estar asociado al mayor contenido de lípidos presentes en la harina de quinua.

Respecto a la fibra dietética, los resultados fluctuaron aproximadamente entre 2.98 % y 5.40 %, evidenciándose los valores más elevados en el tratamiento T12, seguido por los tratamientos T6 y T10, los cuales contienen mayor proporción de quinua y cushuro. Estos resultados indican que la incorporación de estas harinas contribuye a mejorar el contenido de fibra dietética del pan.

En la Tabla 13 se observa la composición fisicoquímica del pan de molde en función de las diferentes proporciones de harina de trigo, quinua y cushuro. Los resultados muestran que el contenido de proteína varía aproximadamente entre 10.08 % y 13.18 %, evidenciándose los valores más altos en las formulaciones con mayor proporción de quinua y cushuro (por ejemplo, 75 % trigo, 5 % cushuro y 20 % quinua), lo cual indica el aporte proteico de estas materias primas. En cuanto a la grasa, los valores se encuentran en un rango de 2.66 % a 3.36 %, observándose un ligero incremento en formulaciones con mayor contenido de quinua, lo que sugiere que este ingrediente influye moderadamente en dicha variable. Respecto a la fibra dietética, se aprecia un aumento significativo conforme se incrementa el porcentaje de cushuro y quinua, alcanzando valores máximos cercanos a 5.40 %, mientras que las formulaciones con mayor proporción de trigo presentan los valores más bajos (alrededor de 3.0 %).

En conjunto, los resultados evidencian que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y cushuro mejora el perfil nutricional del pan de molde, principalmente en términos de **proteína y fibra dietética**, manteniendo variaciones moderadas en el contenido de grasa.

Tabla 13

Composición fisicoquímica (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro según el diseño experimental D-óptimo.

A: Harina de Trigo %	B: Harina de Cushuro %	C: Harina de quinua %	% proteína	% Grasa	% fibra dietética
85	2	13	11.42	3.06	4.08
79	1	20	11.68	3.29	4.21
85	2	13	11.47	3.03	4.14
95	0	5	10.08	2.66	3.01
90	0	10	10.64	2.84	3.39
75	5	20	13.12	3.36	5.34
88	5	7	11.29	2.88	4.05
95	0	5	10.12	2.69	2.98
92	3	5	10.63	2.77	3.56
79	1	20	11.73	3.25	4.26
88	5	7	11.33	2.91	4.11
75	5	20	13.18	3.32	5.4
92	3	5	10.69	2.81	3.61

En la Tabla 14 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las variables fisicoquímicas del pan de molde. En general, se observa que los modelos muestran un buen nivel de ajuste, con coeficientes de determinación (R^2) de 0.891 para proteína, 0.873 para grasa y 0.841 para fibra dietética, lo que indica que el modelo explica una alta proporción de la variabilidad de los datos.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las variables fisicoquímicas (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro.

Variable	Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p	R ²
% proteína	Model	8.05	5	1.61	3.43	0.0696	0.891
	Linear Mixture	3.15	2	1.58	3.36	0.0951	
	AB	4.89	1	4.89	10.42	0.0145	
	AC	0.052	1	0.052	0.11	0.7482	
	BC	4.60	1	4.60	9.80	0.0166	
	Residual	3.29	7	0.47			
	Lack of Fit	0.16	1	0.16	0.30	0.6016	
	Pure Error	3.13	6	0.52			
% Grasa	Model	0.54	5	0.11	3.86	0.0533	0.873
	Linear Mixture	0.20	2	0.098	3.52	0.0877	
	AB	0.31	1	0.31	11.17	0.0124	
	AC	4.487E-5	1	4.487E-5	1.616E-3	0.9691	
	BC	0.34	1	0.34	12.14	0.0102	
	Residual	0.19	7	0.028			
	Lack of Fit	0.040	1	0.040	1.55	0.2593	
	Pure Error	0.15	6	0.026			
% Fibra dietética	Model	4.88	5	0.98	3.87	0.0532	0.841
	Linear Mixture	1.76	2	0.88	3.49	0.0890	
	AB	3.08	1	3.08	12.22	0.0101	
	AC	0.056	1	0.056	0.22	0.6521	
	BC	2.80	1	2.80	11.09	0.0126	
	Residual	1.77	7	0.25			
	Lack of Fit	0.093	1	0.093	0.33	0.5842	
	Pure Error	1.67	6	0.28			

Para la variable % proteína, el modelo global no resulta significativo ($p > 0.05$); sin embargo, se identifican efectos significativos en las interacciones AB y BC ($p < 0.05$), lo que indica que la combinación de harinas influye de manera importante en esta variable. Asimismo, la prueba de falta de ajuste (Lack of Fit) no es

significativa ($p > 0.05$), lo que confirma la adecuación del modelo. En el caso de % grasa, se observa un comportamiento similar, donde el modelo global presenta una significancia marginal (p cercano a 0.05), pero las interacciones AB y BC son altamente significativas ($p < 0.05$). Esto evidencia que la proporción conjunta de las harinas tiene mayor influencia que los efectos individuales. Además, la falta de ajuste no es significativa, lo que respalda la validez del modelo. Respecto a la fibra dietética, el modelo también muestra un ajuste adecuado, con interacciones AB y BC significativas ($p < 0.05$), indicando que estas combinaciones afectan significativamente el contenido de fibra. Al igual que en las otras variables, la falta de ajuste no es significativa, confirmando que el modelo describe adecuadamente el comportamiento experimental.

En la tabla 15 se presentan las ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas que describen el comportamiento de las variables fisicoquímicas en función de las proporciones de harina de trigo (A), quinua (B) y cushuro (C). Se observa que los coeficientes asociados a la harina de quinua (B) presentan mayor magnitud, lo que indica una mayor influencia de este componente sobre las variables evaluadas. Asimismo, las interacciones entre los componentes de la mezcla, especialmente $A \times B$ y $B \times C$, evidencian efectos combinados importantes en la respuesta, confirmando que el comportamiento de las propiedades no depende únicamente de cada harina por separado, sino de su interacción dentro de la formulación.

Tabla 15

Ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables físicoquímicas (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.

Ecuaciones del modelo cuadrático
% proteína=0.10161.A+24.30037.B-0.017050.C-0.2508.A.B+2.88190E-3.A.C-0.26791.B.C.
% Grasa=0.026697.A+6.16378.B+0.069353.C-0.063137.A.B-8.43299E-5.A.C-0.072531.B.C
% fibra dietética=0.031135.A+19.18977.B-0.12186.C-0.1991.A.B+2.97752E-3.A.C-0.20897.B.C

La Figura 4 muestra las superficies de respuesta y los gráficos de contorno correspondientes a las variables físicoquímicas del pan de molde, evidenciando el efecto de las proporciones de harina de trigo, quinua y cushuro dentro del sistema de mezclas. En general, se observa que las respuestas presentan un comportamiento continuo y dependiente de la combinación de los tres componentes, lo que confirma la existencia de interacciones entre ellos.

En el caso del porcentaje de proteína, los valores más elevados se ubican en las regiones donde la proporción de harina de quinua es mayor, lo cual resulta coherente debido a su reconocido aporte proteico. Además, la ligera curvatura de la superficie sugiere que no solo influye la quinua de manera individual, sino también su interacción con el cushuro y el trigo. Por otro lado, el contenido de grasa presenta una variación más moderada, aunque también tiende a incrementarse en zonas con mayor participación de quinua, evidenciando que este componente contribuye de manera importante a esta propiedad, aunque con menor intensidad que en el caso de la proteína.

Respecto a la fibra dietética, se aprecia un incremento significativo en las zonas donde la proporción de cushuro es mayor, lo cual indica que este ingrediente tiene

un rol determinante en el enriquecimiento de fibra del producto. La superficie en este caso presenta cambios más marcados, reflejando una mayor sensibilidad de la variable frente a las variaciones en la formulación.

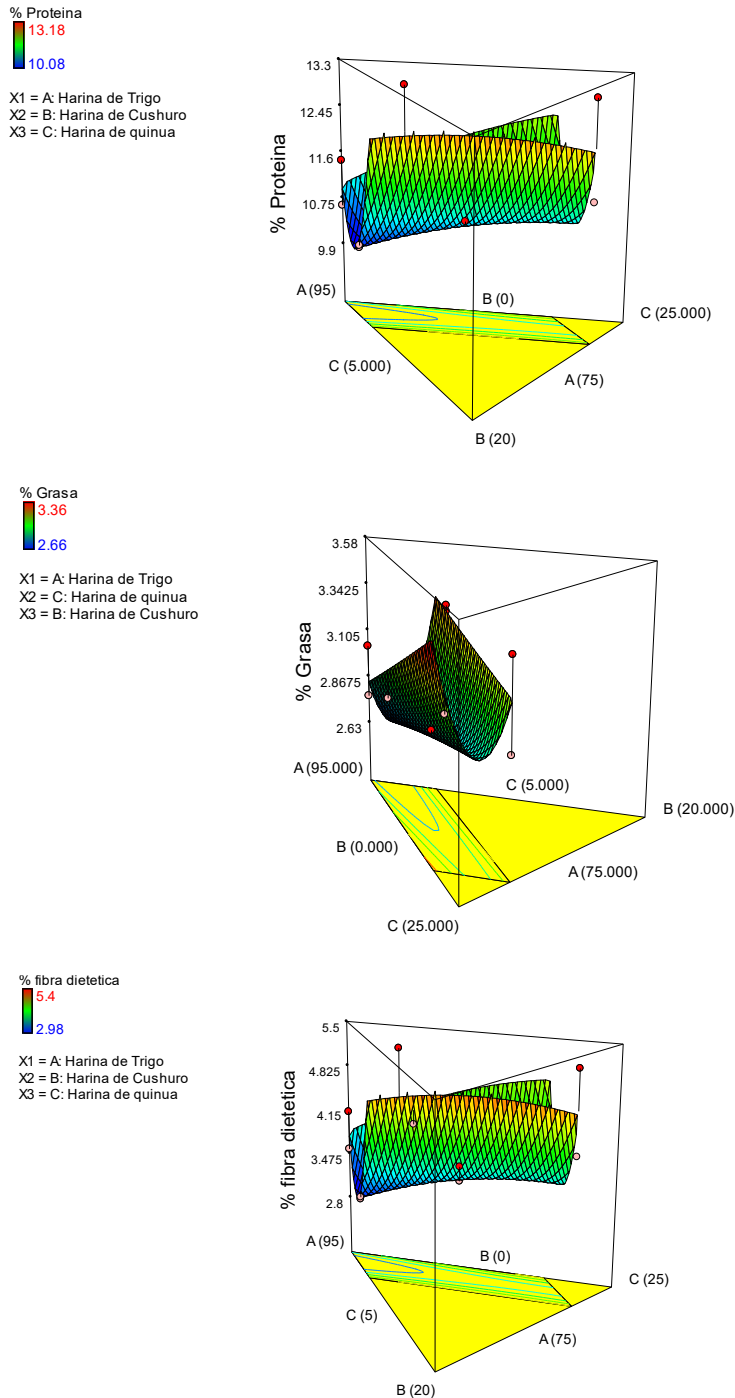


Figura 4 Superficies de respuesta y gráficos de contorno del modelo de mezclas para las variables fisicoquímicas (% proteína, % grasa y % fibra dietética) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro

Los resultados obtenidos evidenciaron que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y cushuro influyó significativamente en las características fisicoquímicas del pan de molde, especialmente en el contenido de proteína y fibra dietética. En el caso de la proteína, se observó un incremento progresivo conforme aumentó la proporción de quinua en la formulación, alcanzando valores máximos en mezclas con mayor contenido de este pseudocereal. Este comportamiento coincide con lo reportado por Coțovanu et al. (2023), quienes señalaron que la incorporación de harina de quinua en productos panificados incrementa significativamente el contenido proteico debido a su alto valor nutricional.

Asimismo, el cushuro también contribuyó al aumento de la proteína, aunque en menor proporción, lo cual puede explicarse por su composición rica en nutrientes. Según Méndez-Ancca et al. (2023), el cushuro (*Nostoc sphaericum*) presenta un contenido proteico cercano al 28 %, lo que respalda su uso como ingrediente funcional en alimentos. En este sentido, la combinación de quinua y cushuro en la matriz de panificación permitió obtener un producto con mejor perfil proteico, lo cual también ha sido observado en estudios que evalúan la incorporación de ingredientes andinos en productos farináceos (Paucar-Menacho et al., 2024).

En relación con el contenido de grasa, los resultados mostraron un incremento moderado en las formulaciones con mayor proporción de quinua, lo cual se debe a que este pseudocereal posee una mayor cantidad de lípidos en comparación con la harina de trigo. Este comportamiento ha sido reportado por Wang et al. (2021), quienes evidenciaron que la sustitución de harina de trigo por harina de quinua incrementa el contenido graso del pan, aunque sin afectar negativamente su valor

nutricional. No obstante, el cushuro no tuvo un efecto significativo en esta variable, debido a su bajo contenido lipídico (Méndez-Ancca et al., 2023).

Por otro lado, la fibra dietética presentó los mayores incrementos en las formulaciones con mayor contenido de cushuro, lo que evidencia su aporte como fuente de compuestos estructurales no digeribles. Este resultado es coherente con lo indicado por Madhumathi et al. (2025), quienes reportaron que la incorporación de harinas alternativas como la quinua incrementa el contenido de fibra en productos panificados. Además, el cushuro contribuye a este efecto debido a su composición rica en polisacáridos y minerales, lo que mejora el valor funcional del producto final (Méndez-Ancca et al., 2023).

4.2.2 Efecto de la sustitución de Harina de quinua y cushuro en las características tecnológicas de pan de molde.

La Tabla 16 muestra que las características tecnológicas del pan de molde varían en función de la proporción de harina de trigo, quinua y cushuro empleada en la mezcla. En términos de dureza, los valores oscilaron aproximadamente entre 9.02 y 10.91 N, observándose mayores valores en formulaciones con mayor contenido de trigo, lo que indica una estructura más firme asociada al desarrollo del gluten. En contraste, las mezclas con mayor proporción de quinua y cushuro tendieron a presentar menor dureza, reflejando una matriz menos compacta.

Respecto a la fracturabilidad, los valores se mantuvieron en un rango relativamente estrecho (5.59 a 6.67 N), lo que sugiere que, aunque existe cierta influencia de la formulación, esta propiedad no varía de manera tan marcada como la dureza. Sin embargo, se aprecia una ligera disminución en formulaciones con mayor contenido de quinua y cushuro, lo cual podría relacionarse con una textura

más suave. En cuanto al volumen específico, se evidenció un comportamiento inverso a la dureza, con valores más altos (hasta 3.54 cm³/g) en mezclas con mayor proporción de quinua y cushuro, lo que indica una mejor expansión del pan. Por el contrario, las formulaciones con mayor contenido de trigo presentaron menores volúmenes específicos, lo que sugiere una menor retención de gases en comparación con las mezclas enriquecidas.

Tabla 16

Características tecnológicas (Dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro según el diseño experimental D-óptimo.

A: Harina de Trigo %	B: Harina de Cushuro %	C: Harina de quinua %	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)	Volumen específico (cm³/g)
85	2	13	10.1	6.25	3.23
79	1	20	9.47	5.88	3.42
85	2	13	9.97	6.12	3.18
95	0	5	10.82	6.67	2.88
90	0	10	10.44	6.34	3.09
75	5	20	9.02	5.71	3.54
88	5	7	10.2	6.21	3.01
95	0	5	10.91	6.63	2.87
92	3	5	10.62	6.49	2.92
79	1	20	9.4	5.96	3.35
88	5	7	10.1	6.29	3.02
75	5	20	9.12	5.59	3.45
92	3	5	10.68	6.44	2.84

La Tabla 17 presenta el análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las características tecnológicas del pan de molde. En general, se observa que los modelos son altamente significativos ($p < 0.0001$) para todas las variables evaluadas (dureza, fracturabilidad y volumen específico), lo

que indica que las proporciones de harina de trigo, quinua y cushuro influyen de manera importante en estas propiedades.

Tabla 17

Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las características tecnológicas (dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro.

Variable	Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p	R ²
Dureza (N)	Model	4.89	5	0.98	248.33	< 0.0001	0.994
	Linear Mixture	4.88	2	2.44	618.80	< 0.0001	
	AB	0.013	1	0.013	3.28	0.1130	
	AC	1.287E-3	1	1.287E-3	0.33	0.5856	
	BC	0.015	1	0.015	3.77	0.0933	
	Residual	0.028	7	3.942E-3			
	Lack of Fit	8.430E-4	1	8.430E-4	0.19	0.6789	
	Pure Error	0.027	6	4.458E-3			
Fracturabilidad (N)	Model	1.33	5	0.27	61.46	< 0.0001	0.977
	Linear Mixture	1.32	2	0.66	153.50	< 0.0001	
	AB	7.932E-4	1	7.932E-4	0.18	0.6810	
	AC	6.038E-5	1	6.038E-5	0.014	0.9092	
	BC	5.083E-4	1	5.083E-4	0.12	0.7415	
	Residual	0.030	7	4.315E-3			
	Lack of Fit	6.107E-3	1	6.107E-3	1.52	0.2637	
	Pure Error	0.024	6	4.017E-3			
volumen específico (cm ³ /g)	Model	0.69	5	0.14	87.21	< 0.0001	0.984
	Linear Mixture	0.68	2	0.34	215.55	< 0.0001	
	AB	1.125E-4	1	1.125E-4	0.071	0.7974	
	AC	4.906E-3	1	4.906E-3	3.10	0.1216	
	BC	8.181E-5	1	8.181E-5	0.052	0.8266	
	Residual	0.011	7	1.582E-3			
	Lack of Fit	2.540E-5	1	2.540E-5	0.014	0.9103	
	Pure Error	0.011	6	1.842E-3			

En el caso de la dureza, el modelo muestra un ajuste excelente ($R^2 = 0.994$), siendo la mezcla lineal el principal factor significativo, mientras que las

interacciones entre componentes no presentan significancia estadística ($p > 0.05$). Asimismo, el “lack of fit” no es significativo, lo que confirma que el modelo describe adecuadamente los datos experimentales.

Para la fracturabilidad, también se obtiene un buen ajuste ($R^2 = 0.977$) y se evidencia que la variación de esta propiedad está explicada principalmente por los efectos lineales de la mezcla, mientras que las interacciones no son significativas. De igual manera, el modelo presenta un adecuado ajuste al no existir falta de ajuste significativa.

En cuanto al volumen específico, el modelo presenta un alto coeficiente de determinación ($R^2 = 0.984$) y, al igual que en las otras variables, la mezcla lineal es el factor predominante. Las interacciones entre componentes no resultan significativas, y el lack of fit no significativo confirma la validez del modelo.

La **Tabla 18** presenta las ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables tecnológicas del pan de molde, permitiendo describir cómo influyen las proporciones de harina de trigo (A), quinua (C) y cushuro (B) sobre la dureza, fracturabilidad y volumen específico.

En el caso de la **dureza**, la ecuación muestra que la harina de trigo (A) tiene un efecto positivo importante sobre esta propiedad, lo que indica que, a mayor proporción de trigo, el pan tiende a ser más firme. En contraste, la harina de cushuro (B) presenta un efecto negativo, sugiriendo que su incorporación reduce la dureza, generando productos más blandos. Las interacciones, especialmente A.C y B.C, evidencian que la combinación de ingredientes modifica el comportamiento mecánico del pan, lo cual es típico en sistemas de mezclas.

Respecto a la **fracturabilidad**, se observa que el coeficiente negativo de la harina de trigo indica que incrementos en este componente disminuyen la facilidad

de fractura. Por otro lado, la harina de quinua (C) muestra un efecto positivo, favoreciendo una mayor fracturabilidad. Las interacciones entre componentes tienen coeficientes pequeños, lo que sugiere que su influencia es menos marcada en comparación con los efectos individuales.

En cuanto al **volumen específico**, la harina de cushuro (B) presenta el mayor efecto positivo, lo que indica que contribuye a mejorar la expansión del pan. En cambio, la harina de quinua (C) tiene un efecto negativo, reduciendo el volumen cuando se incrementa su proporción. Las interacciones también influyen en menor grado, pero reflejan que la combinación adecuada de ingredientes puede optimizar la estructura del pan.

Tabla 18

Ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables características tecnológicas (dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.

Ecuaciones del modelo cuadrático
Dureza=0.11301.A-1.22682.B-0.015442.C+0.012892.A.B+4.51674E4.A.C+0.015223.B.C
Fracturabilidad=0.06863.A-0.28798B+0.030849.C+3.19289E-3.A.B-9.78270E-5.A.C.+2.81571E-3.B.C.
Volumen específico=0.02623.A+0.13645.B-7.0089E-3.C-1.203E-3.A.B+8.8182E-4.A.C+1.1297E-3.B.C

La Figura 5 muestra las superficies de respuesta y los diagramas de contorno para las variables tecnológicas del pan de molde, evidenciando cómo la proporción de harinas influye en su comportamiento mecánico y estructural.

En el caso de la dureza, se observa una tendencia creciente hacia las zonas con mayor proporción de harina de trigo, lo que indica que este componente aporta

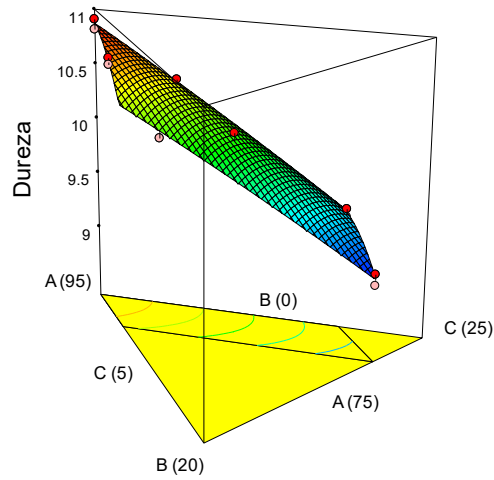
mayor firmeza al producto. Por el contrario, cuando aumenta la participación de cushuro y quinua, la dureza disminuye ligeramente, generando panes más suaves.

Para la fracturabilidad, la superficie presenta una variación moderada, donde los valores más altos se ubican en mezclas con mayor contenido de quinua y menor proporción de trigo. Esto sugiere que la quinua favorece una estructura más frágil o quebradiza, mientras que el trigo contribuye a una miga más cohesiva.

En cuanto al volumen específico, se aprecia que los valores más altos se concentran en regiones con mayor proporción de cushuro, lo que indica que este ingrediente favorece la expansión del pan. En contraste, el incremento de harina de quinua tiende a reducir el volumen, posiblemente por afectar la formación de la red de gluten.

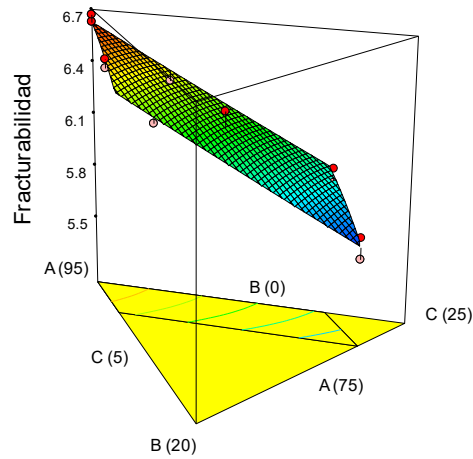
Dureza
 10.91
 9.02

X1 = A: Harina de Trigo
 X2 = B: Harina de Cushuro
 X3 = C: Harina de quinua



Fracturabilidad
 6.67
 5.59

X1 = A: Harina de Trigo
 X2 = B: Harina de Cushuro
 X3 = C: Harina de quinua



Volumen específico
 3.54
 2.84

X1 = A: Harina de Trigo
 X2 = B: Harina de Cushuro
 X3 = C: Harina de quinua

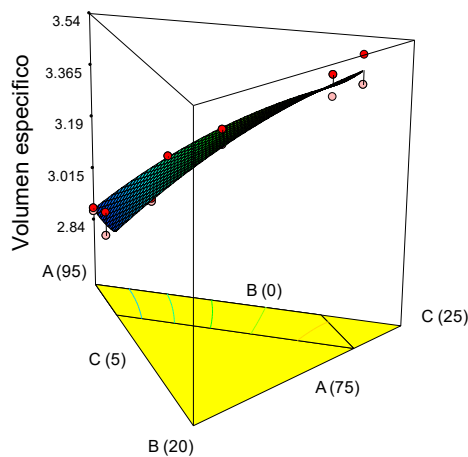


Figura 5 Superficies de respuesta y gráficos de contorno del modelo de mezclas para las variables características tecnológicas (dureza, Fracturabilidad y volumen específico) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.

Los resultados muestran que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y cushuro influye directamente en las propiedades tecnológicas del pan de molde, particularmente en la dureza, fracturabilidad y volumen específico. Se evidenció que un mayor contenido de harina de trigo incrementa la dureza del producto, lo cual se asocia a la formación de una red de gluten más continua y resistente. Este comportamiento ha sido reportado por Mensah, et al. (2025), quienes señalan que la reducción del gluten mediante la incorporación de harinas no convencionales genera cambios estructurales que disminuyen la firmeza del pan.

En cuanto a la fracturabilidad, se observó que la adición de quinua tiende a incrementar la fragilidad de la miga. Esto se explica porque las proteínas de la quinua no forman redes viscoelásticas comparables al gluten, lo que debilita la estructura interna del pan. De manera similar, Aguiar et al. (2022) reportaron que la inclusión de pseudocereales como la quinua altera la cohesión de la masa, produciendo productos más quebradizos. Respecto al volumen específico, los resultados evidencian que la sustitución con quinua reduce este parámetro, mientras que el cushuro podría contribuir a mejorar la retención de gases debido a la presencia de compuestos hidrocoloides. Este comportamiento coincide con lo indicado por Alvarez-Jubete et al. (2018), quienes mencionan que la sustitución con harinas sin gluten disminuye el volumen del pan debido a la menor capacidad de retención de CO₂ durante la fermentación.

En conjunto, los resultados confirman que la sustitución de harina de trigo por quinua y cushuro genera un efecto combinado sobre la textura y estructura del pan, siendo necesario optimizar las proporciones para mantener la calidad tecnológica. Estos hallazgos concuerdan con estudios recientes que destacan la

importancia del diseño de mezclas en la formulación de productos panificados con ingredientes alternativos (Houben et al., 2019).

4.2.3 Efecto de la sustitución de Harina de quinua y cushuro en las características sensoriales de pan de molde.

La Tabla 19 muestra los resultados de la evaluación sensorial del pan de molde en términos de olor, sabor, textura y color, evidenciando una aceptabilidad general favorable en todos los tratamientos, con valores comprendidos aproximadamente entre 3.4 y 4.2 en la escala hedónica de 5 puntos.

Se observa que los mejores puntajes sensoriales se concentran en formulaciones con mayor proporción de harina de trigo y niveles moderados de sustitución, destacando valores de sabor y textura superiores a 4.0, lo que indica una buena aceptación por parte de los evaluadores. En contraste, cuando aumenta la proporción de harina de quinua y cushuro (por ejemplo, 20% de quinua), los puntajes tienden a disminuir ligeramente, especialmente en olor y textura, lo cual sugiere que niveles altos de sustitución pueden afectar las características sensoriales del producto.

Asimismo, la textura y el sabor fueron los atributos mejor valorados, mientras que el olor y color presentaron mayor variabilidad entre tratamientos. Esto indica que las modificaciones en la formulación influyen principalmente en la percepción aromática y visual del pan.

Tabla 19

Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro según el diseño experimental D-óptimo.

A: Harina de Trigo %	B: Harina de Cushuro %	C: Harina de quinua %	Olor	Sabor	Textura	Color
85	2	13	3.82	3.94	3.98	3.9
79	1	20	3.88	4.12	4.06	4.08
85	2	13	3.79	3.89	3.95	3.87
95	0	5	3.91	4.18	4.11	4.15
90	0	10	3.86	4.09	4.02	4.04
75	5	20	3.68	3.42	3.71	3.48
88	5	7	3.73	3.58	3.79	3.55
95	0	5	3.89	4.22	4.08	4.18
92	3	5	3.77	3.76	3.88	3.72
79	1	20	3.84	4.09	4.03	4.05
88	5	7	3.7	3.61	3.75	3.58
75	5	20	3.66	3.39	3.68	3.44
92	3	5	3.8	3.81	3.9	3.75

La **Tabla 20** presenta el análisis de varianza (ANOVA) del modelo de mezclas para las características sensoriales del pan de molde, evidenciando el efecto de las harinas sobre olor, sabor, textura y color. En general, se observa que el **modelo es significativo para todas las variables sensoriales** ($p < 0.05$), lo que indica que las proporciones de harina influyen en la percepción del producto. Asimismo, los valores de **R² (0.856–0.872)** muestran un buen ajuste del modelo, explicando adecuadamente la variabilidad de los datos.

Tabla 20

Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para las Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua y cushuro.

Variable	Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p	R²
Olor	Model	0.078	5	0.016	30.65	0.0001	0.856
	Linear Mixture	0.077	2	0.039	75.62	< 0.0001	
	AB	1.176E-6	1	1.176E-6	2.305E-3	0.9630	
	AC	1.842E-4	1	1.842E-4	0.36	0.5668	
	BC	3.577E-5	1	3.577E-5	0.070	0.7988	
	Residual	3.570E-3	7	5.100E-4			
	Lack of Fit	1.020E-3	1	1.020E-3	2.40	0.1723	
	Pure Error	2.550E-3	6	4.250E-4			
Sabor	Model	0.96	5	0.19	58.21	< 0.0001	0.865
	Linear Mixture	0.93	2	0.47	142.12	< 0.0001	
	AB	3.790E-4	1	3.790E-4	0.12	0.7442	
	AC	3.934E-6	1	3.934E-6	1.197E-3	0.9734	
	BC	2.047E-3	1	2.047E-3	0.62	0.4560	
	Residual	0.023	7	3.288E-3			
	Lack of Fit	0.018	1	0.018	23.70	0.0028	
	Pure Error	4.650E-3	6	7.750E-4			
Textura	Model	0.25	5	0.050	37.21	< 0.0001	0.864
	Linear Mixture	0.24	2	0.12	91.21	< 0.0001	
	AB	6.072E-4	1	6.072E-4	0.46	0.5214	
	AC	4.399E-6	1	4.399E-6	3.299E-3	0.9558	
	BC	1.597E-4	1	1.597E-4	0.12	0.7395	
	Residual	9.333E-3	7	1.333E-3			
	Lack of Fit	6.533E-3	1	6.533E-3	14.00	0.0096	
	Pure Error	2.800E-3	6	4.667E-4			
Color	Model	0.80	5	0.16	47.92	< 0.0001	0.872
	Linear Mixture	0.79	2	0.40	118.90	< 0.0001	
	AB	8.040E-4	1	8.040E-4	0.24	0.6380	
	AC	3.932E-6	1	3.932E-6	1.182E-3	0.9735	
	BC	1.686E-3	1	1.686E-3	0.51	0.4995	
	Residual	0.023	7	3.327E-3			
	Lack of Fit	0.020	1	0.020	39.81	0.0007	
	Pure Error	3.050E-3	6	5.083E-4			
	Model	0.80	5	0.16	47.92	< 0.0001	

Para la variable **olor**, el efecto lineal de la mezcla es significativo ($p < 0.0001$), mientras que las interacciones no presentan significancia, lo que sugiere que el olor depende principalmente de la proporción individual de las harinas y no de su interacción. En el caso del **sabor**, además del efecto lineal significativo, se observa que el modelo presenta un buen ajuste; sin embargo, el **lack of fit es significativo ($p < 0.05$)**, lo que indica que podría existir cierta variabilidad no explicada por el modelo.

Respecto a la **textura**, el modelo también es significativo, pero presenta lack of fit significativo, lo que sugiere que el comportamiento de esta variable podría ser más complejo y depender de otros factores no incluidos en el modelo. Finalmente, para el **color**, el modelo es significativo y con buen ajuste, aunque también presenta lack of fit significativo, lo que indica posibles desviaciones entre los valores experimentales y los predichos.

Tabla 21

Ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.

Ecuaciones del modelo cuadrático
Olor=0.039076.A-2.45533E-3.B+0.051959.C+1.22924E-4.AB-1.70845E-4.AC-7.46928E-4.BC
Sabor=0.041354.A+0.15742.B+0.044159.C-2.20709E-3.A.B+2.49710E-5.A.C-5.65039E-3.BC
Textura=0.040679.A-0.27893.B+0.043995.C+2.79358E-3.AB-2.64030E-5.AC+1.57809E-3B.C
Color=0.041093.A+0.24326.B+0.046492.C-3.21473E-3.A.B-2.49627E-5.A.C-5.12852E-3.B.C.

La **Tabla 21** presenta las ecuaciones del modelo cuadrático de mezclas (Scheffé) para las variables sensoriales del pan de molde, permitiendo analizar la influencia de las harinas sobre el olor, sabor, textura y color.

En el caso del **olor**, se observa que la harina de trigo (A) tiene un efecto positivo, mientras que la harina de cushuro (B) presenta un efecto negativo más pronunciado, lo que indica que mayores proporciones de cushuro pueden disminuir la aceptabilidad aromática. Las interacciones tienen coeficientes muy pequeños, evidenciando una baja influencia conjunta.

Para el sabor, tanto la harina de trigo como la de cushuro presentan efectos positivos, siendo el cushuro el de mayor magnitud, lo que sugiere que su incorporación puede mejorar la percepción gustativa en ciertas proporciones. La quinua (C) también contribuye positivamente, aunque en menor grado.

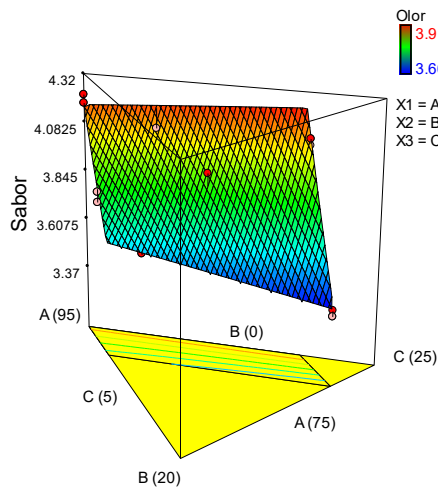
En la textura, la harina de cushuro muestra un efecto negativo considerable, indicando que altos niveles pueden afectar la percepción sensorial, mientras que la quinua y el trigo presentan efectos positivos moderados, contribuyendo a una mejor aceptabilidad.

Respecto al color, tanto la harina de trigo como la de cushuro influyen positivamente, mientras que la quinua presenta un efecto negativo, lo que sugiere que su incremento puede afectar la apariencia del producto. Las interacciones nuevamente presentan efectos bajos.

La Figura 6 presenta las superficies de respuesta y gráficos de contorno del modelo de mezclas para las variables sensoriales del pan de molde, permitiendo visualizar cómo influyen las proporciones de harina de trigo, quinua y cushuro en la aceptación del producto.

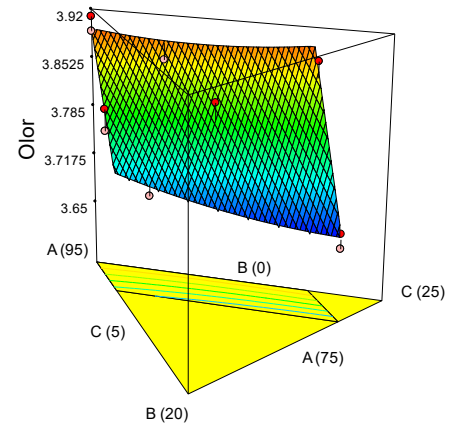
Sabor
4.22
3.39

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Cushuro
X3 = C: Harina de quinua



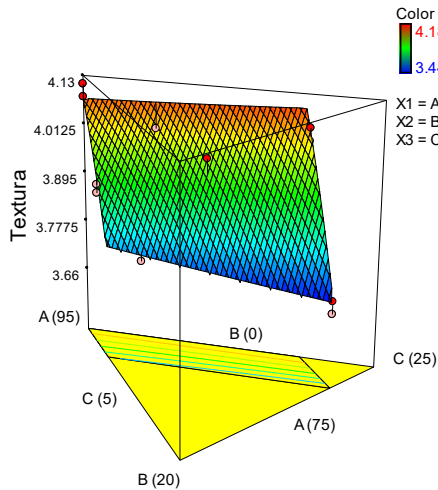
Olor
3.91
3.66

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Cushuro
X3 = C: Harina de quinua



Textura
4.11
3.68

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Cushuro
X3 = C: Harina de quinua



Color
4.18
3.44

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Cushuro
X3 = C: Harina de quinua

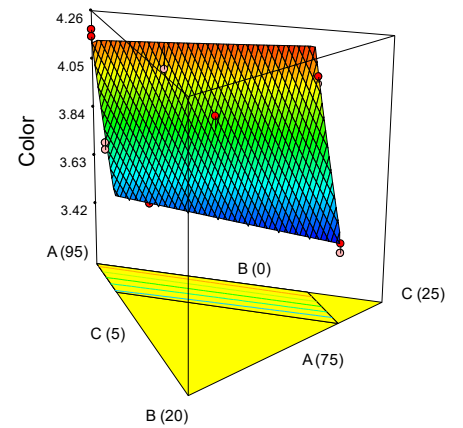


Figura 6 Superficies de respuesta y gráficos de contorno del modelo de mezclas para las variables Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color) del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro..

En el caso del sabor, se observa que los valores más altos se concentran en regiones con mayor proporción de harina de trigo y niveles moderados de sustitución, mientras que al aumentar la quinua o el cushuro los puntajes

disminuyen ligeramente, indicando una menor aceptabilidad gustativa en altas sustituciones.

Para el olor, la superficie muestra una tendencia similar, donde los mejores valores se ubican en zonas con predominio de trigo. A medida que se incrementa la proporción de quinua y cushuro, el olor tiende a disminuir, lo que sugiere que estos ingredientes aportan notas sensoriales menos aceptadas cuando se usan en altas cantidades.

En cuanto a la textura, se evidencia que los valores más favorables se logran con combinaciones balanceadas, aunque nuevamente el trigo juega un rol importante en mantener una textura más aceptada. Altos niveles de sustitución generan una ligera disminución en la percepción de calidad textural.

Respecto al color, los mayores puntajes se observan en formulaciones con mayor contenido de trigo, mientras que el incremento de quinua reduce la aceptabilidad visual, posiblemente por cambios en la tonalidad del pan.

4.2.4 Determinación de la formulación óptima de harina de trigo, quinua y cushuro de pan de molde.

La Tabla 22 presenta los criterios establecidos para la optimización de la formulación del pan de molde mediante la función de deseabilidad, considerando variables de composición, propiedades tecnológicas y atributos sensoriales.

En cuanto a las variables de mezcla, se definieron rangos específicos para cada componente: la harina de trigo entre 75.00% y 95%, el cushuro entre 0% y 5%, y la quinua entre 5% y 20%, lo que permite explorar combinaciones que mantengan la funcionalidad del producto.

Respecto a las variables fisicoquímicas y sensoriales, se estableció como objetivo maximizar el contenido de proteína, el volumen específico, el sabor y la

textura, con la finalidad de mejorar el valor nutricional y la aceptación del producto. Por otro lado, variables como la dureza y fracturabilidad se definieron para minimizarse, buscando un pan más suave y menos quebradizo.

Asimismo, se observa que el volumen específico presenta la mayor importancia (5), lo que indica que es el atributo más relevante en la optimización, seguido de la dureza (4), mientras que el resto de variables tienen una importancia moderada (3), evidenciando un enfoque equilibrado entre calidad tecnológica y sensorial.

En conjunto, estos criterios reflejan una estrategia de optimización integral, orientada a obtener un pan de molde con adecuado valor nutricional, buena textura y alta aceptabilidad, dentro de los límites establecidos por el diseño experimental.

Tabla 22

Definición de criterios y restricciones para la optimización de la formulación del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro utilizando la metodología de función de deseabilidad.

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Harina de Trigo	is in range	75.0043922	95	1	1	3
Harina de Cushuro	is in range	0	5	1	1	3
Harina de quinua	is in range	5	20	1	1	3
% Proteína	maximize	10.08	13.18	1	1	3
Dureza	minimize	9.02	10.91	1	1	4
Fracturabilidad	minimize	5.59	6.67	1	1	3
Volumen específico	maximize	2.84	3.54	1	1	5
Sabor	maximize	3.39	4.22	1	1	3
Textura	maximize	3.68	4.11	1	1	3

La Tabla 23 presenta las formulaciones óptimas obtenidas mediante la función de deseabilidad, identificándose dos combinaciones dentro del espacio

experimental que cumplen con los criterios establecidos. Se observa que ambas formulaciones mantienen una alta proporción de harina de trigo, lo cual confirma su importancia en la formación de la estructura del pan de molde.

En cuanto a la composición de las mezclas, la formulación F1 está constituida por 77.5% de harina de trigo, 2.5% de harina de cushuro y 20% de harina de quinua, mientras que la formulación F2 presenta 80% de trigo, 1.25% de cushuro y 18.75% de quinua. Esto evidencia que F1 posee mayores proporciones de quinua y cushuro en comparación con F2, lo cual influye directamente en las variables respuesta evaluadas.

Respecto a la deseabilidad global, la formulación F1 alcanzó el valor más alto (0.801), lo que indica un mejor desempeño integral en comparación con F2 (0.658). Este resultado se ve reflejado en el mayor contenido de proteína en F1 (12.40%) frente a F2 (11.15%), lo cual se asocia al mayor aporte de la quinua.

En relación con las propiedades tecnológicas, ambas formulaciones presentaron valores similares de dureza (9.45 y 9.54, respectivamente) y fracturabilidad (5.95 en ambos casos), lo que indica que cumplen con los rangos establecidos para estas variables. Asimismo, el volumen específico fue ligeramente mayor en F2 (3.38 cm³/g) en comparación con F1 (3.37 cm³/g), aunque la diferencia no resulta significativa a nivel práctico.

Por otro lado, en la evaluación sensorial, la formulación F1 obtuvo mejores puntajes en sabor (4.23) y textura (4.10) en comparación con F2 (4.02 y 4.01, respectivamente), lo que contribuye a su mayor valor de deseabilidad.

En conjunto, estos resultados indican que la formulación F1 presenta un mejor equilibrio entre las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y sensoriales, lo que la posiciona como la alternativa óptima dentro de las condiciones evaluadas.

Tabla 23

Resultados de la optimización de la formulación del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro mediante la metodología de función de deseabilidad.

	Harina N de Trigo	Harina de Cushuro	Harina de quinua	% Proteína	Dureza	Fracturabilidad	Volumen específico	Sabor	Textura	Desirability
1	77.5	2.5	20	12.40	9.45464	5.95	3.37	4.23	4.10	0.801
2	80	1.25	18.75	11.15	9.54144	5.95	3.38	4.02	4.01	0.658

Se observa que el volumen específico se mantiene prácticamente constante entre ambas formulaciones (3.37 y 3.38 cm³/g). Esto podría explicarse porque la alta proporción de trigo (77.5–80%) asegura la formación de la red de gluten, la cual es fundamental para la retención de gases y el desarrollo del volumen del pan. En este sentido, Cappa, C. et al. (2013) indican que la sustitución parcial de harina de trigo por harinas no convencionales no afecta significativamente el volumen cuando se mantiene una base suficiente de gluten.

En la evaluación sensorial, F1 presentó mejores puntuaciones en sabor (4.23) y textura (4.10), lo cual podría estar relacionado con una mayor aceptación de la quinua en niveles cercanos al 20%, siempre que no se excedan ciertos límites que puedan afectar el perfil sensorial. De acuerdo con Gómez, M. et al. (2010), la incorporación moderada de harinas alternativas puede mejorar la aceptabilidad del pan, aunque niveles elevados pueden generar cambios negativos en sabor o textura.

En relación con la incorporación de cushuro, aunque su presencia en F1 es mayor, no se observó un impacto negativo en las variables evaluadas, lo que sugiere que su inclusión en niveles bajos ($\leq 2.5\%$) es tecnológicamente viable.

Esto es relevante, ya que estudios recientes como el de Méndez-Ancca, S. et al. (2023) destacan el potencial del cushuro como ingrediente funcional debido a su alto contenido de minerales, aunque recomiendan controlar su proporción para evitar efectos adversos en la calidad del producto.

4.3 Caracterización fisicoquímica del pan de molde óptimo

En la Tabla 24 se presentan los resultados de la composición fisicoquímica de las formulaciones óptimas del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro. En general, se observaron diferencias entre ambas formulaciones, las cuales estuvieron asociadas a las proporciones de los ingredientes utilizados.

En cuanto al contenido de proteína, la formulación F1 (12.48%) presentó un valor ligeramente superior al de F2 (11.96%), lo cual estaría relacionado con la mayor proporción de harina de quinua en su composición. Algo similar ocurrió con la grasa, donde F1 alcanzó 4.12%, mientras que F2 registró 3.78%, evidenciando nuevamente el aporte lipídico de la quinua en la formulación.

Por otro lado, la fibra dietética mostró una tendencia comparable, siendo mayor en F1 (2.85%) respecto a F2 (2.41%). Esto podría explicarse por el contenido de fibra presente tanto en la quinua como en el cushuro, aunque en mayor medida influenciado por la cantidad de quinua incorporada.

En relación con los minerales, se observó que el calcio presentó una diferencia más marcada entre ambas formulaciones, alcanzando F1 un valor de 112.36 mg/100 g, mientras que F2 obtuvo 89.57 mg/100 g. Este comportamiento estaría directamente vinculado con la mayor proporción de harina de cushuro en F1, considerando que este ingrediente es reconocido por su alto contenido de calcio.

Asimismo, el hierro y el magnesio mostraron valores superiores en la formulación F1 (3.95 mg/100 g y 98.42 mg/100 g, respectivamente) en comparación con F2, lo cual podría estar asociado principalmente al mayor aporte de la quinua en dicha formulación.

Finalmente, las desviaciones estándar reportadas fueron bajas en todos los parámetros evaluados, lo que sugiere que los resultados obtenidos presentaron buena repetibilidad y consistencia experimental.

Tabla 24

Composición fisicoquímica de las formulaciones óptima del pan de molde elaborado con harina de trigo, quinua y cushuro.

Formulación	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra dietética (%)	Calcio (mg/100 g)	Hierro (mg/100 g)	Magnesio (mg/100 g)
F1 (77.5T–2.5C–20Q)	12.48±0.21	4.12±0.15	2.85±0.12	112.36±3.15	3.95±0.14	98.42±3.02
F2 (80T–1.25C–18.75Q)	11.96±0.18	3.78±0.13	2.41±0.10	89.57±2.84	3.61±0.11	90.15±2.76

Los resultados de la Tabla 24 muestran que la formulación F1 presentó mayores valores de proteína, grasa, fibra dietética, calcio, hierro y magnesio en comparación con F2. Esta diferencia se relaciona con su mayor proporción de harina de quinua y cushuro, ya que ambas materias primas aportan nutrientes que no se encuentran en la misma cantidad en la harina de trigo. En ese sentido, la mayor proteína de F1 (12.48 %) coincide con lo reportado por Coțovanu et al. (2023), quienes indicaron que la incorporación de harina de quinua en pan de trigo mejora el contenido proteico y nutricional del producto final.

Respecto a la grasa y fibra dietética, F1 también presentó valores superiores, con 4.12 % y 2.85 %, respectivamente. Esto puede explicarse porque la quinua

contiene mayor proporción de lípidos, fibra y compuestos nutricionales que la harina refinada de trigo. De manera similar, Ballester-Sánchez et al. (2019) encontraron que la sustitución parcial de harina de trigo por harina integral de quinua incrementó el contenido de proteína y lípidos en productos de panificación.

En cuanto a los minerales, F1 registró mayor calcio (112.36 mg/100 g), hierro (3.95 mg/100 g) y magnesio (98.42 mg/100 g). Este comportamiento se explica por la presencia de cushuro y quinua en mayor proporción. Méndez-Ancca et al. (2023) reportaron que el cushuro (*Nostoc sphaericum*) destaca por su contenido de proteína, calcio y hierro, mientras que estudios sobre quinua señalan que esta harina es una fuente importante de minerales como magnesio, hierro y calcio.

Por otro lado, aunque F2 presentó valores menores, sus resultados siguen siendo nutricionalmente interesantes, ya que mantiene 18.75 % de quinua y 1.25 % de cushuro. Sin embargo, la disminución de cushuro respecto a F1 explicaría principalmente la reducción del calcio, debido a que este recurso andino presenta un aporte mineral considerable. Además, estudios recientes sobre cushuro señalan que su harina es fuente importante de calcio, hierro y magnesio, lo que respalda su uso como ingrediente funcional en alimentos.

En conjunto, los resultados permiten señalar que la formulación F1 presentó mejor perfil fisicoquímico y mineral que F2. Esto demuestra que una mayor incorporación de harina de quinua y cushuro contribuye a mejorar el valor nutricional del pan de molde, aunque siempre debe mantenerse un equilibrio con la aceptabilidad sensorial y las propiedades tecnológicas del producto.

V. CONCLUSIONES

En primer lugar, se logró caracterizar fisicoquímicamente las harinas de quinua y cushuro, evidenciándose que la harina de quinua presentó mayor contenido de proteína y grasa ($\approx 13\text{--}15\%$ y $5\text{--}7\%$), mientras que la harina de cushuro destacó por su mayor aporte de fibra dietética ($\approx 8\text{--}12\%$). En conjunto, estos resultados confirman que ambas materias primas tienen un alto potencial para mejorar el valor nutricional del pan de molde al ser utilizadas como sustitutos parciales de la harina de trigo.

En relación con el efecto de la sustitución en las características fisicoquímicas del pan, se determinó que el incremento de harina de quinua y cushuro permitió elevar principalmente el contenido de proteína y fibra dietética del producto final. Sin embargo, el contenido de grasa solo presentó variaciones leves, lo que indica que su influencia fue menos significativa dentro del sistema de mezclas evaluado.

- Respecto a las características tecnológicas, se concluye que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y cushuro influyó significativamente en la textura instrumental y el volumen específico del pan de molde. Se observó que, a mayores niveles de sustitución, los valores de dureza y fracturabilidad aumentaron, alcanzando hasta 9.45 N y 5.95 N, respectivamente, mientras que el volumen específico disminuyó hasta $3.37\text{ cm}^3/\text{g}$. Estos cambios indican que la reducción del contenido de gluten afectó la capacidad de retención de gases y la formación de una estructura alveolar uniforme, originando panes con una miga más compacta y firme. En cuanto a la evaluación sensorial, se concluye que la formulación F1 (77.5% trigo, 20% quinua y 2.5% cushuro) fue la óptima, debido a que obtuvo los mayores puntajes en sabor (4.23) y textura (4.10), además de una adecuada valoración en olor y color. Esto indica que niveles moderados de sustitución permiten mejorar la aceptación del producto. Sin embargo, cuando la proporción de quinua y cushuro se incrementa o

no se equilibra adecuadamente, la aceptabilidad tiende a disminuir, lo que confirma que existe un límite de incorporación que no compromete la percepción del consumidor.

Además, mediante la aplicación del diseño de mezclas tipo D-óptimo y la optimización numérica basada en la función de deseabilidad, se determinó que la formulación F1 (77.5% trigo, 20% quinua y 2.5% cushuro) fue la óptima, al presentar el mayor valor de deseabilidad (0.801). Esta formulación logró un mejor equilibrio entre las propiedades nutricionales, tecnológicas y sensoriales, permitiendo obtener un producto con mayor contenido de proteína y adecuada aceptabilidad, sin afectar de manera significativa su calidad global.

Asimismo, en cuanto a su composición, la formulación óptima se caracterizó por presentar 12.40% de proteína, 4.12% de grasa y 2.85% de fibra dietética, además de un contenido mineral destacado de 112.36 mg/100 g de calcio, 3.95 mg/100 g de hierro y 98.42 mg/100 g de magnesio. En conjunto, estos resultados confirman que la combinación de harinas empleada no solo mejora el perfil nutricional del pan de molde, sino que también mantiene condiciones adecuadas para su aceptación y calidad tecnológica.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar otros niveles de sustitución de harina de quinua y cushuro, especialmente en rangos intermedios, con el fin de identificar formulaciones que mantengan un mejor equilibrio entre el valor nutricional y las propiedades tecnológicas del pan de molde. Esto permitiría optimizar aún más la calidad del producto sin afectar su aceptabilidad.

Se recomienda profundizar en el análisis sensorial utilizando un panel de consumidores más amplio y diverso, de manera que se pueda validar la aceptabilidad del producto en condiciones más cercanas al mercado real. Esto permitiría obtener resultados más representativos y aplicables a nivel comercial.

Sería importante complementar el estudio de vida útil incluyendo análisis microbiológicos, ya que en esta investigación solo se consideraron parámetros fisicoquímicos y de textura. De esta manera, se podría determinar con mayor precisión el tiempo real de conservación del producto.

Se sugiere evaluar diferentes tipos de empaques y condiciones de almacenamiento, como atmósferas modificadas o refrigeración, con el objetivo de prolongar la vida útil del pan y mantener sus características de calidad por mayor tiempo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J., & Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 56(12), 4745-4750.
- Alberco, C. (2023). Elaboración De Pan Sin Gluten Utilizando Harina De Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*), Arroz (*Oryza Sativa*) Y Almidón De Maíz (*Zea Mays*).
- Aldave, V. A. (2015). *Algas toda una vida Perú*. Trujillo, Perú: La Libertad.
- Alegre Coveñas, R. E., Ojeda Pereda, M. C., & Acuña Leiva, A. Y. (2019). *Análisis proximal y contenido de hierro y calcio de Nostoc sphaericum "cushuro" deshidratado de la laguna de Conococha, Catac - Huaraz*. *Revista de Investigación en Alimentos Andinos*, 5(2), 45-58.
- Arone, D. (2016). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinua* Willd) y chia (*Salvia hispanica* L.). Universidad Nacional José María Arguedas. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2894043>
- Arroyave, M. y Esguerra Romero, C. (2006). Utilización de la harina de quinua *Chenopodium quinua* Willd en el proceso de panificación . (tesis de pre grado) Universidad de la Salle, Bogotá.
- Astiz, V., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2022). Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(2), e113. <https://doi.org/10.24215/16699513e113>
- Ayala, G., Ortega, L., y Morón, C. (2001). Valor nutritivo y usos de la quinua. *Quinoa artesanal cultivo andino, alimento del presente y futuro* , 36-45
- Bracamonte, A. (2023). Caracterización Fisicoquímica Y Reológica De Galletas Sustituidas Parcialmente Por Harina De Tarwi (*Lupinus Mutabilis*) Y Harina De Kañiwa (*Chenopodium Pallidicaule*).

- Calvo, M., López, O., Carranco, E. y Marines, J. (2020). Evaluación fisicoquímica y sensorial de un pan tipo baguette utilizando harinas de trigo (*Triticum spp*) y chícharo (*Pisum sativum L.*). *Biocencia*, 22(3), 116-124. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v22i3.1227>
- Callejo, M. J. (2002). *El pan y su proceso de elaboración. Alimentación, Equipos y Tecnología*, 21(4), 115-119
- Carnajal, G. (2017). Influencia de la Extrusión en las Características Fisicoquímicas y Evaluación de Aceptabilidad de un Snack A Base De Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*) Y Harina De Camote (*Ipomoea Batatas*).
- Carranza, M. & Toro, J. (2018). *Efecto De La Sustitución Parcial De Harina De Trigo (Triticum Spp) Por Harina De Quinoa (Chenopodium Quinoa) Y Harina De Kiwicha (Amaranthus Caudatus) En Las Características Fisicoquímicas Y Sensoriales De Un Pan De Molde.*
- Cauvain, S. P. (2007). *Technology of breadmaking.*
- Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN) (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (Tabla de alimentos peruanos).*
- Corpus, A., Alcantara, M., Celis, H., Echevarria, B., Paredes, J., y Paucar, L. (2021). Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales. *Agroindustrial Science*, 11(2 (mayo-agosto)), 231-238
- Coveñas, R. E. A., Pereda, M. C. O., & Leiva, A. Y. A. (2020). Analisis proximal y contenido de hierro y calcio de *Nostoc sphaericum* “cushuro” deshidratado procedente de la laguna de Conococha, Catac–Huaraz. *UCV-Scientia*, 12(2), 137-149.
- Chuquilín Goicochea, R. C. (2015). Estudio de la biosorción de Cd (II) Y Pb (II), usando como adsorbente El Nostoc (*Nostoc sp.*).
- De Souza, C. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*), por harina de moringa (*moringa oleifera*), en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en galletas.
- Edel, A., Rosell, C., Gómez Pallarés, M., & Brites, C. (2007). *De tales harinas, tales panes. Baéz ediciones. Argentina.*

- Encomenderos, A. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces.
- Espinoza, E. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. Tacna, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Espinoza Eusebio, L., & Ludeña Ávalos, J. (2018). Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con harina de chía (*salvia hispánica* L.) desgrasada y sin desgrasar. UNS, 268.
- Galetovic, A., Araya, J., y Gómez, B. (2017). Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina *Nostoc* sp. Llayta. *Biochemical composition and toxicity of edible colonies of the cyanobacterium Nostoc sp. Llayta*. Revista chilena de nutrición, 44(4), 360-370. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182017000400360>
- García, D. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con harinas de quinua *Chenopodium quinoa*. (tesis de pre grado) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gomez, A. C., Callata, M. A., Teodoro, H. C., Alarcón, B. E., Julca, J. P., & Menacho, L. M. P. (2021). Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales. *Agroindustrial Science*, 11(2), 231-238.
- Gonzales, V., Rogueiro, C., San Martín, C. y Vila, S. (2014). Introducción al análisis sensorial: Estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. Ponencia presentada en el IV Concurso Incubadora de Sondaxes y Experimentos, Mugaros, España. Recuperado 14 de octubre <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TOGwivp2N6kJ:https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/INTRODUCCIONAL>

- Guillerian, A. (2011). Monografía de Lic. en nutrición. Instituto Universitario de Ciencias de la Salud Fundación H. A., 26-34.
- Gutierrez Roncal, D. M., & Tarrillo Delgado, J. (2022). Cuantificación espectrofotométrica de Hierro soluble del Extracto Etanólico de *Nostoc sphaericum* Vaucher ex bornet & flahault “Cushuro” y del extracto acuoso de *Spinacia oleracea* l “espinaca”.
- Hernández Rodríguez, J. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 26(3), 0-0.
- INACAL. (26 de 08 de 2016). Norma Técnica Peruana NTP 206.004. (1ª Edición). 2016.
- Jara, Á. & Mori, J. (2021) Efecto de hidrocoloides obtenidos del maracuyá (*Passiflora edulis*), en las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde.
- Lock García, L. A., & Pérez Peña, C. A. (2015). Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta de procesamiento para fresas (*Fragaria vesca*) orgánicas congeladas de la variedad chandler para el mercado canadiense.
- López Cerón, A. K. (2020). Obtención de un producto de panadería a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y amaranto (*Amaranthus hipochondriacus*)”. UPEC.
- Lotufo, A. (2019). Desarrollo y caracterización fisicoquímica y sensorial de productos alimenticios elaborados con tubérculos andinos.
- Liendo Bastardo, M. C., & Silva Chávez, M. V. (2015). Producto tipo galleta elaborado con mezcla de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan* L.) y almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Saber*, 27(1), 78-86.
- Ministerio de Salud (MINSA) (2010). RM N° 1020-2010. Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/NORMA%20DE%20PANAD ERIAS.pdf>

- Mira Vásquez, J. M., & Villalva, D. J. S. (2016). Caracterización de la harina de quinua (chenopo-dium quinoa willd.) Producida en la provincia de Chimborazo, Ecuador. *Revista Científica Perfiles [en línea]*.
- Morales, J. P. Z., Pizarro, W. J. Z., Macías, V. I. V., & Moreno, E. A. (2017). Los Aminoácidos en el cuerpo humano. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 1(5), 379-391.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). *Tablas de composición de alimentos*. Pirámide
- Murphy, K. y J. Matanguihan, Quinoa: Improvement and Sustainable Production, John Wiley & Sons, Inc., doi: 10.1002/9781118628041, 235pp, New Jersey, Estados Unidos (2015).
- Nieto, E. (2023). Efecto de la inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y cushuro (*Nostoc sphaericum*) en la elaboración de pan de miga enriquecida.
- NTP, (2019). CXS 333-2019. Norma para la quinua. CODEX ALIMENTARIUS - Norma internacional de los alimentos. 1-4. https://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/shproxy/pt/?lnk=1yurl=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B333-2019%252FCXS_333s.pdf
- Oviedo, Á. A. O. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 13(2), 27-37.
- Paja Apaza, M. E., & Huaracha Inca, J. L. (2017). *Aplicación del software GeoGebra para mejorar el aprendizaje de cuerpos geométricos en estudiantes del tercer grado de secundaria de la I.E.S. Agroindustrial Pomaoca, provincia de Moho, departamento de Puno*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Paucar, R., Vargas, A., Lopez, V., Lopez, L. y Castillo, K. (2021). Incorporation of chia seeds (*Salvia hispanica L.*) in cereal flour mixtures: Rheology and quality of sliced bread. *DYNA*, 88(216), 109-116. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n216.87504>

- Ponce, E. (2014). Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la Precordillera de Arica. *Notas Científicas [Revista en línea]*. Volumen 32, N° 2. 115-118. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0718-34292014000200015
- Pretel, A. (2019). Influencia de la extrusión en las características fisicoquímicas y evaluación de aceptabilidad de un snack a base de kiwicha (*amaranthus caudatus*) y harina de camote (*ipomoea batatas*).
- Quezada Meza, N. B. (2023). Inclusión de Cushuro (*Nostoc sphaericum*) microencapsulado en la alimentación de cuyes y su efecto sobre los parámetros productivos.
- Quiroz, J. (2018). Dinámica poblacional de los insectos plagas del cultivo de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*), en el centro productivo agrícola f.a unip - 2014 – valle medio Piura Distrito de Castilla. (Tesis para optar título, Universidad Nacional de Piura). <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1294/AGR-QUIVER17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe, I. M., & Ramos, M. E. (2022). Quinua (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y beneficios para la salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 39(3), 209-215
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E. y Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad: Bread leaf enriched with extruded cake from sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Chemistry, rheology, texture and acceptability. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199-208.
- Rodríguez, Y. C., Coral, K. A., & Menacho, L. M. P. (2022). Quinua (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220.

- Roldán Verdú, A. (2018). Efecto de la Incorporación de Harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) Sobre las Características y Vida útil de Hamburguesas de Ternera.
- Ruíz, R. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum* spp) por la mezcla de harina de cañihua (*chenopodium pallidicaule*): harina de hoja de moringa (*moringa oleifera*) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una galleta.
- Santos, L. K. C. (2018). El uso de la tecnología en la agricultura. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(14), 25-32.
- Sciarini, L., Steffolani, M., y León, A. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan: The role of gluten in breadmaking and the challenge of elaborating glutenfree bread. *Agriscientia*, 33(2), 61-74. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v33.n2.17468>
- Toralva Aylas, A. D., Rodas Pingus, M., & Guerrero Alva, D. M. (2019). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en las propiedades reológicas de la masa de pan dulce. *Ciencia & Desarrollo*, (20), 16–21.
- Trigoso, T. S. C., Solar, G. F., Silupu, W. M. C., & Fito, P. (2017). Efecto de las condiciones de proceso en el desarrollo del color durante la elaboración de pan: uso de técnicas de análisis de imagen para evaluación del color. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(1), 32-39.
- Vargas, P., Arteaga, R., Cruz, L., Vargas, P., Arteaga, R. y Cruz, L. (2019). ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL POTENCIAL NUTRICIONAL DE LA QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*) COMO ALIMENTO FUNCIONAL. *Centro Azúcar*, 46(4), 89-100.
- Valera, P., Ares, G., 2014. *Novel Techniques in Sensorial Characterization and Consumer Profiling*. CRC Press Taylor&Francis Group. Boca Ratón U.S.A. 1, 1 – 5.
- Vásquez, G. y Matos, R. (2015). Evaluación de Algunas Características Fisicoquímicas de Harina de Trigo Peruano en Función a su Calidad Panadera. *Universidad Peruana Unión*.

- Velásquez-Barreto, F. F., Ramirez-Tixe, E. E., Salazar-Irrazabal, M. D., & Salazar-Silvestre, E. (2020). Physicochemical properties and acceptability of three formulations containing fava bean, quinoa and corn flour extrudates. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 37(2), 40-48.
- Yaseen, E. G. (2023). Effect of Utilizing of Quinoa, Rice and Corn Flours on Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Gluten Free Cupcake. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 61(1), 119-126.
- Manzanilla-Valdez, M. L., Valdez-Arana, J., Salazar, M., Uriarte-Montoya, M. H., Muy-Rangel, M. D., & Sainz-Espuñes, T. R. (2024). *A comprehensive analysis of protein quality and antinutritional factors in quinoa varieties*. **Foods**, 13(18), 3021. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101814>
- Méndez-Ancca, S., Fuentes-Condori, E. G., Apaza-Tarqui, E. E., Calla-Florez, M., & Surco-Laos, F. (2023). *Physicochemical evaluation of cushuro (Nostoc sphaericum Vaucher ex Bornet & Flahault) for food purposes*. **Foods**, 12(10), 1939. <https://doi.org/10.3390/foods12101939>
- Paucar-Menacho, L. M., Dueñas, M., Peñas, E., Curiel, J. A., & Frias, J. (2023). *Enhancing nutritional profile of pasta: The impact of sprouted pseudocereals and cushuro on bioactive compounds, starch digestibility, and antioxidant activity*. **Foods**, 13(1), 93. <https://doi.org/10.3390/foods12244395>
- Paucar-Menacho, L. M., Dueñas, M., Peñas, E., Curiel, J. A., & Frias, J. (2024). *Smart pasta design: Tailoring formulations for technological and nutritional excellence using mixture design*. **Foods**, 13(3), 467. <https://doi.org/10.3390/foods13020353>
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial crops and products*, 111, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>
- Coțovanu, I., Mironeasa, C., & Mironeasa, S. (2023). Nutritionally improved wheat bread supplemented with quinoa flour. *Plants*, 12(4), 698. <https://doi.org/10.3390/plants12040698>

- Madhumathi, R., Naga Sree, N. K., et al. (2025). Effect of quinoa composite flour on product development. *Journal of Food Science and Technology*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11754543/>
- Méndez-Ancca, S., Fuentes-Condori, E. G., Apaza-Tarqui, E. E., Calla-Florez, M., & Surco-Laos, F. (2023). Physicochemical evaluation of cushuro (*Nostoc sphaericum*). *Foods*, *12*(10), 1939. <https://doi.org/10.3390/foods12101939>
- Paucar-Menacho, L. M., Dueñas, M., Peñas, E., Curiel, J. A., & Frias, J. (2024). Smart pasta design with sprouted quinoa. *Foods*, *13*(2), 353. <https://doi.org/10.3390/foods13020353>
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2018). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *69*(4), 437–445. <https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1355018>
- Mensah, P. O., Tutu, C. O., Akonor, P. T., Owusu-Bempah, J., Asiedu, B. K., Adusei, H. O., & Saalia, F. K. (2025). Development and evaluation of gluten-free rice bread formulated with hydrocolloid-protein additive systems. *Food and Humanity*, 100956. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100956>
- Houben, A., Höchstötter, A., & Becker, T. (2019). Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: An overview. *European Food Research and Technology*, *245*, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3150-8>. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-012-1720-0>
- Aguiar, E. V., Santos, F. G., Centeno, A. C. L. S., & Capriles, V. D. (2022). Defining amaranth, buckwheat and quinoa flour levels in gluten-free bread: A simultaneous improvement on physical properties, acceptability and nutrient composition through mixture design. *Foods*, *11*(6), 848. <https://doi.org/10.3390/foods11060848>
- Tang et al. (2015). Nutritional quality and antioxidant capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, *166*, 380–388. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.046>
- Nowak et al. (2016). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, *193*, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>

- Ballester-Sánchez, J., Gil, J. V., Fernández-Espinar, M. T., & Haros, C. M. (2019). Development of healthy, nutritious bakery products by incorporation of quinoa. *Foods*, 8(9), 379. <https://www.mdpi.com/2304-8158/8/9/379>
- Coțovanu, I., Mironeasa, C., & Mironeasa, S. (2023). Nutritionally improved wheat bread supplemented with quinoa flour. *Plants*, 12(4), 698. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9964393/>
- Méndez-Ancca, S., Fuentes-Condori, E. G., Apaza-Tarqui, E. E., Calla-Florez, M., & Surco-Laos, F. (2023). Physicochemical evaluation of cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault) for food purposes. *Foods*, 12(10), 1939. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10217000/>
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38–46. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017306829>
- Cappa, C., Lucisano, M., & Mariotti, M. (2013). Influence of psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 51(2), 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.12.011>
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., & Fernández, E. (2010). Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *Food Hydrocolloids*, 24(2–3), 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.024>
- Méndez-Ancca, S., et al. (2023). Physicochemical evaluation of cushuro (*Nostoc sphaericum*) for food purposes. *Foods*, 12(10), 1939. <https://doi.org/10.3390/foods12101939>

ANEXOS.

Anexo 1: Secado de Materia prima



Anexo 2: Elaboración de las harinas



Anexo 3: Determinación de grasa por AOAC 920.39

El porcentaje de grasa se determinó mediante extracción con solvente orgánico y cuantificación gravimétrica del extracto etéreo.

Fundamento del método

La fracción lipídica soluble se extrae de la muestra con éter u otro solvente compatible mediante un sistema tipo Soxhlet o equivalente. Tras la evaporación del solvente, el residuo graso se seca y se pesa para calcular la grasa cruda.

Procedimiento

1. Homogeneizar la muestra y, de ser necesario, acondicionarla o secarla previamente.
2. Pesar una cantidad conocida de muestra en el cartucho o soporte de extracción.
3. Pesar el matraz colector limpio y seco antes de iniciar la extracción.
4. Montar el sistema de extracción y adicionar el solvente orgánico correspondiente.
5. Mantener la extracción continua durante el tiempo establecido por el procedimiento.
6. Retirar el solvente del matraz por evaporación al finalizar la extracción.
7. Secar el residuo lipídico hasta peso constante.
8. Pesar nuevamente el matraz con el extracto graso obtenido.
9. Calcular el porcentaje de grasa cruda respecto al peso inicial de la muestra.

Fórmula de cálculo

$$\%Grasa = ((m2 - m1) \times 100) / m$$

Donde:

m1: Masa del matraz vacío, limpio y seco (g).

m2: Masa del matraz con el extracto graso seco (g).

m: Masa de la muestra analizada (g).



Anexo 4: Determinación del porcentaje de proteínas - AOAC 991.20

El porcentaje de proteínas se determinó mediante la cuantificación de nitrógeno total por el método Kjeldahl y la posterior conversión del nitrógeno a proteína cruda usando el factor correspondiente a la matriz analizada.

Fundamento del método

La muestra se digiere con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores para transformar el nitrógeno orgánico en ion amonio. Luego se alcaliniza el digestato, se destila el amoníaco liberado y este se cuantifica por titulación con una solución estándar.

Procedimiento

1. Homogeneizar la muestra hasta obtener una matriz uniforme.
2. Pesarse una masa conocida de muestra en el tubo o matraz de digestión previamente limpio y seco.
3. Adicionar ácido sulfúrico concentrado y la mezcla catalítica correspondiente.
4. Realizar la digestión hasta obtener una solución clara, indicando la conversión del nitrógeno orgánico a amonio.
5. Dejar enfriar el digestato a temperatura ambiente.
6. Agregar la solución alcalina para liberar el amoníaco a partir del amonio formado durante la digestión.
7. Destilar el amoníaco y recolectarlo en una solución receptora adecuada.
8. Titular el destilado con una solución estándar hasta el punto final establecido.
9. Calcular el porcentaje de nitrógeno y convertirlo a proteína cruda mediante el factor aplicable a la matriz.

Fórmula de cálculo

$$\%N = ((V_m - V_b) \times N \times 14.007 \times 100) / (m \times 1000)$$

$$\%Proteína = \%N \times F$$

Donde:

V_m: Volumen del titulante gastado en la muestra (mL).

V_b: Volumen del titulante gastado en el blanco (mL).

N: Normalidad del ácido o base estándar utilizado en la titulación.

14.007: Masa atómica del nitrógeno (mg/mmol).

M: Masa de la muestra analizada (g).

F: Factor de conversión de nitrógeno a proteína según la matriz.

Anexo 5: Determinación del porcentaje de fibra dietética total - AOAC 985.29

La fibra dietética total se determinó por un método enzimático-gravimétrico, con corrección del residuo final por proteína y cenizas.

Fundamento del método

La muestra se somete a digestión secuencial con α -amilasa termoestable, proteasa y amiloglucosidasa para remover almidón y proteína digeribles. La fracción de fibra se precipita con alcohol, se recupera por filtración, se seca y se corrige por proteína y cenizas residuales.

Procedimiento paso a paso

1. Moler y homogenizar la muestra; luego pesar una cantidad conocida para el análisis.
2. Tratar la muestra con α -amilasa termoestable para hidrolizar el almidón gelatinizado.
3. Adicionar proteasa para remover la fracción proteica digerible.
4. Agregar amiloglucosidasa para completar la hidrólisis del almidón remanente.
5. Precipitar la fibra dietética con alcohol al finalizar el tratamiento enzimático.
6. Recuperar el residuo por filtración en el sistema correspondiente.
7. Lavar el residuo para eliminar compuestos solubles no fibrosos.
8. Secar el residuo hasta peso constante y registrar su masa.
9. Determinar sobre el residuo el contenido de proteína y cenizas para efectuar las correcciones analíticas.
10. Calcular el porcentaje de fibra dietética total en función de la masa inicial de la muestra.

Fórmula de cálculo

$$\%FDT = ((R - P - C - B) \times 100) / m$$

Donde:

R: Masa del residuo seco obtenido después del tratamiento enzimático y la filtración (g).

P: Masa de proteína residual contenida en el residuo (g).

C: Masa de cenizas contenidas en el residuo (g).

B: Corrección del blanco del procedimiento (g).

M: Masa de la muestra analizada (g).

Anexo 7: Análisis de Textura



:

Anexo 8: Fichas de evaluación sensorial



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
E.A.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAN DE MOLDE DE CUSHURO Y QUINUA

NOMBRES Y APELLIDOS: _____

FECHA: _____

INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

- En los recipientes frente a usted hay 9 muestras de pan de molde de cushuro y quinua para que las compare en cuanto: AROMA, SABOR y CONSISTENCIA.
- MANTENGA EL ORDEN por favor al comparar. Primero compare el AROMA, de las muestras, luego el SABOR y finalmente la CONSISTENCIA.
- Indique el grado en que le agrada o desagrada cada muestra, colocando el número que le corresponde según su criterio de aceptación. RECUERDE TOMAR AGUA ENTRE MUESTRA Y MUESTRA.

1	2	3	4	5
Muy desagradable	Desagradable	No me agrada ni me desagrada	Agradable	Muy Agradable

MUESTRAS	OLOR	SABOR	TEXTURA	COLOR
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				
T11				
T12				
T13				

Comentarios y Sugerencias:

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

**Anexo 9: Características sensoriales (Olor, Sabor, Textura y Color)
Resultados de encuestas Sensoriales**

Formulación	Encuestado	Olor	Sabor	Textura	Color
1	1	3.5	4.0	4.0	4.0
1	2	4.0	4.0	4.0	4.0
1	3	3.5	4.0	4.0	3.5
1	4	4.0	4.0	4.0	3.5
1	5	4.0	4.0	4.0	4.0
1	6	4.0	4.0	4.0	4.0
1	7	4.0	4.0	4.0	4.0
1	8	3.5	4.0	4.0	4.0
1	9	3.5	4.0	4.0	4.0
1	10	4.0	4.0	4.0	4.0
1	11	4.0	4.0	4.0	3.5
1	12	4.0	4.0	4.0	4.0
1	13	3.5	4.0	3.5	4.0
1	14	4.0	3.5	4.0	4.0
1	15	4.0	4.0	4.0	4.0
1	16	4.0	4.0	4.0	4.0
1	17	3.5	4.0	4.0	4.0
1	18	4.0	4.0	4.0	4.0
1	19	4.0	4.0	4.0	4.0
1	20	3.5	4.0	4.0	4.0
1	21	4.0	4.0	4.0	4.0
1	22	3.5	4.0	4.0	4.0
1	23	4.0	4.0	4.0	3.5
1	24	4.0	4.0	4.0	4.0
1	25	4.0	4.0	4.0	3.5
1	26	4.0	4.0	4.0	4.0
1	27	4.0	4.0	4.0	4.0
1	28	4.0	4.0	4.0	4.0
1	29	4.0	4.0	4.0	4.0
1	30	4.0	4.0	4.0	4.0
1	31	3.5	4.0	4.0	3.5
1	32	4.0	4.0	4.0	4.0
1	33	3.5	4.0	4.0	4.0
1	34	3.5	3.5	4.0	4.0
1	35	4.0	3.5	4.0	4.0
1	36	4.0	4.0	4.0	4.0
1	37	3.5	3.5	4.0	4.0
1	38	4.0	4.0	4.0	4.0
1	39	4.0	4.0	4.0	4.0
1	40	3.5	4.0	4.0	4.0

1	41	3.5	4.0	4.0	4.0
1	42	4.0	4.0	4.0	3.5
1	43	3.5	3.5	4.0	4.0
1	44	3.5	4.0	4.0	3.5
1	45	3.5	4.0	4.0	4.0
1	46	3.5	4.0	4.0	3.5
1	47	4.0	3.5	4.0	4.0
1	48	4.0	4.0	3.5	3.5
1	49	4.0	4.0	4.0	4.0
1	50	4.0	4.0	4.0	4.0
2	1	3.5	4.5	4.0	4.0
2	2	4.0	4.0	4.0	4.5
2	3	4.0	4.0	4.0	4.0
2	4	4.0	4.0	4.0	4.0
2	5	3.5	4.0	4.0	4.0
2	6	4.0	4.0	4.0	4.0
2	7	4.0	4.5	4.0	4.0
2	8	4.0	4.0	4.0	4.0
2	9	4.0	4.0	4.0	4.0
2	10	4.0	4.0	4.0	4.0
2	11	4.0	4.0	4.0	4.0
2	12	4.0	4.0	4.0	4.5
2	13	3.5	4.5	4.0	4.0
2	14	4.0	4.0	4.0	4.5
2	15	4.0	4.5	4.0	4.0
2	16	4.0	4.5	4.0	4.0
2	17	4.0	4.0	4.0	4.0
2	18	4.0	4.0	4.0	4.0
2	19	3.5	4.0	4.0	4.0
2	20	3.5	4.0	4.0	4.0
2	21	4.0	4.0	4.0	4.0
2	22	4.0	4.0	4.0	4.5
2	23	4.0	4.5	4.5	4.0
2	24	4.0	4.5	4.0	4.0
2	25	4.0	4.5	4.0	4.0
2	26	4.0	4.0	4.0	4.0
2	27	4.0	4.0	4.0	4.0
2	28	4.0	4.0	4.5	4.5
2	29	3.5	4.0	4.0	4.0
2	30	3.5	4.0	4.0	4.0
2	31	4.0	4.0	4.5	4.0
2	32	4.0	4.0	4.0	4.0
2	33	3.5	4.0	4.0	4.0
2	34	3.5	4.0	4.0	4.0
2	35	4.0	4.5	4.0	4.0

2	36	4.0	4.0	4.5	4.0
2	37	4.0	4.0	4.5	4.0
2	38	4.0	4.0	4.0	4.5
2	39	4.0	4.0	4.0	4.5
2	40	4.0	4.5	4.0	4.0
2	41	4.0	4.0	4.0	4.0
2	42	3.5	4.0	4.0	4.5
2	43	3.5	4.0	4.0	4.0
2	44	4.0	4.5	4.0	4.0
2	45	3.5	4.0	4.5	4.0
2	46	4.0	4.0	4.0	4.0
2	47	4.0	4.5	4.0	4.0
2	48	4.0	4.0	4.0	4.0
2	49	4.0	4.0	4.0	4.0
2	50	4.0	4.0	4.0	4.0
3	1	3.5	3.5	3.5	4.0
3	2	4.0	4.0	4.0	4.0
3	3	3.5	3.5	4.0	3.5
3	4	4.0	4.0	3.5	4.0
3	5	3.5	4.0	4.0	4.0
3	6	3.5	4.0	4.0	4.0
3	7	3.5	4.0	4.0	4.0
3	8	4.0	4.0	4.0	4.0
3	9	4.0	3.5	4.0	3.5
3	10	4.0	4.0	4.0	3.5
3	11	4.0	4.0	4.0	4.0
3	12	3.5	4.0	4.0	4.0
3	13	4.0	4.0	4.0	4.0
3	14	4.0	4.0	4.0	3.5
3	15	3.5	4.0	4.0	4.0
3	16	3.5	4.0	4.0	4.0
3	17	3.5	4.0	4.0	3.5
3	18	4.0	4.0	4.0	3.5
3	19	3.5	3.5	4.0	4.0
3	20	3.5	4.0	4.0	4.0
3	21	4.0	4.0	4.0	4.0
3	22	4.0	4.0	4.0	4.0
3	23	4.0	3.5	4.0	4.0
3	24	4.0	3.5	4.0	4.0
3	25	3.5	4.0	4.0	4.0
3	26	4.0	4.0	3.5	3.5
3	27	4.0	4.0	4.0	4.0
3	28	4.0	4.0	4.0	3.5
3	29	4.0	3.5	4.0	4.0
3	30	4.0	3.5	3.5	4.0

3	31	4.0	4.0	4.0	4.0
3	32	3.5	4.0	3.5	4.0
3	33	4.0	4.0	4.0	4.0
3	34	3.5	4.0	4.0	4.0
3	35	3.5	4.0	4.0	4.0
3	36	4.0	4.0	4.0	3.5
3	37	4.0	4.0	4.0	4.0
3	38	4.0	4.0	4.0	3.5
3	39	3.5	3.5	4.0	4.0
3	40	4.0	3.5	4.0	3.5
3	41	4.0	4.0	4.0	3.5
3	42	4.0	4.0	4.0	4.0
3	43	4.0	4.0	4.0	4.0
3	44	4.0	4.0	4.0	4.0
3	45	4.0	4.0	4.0	4.0
3	46	3.5	3.5	4.0	4.0
3	47	3.5	4.0	4.0	4.0
3	48	3.5	4.0	4.0	3.5
3	49	3.5	4.0	4.0	4.0
3	50	3.5	4.0	4.0	4.0
4	1	3.5	4.0	4.0	4.0
4	2	3.5	4.0	4.0	4.5
4	3	3.5	4.0	4.5	4.0
4	4	3.5	4.0	4.0	4.5
4	5	4.0	4.0	4.0	4.0
4	6	4.0	4.5	4.0	4.0
4	7	4.0	4.5	4.5	4.5
4	8	4.0	4.0	4.0	4.5
4	9	4.0	4.5	4.0	4.0
4	10	4.0	4.5	4.0	4.5
4	11	3.5	4.0	4.0	4.0
4	12	4.0	4.5	4.0	4.5
4	13	4.0	4.5	4.0	4.0
4	14	4.0	4.0	4.0	4.0
4	15	4.0	4.0	4.5	4.0
4	16	4.0	4.0	4.0	4.0
4	17	4.0	4.0	4.0	4.0
4	18	4.0	4.5	4.0	4.0
4	19	4.0	4.5	4.0	4.0
4	20	4.0	4.5	4.0	4.0
4	21	4.0	4.0	4.0	4.5
4	22	4.0	4.5	4.0	4.5
4	23	4.0	4.0	4.5	4.0
4	24	4.0	4.0	4.0	4.0
4	25	4.0	4.0	4.0	4.0

4	26	4.0	4.0	4.0	4.0
4	27	3.5	4.5	4.0	4.0
4	28	4.0	4.0	4.0	4.0
4	29	4.0	4.0	4.0	4.0
4	30	4.0	4.0	4.5	4.5
4	31	4.0	4.5	4.0	4.0
4	32	4.0	4.5	4.5	4.5
4	33	4.0	4.0	4.0	4.0
4	34	3.5	4.0	4.0	4.0
4	35	4.0	4.0	4.0	4.0
4	36	4.0	4.0	4.5	4.0
4	37	4.0	4.0	4.0	4.5
4	38	4.0	4.5	4.0	4.0
4	39	4.0	4.0	4.0	4.0
4	40	3.5	4.0	4.5	4.0
4	41	4.0	4.0	4.0	4.5
4	42	4.0	4.5	4.0	4.0
4	43	4.0	4.0	4.5	4.0
4	44	4.0	4.0	4.0	4.0
4	45	4.0	4.5	4.5	4.5
4	46	4.0	4.0	4.0	4.5
4	47	3.5	4.0	4.5	4.5
4	48	4.0	4.5	4.0	4.0
4	49	4.0	4.0	4.0	4.0
4	50	4.0	4.5	4.0	4.0
5	1	4.0	4.0	4.0	4.0
5	2	4.0	4.5	4.0	4.0
5	3	4.0	4.0	4.0	4.0
5	4	4.0	4.0	4.0	4.0
5	5	4.0	4.0	4.0	4.0
5	6	4.0	4.5	4.0	4.0
5	7	4.0	4.5	4.0	4.0
5	8	4.0	4.0	4.0	4.0
5	9	4.0	4.0	4.0	4.0
5	10	4.0	4.0	4.0	4.0
5	11	4.0	4.0	4.0	4.0
5	12	4.0	4.0	4.0	4.0
5	13	3.5	4.5	4.0	4.0
5	14	4.0	4.0	4.0	4.0
5	15	3.5	4.5	4.0	4.0
5	16	4.0	4.0	4.5	4.0
5	17	4.0	4.0	4.0	4.5
5	18	3.5	4.0	4.0	4.0
5	19	4.0	4.5	4.0	4.0
5	20	3.5	4.0	4.0	4.0

5	21	4.0	4.0	4.0	4.0
5	22	4.0	4.0	4.0	4.0
5	23	3.5	4.0	4.0	4.0
5	24	3.5	4.5	4.0	4.5
5	25	3.5	4.0	4.0	4.0
5	26	4.0	4.5	4.0	4.0
5	27	4.0	4.0	4.0	4.0
5	28	3.5	4.0	4.0	4.0
5	29	4.0	4.0	4.0	4.0
5	30	4.0	4.0	4.0	4.0
5	31	3.5	4.0	4.0	4.0
5	32	4.0	4.0	4.0	4.0
5	33	3.5	4.0	4.0	4.0
5	34	4.0	4.0	4.0	4.5
5	35	4.0	4.0	4.0	4.0
5	36	4.0	4.0	4.0	4.0
5	37	3.5	4.0	4.0	4.0
5	38	4.0	4.0	4.0	4.0
5	39	4.0	4.0	4.0	4.0
5	40	4.0	4.0	4.0	4.0
5	41	4.0	4.0	4.0	4.0
5	42	4.0	4.0	4.0	4.0
5	43	4.0	4.0	4.0	4.0
5	44	4.0	4.0	4.0	4.0
5	45	4.0	4.0	4.0	4.0
5	46	3.5	4.0	4.0	4.0
5	47	3.5	4.5	4.5	4.0
5	48	4.0	4.0	4.0	4.0
5	49	3.5	4.0	4.0	4.0
5	50	4.0	4.0	4.0	4.5
6	1	3.5	3.5	3.5	3.5
6	2	4.0	3.0	4.0	3.5
6	3	3.5	3.5	3.5	3.5
6	4	4.0	3.5	3.5	3.5
6	5	3.5	3.5	4.0	3.5
6	6	3.5	3.5	3.5	3.5
6	7	3.5	3.0	4.0	3.5
6	8	3.5	3.5	4.0	3.5
6	9	3.5	3.5	4.0	3.5
6	10	3.5	3.5	3.5	3.5
6	11	3.5	3.5	3.5	3.5
6	12	3.5	3.5	4.0	3.5
6	13	3.5	3.5	4.0	3.0
6	14	3.5	3.5	3.5	3.5
6	15	4.0	3.5	4.0	3.5

6	16	3.5	3.0	4.0	3.5
6	17	3.5	3.5	3.5	3.5
6	18	3.5	3.5	3.5	3.5
6	19	4.0	3.5	3.5	3.5
6	20	4.0	3.5	3.5	3.5
6	21	3.5	3.5	3.5	3.5
6	22	4.0	3.5	3.5	3.5
6	23	3.5	3.5	4.0	3.0
6	24	3.5	3.0	4.0	3.5
6	25	3.5	3.5	3.5	3.5
6	26	3.5	3.5	4.0	3.5
6	27	4.0	3.5	3.5	3.5
6	28	4.0	3.5	4.0	3.5
6	29	3.5	3.5	3.5	3.5
6	30	3.5	3.5	4.0	3.5
6	31	3.5	3.5	3.5	3.5
6	32	3.5	3.5	3.5	3.5
6	33	3.5	3.0	3.5	3.5
6	34	4.0	3.5	4.0	3.5
6	35	3.5	3.5	4.0	3.5
6	36	4.0	3.0	3.5	3.5
6	37	4.0	3.5	3.5	3.5
6	38	3.5	3.5	3.5	3.5
6	39	4.0	3.5	4.0	3.5
6	40	4.0	3.5	3.5	3.5
6	41	4.0	3.5	3.5	3.5
6	42	4.0	3.5	3.5	3.5
6	43	4.0	3.5	4.0	3.5
6	44	3.5	3.5	4.0	3.5
6	45	3.5	3.5	3.5	3.5
6	46	3.5	3.5	4.0	3.5
6	47	4.0	3.0	3.5	3.5
6	48	4.0	3.5	4.0	3.5
6	49	3.5	3.5	3.5	3.5
6	50	3.5	3.0	3.5	3.5
7	1	4.0	3.5	4.0	3.5
7	2	4.0	3.5	3.5	3.5
7	3	3.5	3.5	3.5	3.5
7	4	3.5	3.5	4.0	3.5
7	5	4.0	3.5	4.0	3.5
7	6	4.0	3.5	4.0	3.5
7	7	4.0	3.5	4.0	4.0
7	8	3.5	3.5	4.0	3.5
7	9	3.5	3.5	4.0	3.5
7	10	3.5	4.0	3.5	3.5

7	11	3.5	4.0	4.0	3.5
7	12	4.0	3.5	3.5	3.5
7	13	3.5	3.5	3.5	3.5
7	14	3.5	4.0	3.5	3.5
7	15	4.0	3.5	4.0	3.5
7	16	4.0	3.5	4.0	3.5
7	17	3.5	3.5	4.0	3.5
7	18	3.5	4.0	4.0	3.5
7	19	3.5	3.5	4.0	3.5
7	20	3.5	3.5	4.0	3.5
7	21	4.0	3.5	3.5	3.5
7	22	4.0	3.5	4.0	3.5
7	23	4.0	4.0	4.0	3.5
7	24	4.0	3.5	4.0	3.5
7	25	3.5	4.0	3.5	3.5
7	26	4.0	3.5	3.5	3.5
7	27	3.5	4.0	3.5	3.5
7	28	3.5	3.5	3.5	3.5
7	29	3.5	3.5	4.0	3.5
7	30	3.5	3.5	3.5	3.5
7	31	4.0	3.5	4.0	3.5
7	32	3.5	3.5	3.5	4.0
7	33	3.5	3.5	3.5	3.5
7	34	3.5	3.5	3.5	3.5
7	35	3.5	3.5	3.5	3.5
7	36	3.5	3.5	4.0	3.5
7	37	3.5	4.0	4.0	3.5
7	38	4.0	3.5	4.0	3.5
7	39	4.0	3.5	3.5	3.5
7	40	4.0	3.5	4.0	3.5
7	41	4.0	3.5	3.5	3.5
7	42	3.5	3.5	4.0	4.0
7	43	4.0	3.5	4.0	3.5
7	44	4.0	3.5	3.5	3.5
7	45	4.0	3.5	4.0	4.0
7	46	4.0	3.5	4.0	3.5
7	47	3.5	3.5	3.5	4.0
7	48	4.0	3.5	4.0	3.5
7	49	3.5	3.5	4.0	3.5
7	50	3.5	3.5	3.5	3.5
8	1	4.0	4.0	4.5	4.0
8	2	3.5	4.5	4.5	4.5
8	3	4.0	4.0	4.5	4.5
8	4	4.0	4.0	4.0	4.5
8	5	3.5	4.0	4.0	4.0

8	6	3.5	4.5	4.0	4.5
8	7	4.0	4.0	4.0	4.0
8	8	4.0	4.5	4.0	4.0
8	9	3.5	4.5	4.0	4.0
8	10	4.0	4.5	4.0	4.5
8	11	4.0	4.5	4.0	4.0
8	12	4.0	4.5	4.0	4.5
8	13	4.0	4.0	4.5	4.5
8	14	3.5	4.5	4.0	4.5
8	15	4.0	4.5	4.0	4.5
8	16	4.0	4.0	4.0	4.0
8	17	4.0	4.0	4.0	4.0
8	18	4.0	4.5	4.0	4.5
8	19	3.5	4.0	4.0	4.0
8	20	4.0	4.0	4.0	4.0
8	21	4.0	4.0	4.5	4.5
8	22	4.0	4.0	4.5	4.0
8	23	4.0	4.5	4.5	4.0
8	24	4.0	4.5	4.0	4.0
8	25	3.5	4.5	4.0	4.0
8	26	4.0	4.0	4.0	4.0
8	27	4.0	4.0	4.0	4.0
8	28	4.0	4.0	4.0	4.5
8	29	4.0	4.5	4.0	4.0
8	30	3.5	4.0	4.0	4.0
8	31	4.0	4.0	4.0	4.0
8	32	4.0	4.0	4.0	4.5
8	33	4.0	4.0	4.0	4.5
8	34	4.0	4.0	4.0	4.0
8	35	4.0	4.0	4.0	4.5
8	36	4.0	4.0	4.0	4.0
8	37	4.0	4.5	4.0	4.0
8	38	4.0	4.5	4.0	4.0
8	39	4.0	4.0	4.0	4.0
8	40	4.0	4.5	4.0	4.0
8	41	3.5	4.0	4.0	4.0
8	42	4.0	4.5	4.5	4.5
8	43	3.5	4.5	4.0	4.0
8	44	4.0	4.5	4.0	4.0
8	45	3.5	4.0	4.0	4.0
8	46	4.0	4.0	4.0	4.5
8	47	4.0	4.5	4.0	4.0
8	48	4.0	4.5	4.0	4.5
8	49	4.0	4.0	4.0	4.0
8	50	4.0	4.0	4.0	4.0

9	1	3.5	4.0	4.0	4.0
9	2	4.0	3.5	4.0	3.5
9	3	3.5	4.0	4.0	3.5
9	4	3.5	4.0	4.0	4.0
9	5	3.5	4.0	4.0	4.0
9	6	4.0	4.0	4.0	3.5
9	7	3.5	3.5	4.0	3.5
9	8	3.5	4.0	4.0	3.5
9	9	4.0	3.5	3.5	3.5
9	10	4.0	3.5	4.0	4.0
9	11	3.5	3.5	4.0	3.5
9	12	4.0	3.5	4.0	3.5
9	13	4.0	4.0	4.0	4.0
9	14	3.5	3.5	3.5	4.0
9	15	4.0	4.0	4.0	3.5
9	16	4.0	4.0	4.0	4.0
9	17	4.0	3.5	4.0	3.5
9	18	4.0	3.5	4.0	4.0
9	19	3.5	4.0	4.0	3.5
9	20	4.0	4.0	4.0	4.0
9	21	3.5	3.5	4.0	3.5
9	22	4.0	4.0	4.0	4.0
9	23	4.0	4.0	4.0	3.5
9	24	4.0	4.0	3.5	3.5
9	25	3.5	3.5	4.0	3.5
9	26	3.5	3.5	4.0	3.5
9	27	4.0	4.0	4.0	4.0
9	28	3.5	3.5	4.0	3.5
9	29	3.5	3.5	3.5	3.5
9	30	4.0	4.0	4.0	4.0
9	31	4.0	3.5	4.0	4.0
9	32	4.0	4.0	3.5	3.5
9	33	3.5	4.0	4.0	4.0
9	34	4.0	3.5	4.0	4.0
9	35	3.5	3.5	4.0	4.0
9	36	4.0	4.0	4.0	3.5
9	37	4.0	3.5	4.0	4.0
9	38	4.0	4.0	3.5	4.0
9	39	3.5	3.5	3.5	4.0
9	40	3.5	3.5	3.5	3.5
9	41	3.5	3.5	4.0	4.0
9	42	3.5	4.0	4.0	3.5
9	43	4.0	4.0	4.0	3.5
9	44	4.0	3.5	3.5	4.0
9	45	3.5	4.0	4.0	3.5

9	46	3.5	4.0	3.5	3.5
9	47	4.0	3.5	3.5	3.5
9	48	3.5	4.0	4.0	3.5
9	49	4.0	4.0	3.5	4.0
9	50	4.0	3.5	4.0	3.5
10	1	3.5	4.0	4.0	4.0
10	2	4.0	4.0	4.0	4.0
10	3	4.0	4.5	4.0	4.0
10	4	4.0	4.5	4.0	4.0
10	5	4.0	4.0	4.5	4.0
10	6	3.5	4.0	4.0	4.5
10	7	4.0	4.5	4.0	4.0
10	8	4.0	4.0	4.0	4.0
10	9	4.0	4.0	4.0	4.0
10	10	4.0	4.0	4.0	4.5
10	11	3.5	4.0	4.0	4.0
10	12	3.5	4.0	4.0	4.0
10	13	4.0	4.0	4.0	4.5
10	14	4.0	4.0	4.5	4.0
10	15	4.0	4.0	4.0	4.0
10	16	3.5	4.0	4.0	4.0
10	17	3.5	4.0	4.0	4.0
10	18	4.0	4.0	4.0	4.0
10	19	3.5	4.0	4.0	4.0
10	20	4.0	4.0	4.0	4.0
10	21	4.0	4.0	4.0	4.0
10	22	3.5	4.5	4.0	4.0
10	23	4.0	4.5	4.0	4.0
10	24	3.5	4.0	4.0	4.0
10	25	4.0	4.5	4.5	4.5
10	26	4.0	4.5	4.0	4.0
10	27	4.0	4.0	4.0	4.0
10	28	4.0	4.5	4.0	4.0
10	29	4.0	4.0	4.0	4.0
10	30	4.0	4.0	4.0	4.5
10	31	4.0	4.0	4.0	4.0
10	32	4.0	4.0	4.0	4.0
10	33	4.0	4.0	4.0	4.0
10	34	4.0	4.0	4.0	4.0
10	35	3.5	4.0	4.0	4.0
10	36	3.5	4.0	4.0	4.0
10	37	4.0	4.0	4.0	4.0
10	38	3.5	4.0	4.0	4.0
10	39	3.5	4.0	4.0	4.0
10	40	4.0	4.0	4.0	4.0

10	41	4.0	4.0	4.0	4.0
10	42	4.0	4.0	4.0	4.0
10	43	4.0	4.0	4.0	4.0
10	44	4.0	4.0	4.0	4.0
10	45	3.5	4.5	4.0	4.0
10	46	3.5	4.0	4.0	4.0
10	47	4.0	4.0	4.0	4.0
10	48	4.0	4.0	4.0	4.0
10	49	3.5	4.0	4.0	4.0
10	50	4.0	4.0	4.0	4.0
11	1	3.5	3.5	4.0	3.5
11	2	3.5	3.5	4.0	3.5
11	3	3.5	3.5	3.5	3.5
11	4	4.0	3.5	4.0	4.0
11	5	4.0	3.5	3.5	3.5
11	6	4.0	3.5	4.0	3.5
11	7	3.5	3.5	4.0	3.5
11	8	3.5	3.5	3.5	3.5
11	9	3.5	3.5	4.0	3.5
11	10	4.0	3.5	4.0	3.5
11	11	3.5	3.5	4.0	4.0
11	12	4.0	3.5	3.5	3.5
11	13	3.5	3.5	4.0	3.5
11	14	3.5	4.0	4.0	4.0
11	15	3.5	4.0	3.5	3.5
11	16	3.5	3.5	3.5	3.5
11	17	3.5	4.0	3.5	3.5
11	18	4.0	4.0	3.5	3.5
11	19	3.5	4.0	3.5	3.5
11	20	4.0	3.5	3.5	4.0
11	21	4.0	3.5	3.5	3.5
11	22	3.5	3.5	3.5	4.0
11	23	3.5	4.0	4.0	3.5
11	24	4.0	4.0	3.5	4.0
11	25	4.0	3.5	4.0	3.5
11	26	3.5	3.5	4.0	3.5
11	27	3.5	3.5	3.5	3.5
11	28	3.5	3.5	4.0	3.5
11	29	3.5	3.5	3.5	3.5
11	30	3.5	3.5	4.0	4.0
11	31	3.5	3.5	3.5	3.5
11	32	3.5	4.0	3.5	3.5
11	33	4.0	3.5	4.0	3.5
11	34	3.5	3.5	3.5	3.5
11	35	4.0	4.0	4.0	3.5

11	36	3.5	4.0	4.0	3.5
11	37	4.0	3.5	3.5	4.0
11	38	3.5	3.5	3.5	3.5
11	39	3.5	3.5	4.0	3.5
11	40	3.5	3.5	4.0	3.5
11	41	3.5	3.5	4.0	3.5
11	42	3.5	3.5	3.5	3.5
11	43	3.5	3.5	3.5	3.5
11	44	4.0	3.5	4.0	3.5
11	45	4.0	3.5	4.0	3.5
11	46	4.0	3.5	4.0	3.5
11	47	4.0	3.5	3.5	3.5
11	48	4.0	3.5	3.5	3.5
11	49	4.0	3.5	4.0	3.5
11	50	4.0	4.0	3.5	3.5
12	1	4.0	3.5	3.5	3.0
12	2	3.5	3.5	3.5	3.5
12	3	3.5	3.5	3.5	3.5
12	4	4.0	3.5	4.0	3.5
12	5	3.5	3.5	4.0	3.5
12	6	3.5	3.5	3.5	3.0
12	7	4.0	3.0	3.5	3.5
12	8	3.5	3.5	3.5	3.5
12	9	3.5	3.5	3.5	3.5
12	10	3.5	3.5	3.5	3.5
12	11	4.0	3.5	3.5	3.5
12	12	3.5	3.5	4.0	3.5
12	13	3.5	3.5	3.5	3.5
12	14	3.5	3.5	4.0	3.5
12	15	3.5	3.5	3.5	3.5
12	16	3.5	3.5	3.5	3.5
12	17	4.0	3.5	3.5	3.5
12	18	3.5	3.5	4.0	3.5
12	19	4.0	3.0	4.0	3.5
12	20	3.5	3.5	3.5	3.5
12	21	4.0	3.5	3.5	3.5
12	22	3.5	3.0	3.5	3.5
12	23	3.5	3.0	3.5	3.0
12	24	4.0	3.5	3.5	3.5
12	25	4.0	3.0	3.5	3.5
12	26	3.5	3.0	4.0	3.5
12	27	3.5	3.0	4.0	3.0
12	28	3.5	3.5	4.0	3.5
12	29	4.0	3.0	3.5	3.5
12	30	3.5	3.5	4.0	3.5

12	31	4.0	3.0	4.0	3.5
12	32	3.5	3.5	3.5	3.5
12	33	3.5	3.5	3.5	3.5
12	34	3.5	3.5	3.5	3.5
12	35	4.0	3.5	3.5	3.0
12	36	3.5	3.0	3.5	3.5
12	37	4.0	3.5	3.5	3.5
12	38	3.5	3.5	4.0	3.5
12	39	3.5	3.5	3.5	3.5
12	40	3.5	3.5	3.5	3.5
12	41	3.5	3.0	3.5	3.5
12	42	3.5	3.5	3.5	3.5
12	43	3.5	3.5	4.0	3.5
12	44	4.0	3.5	4.0	3.5
12	45	4.0	3.5	4.0	3.0
12	46	4.0	3.5	3.5	3.5
12	47	3.5	3.5	4.0	3.5
12	48	3.5	3.5	3.5	3.5
12	49	3.5	3.5	4.0	3.5
12	50	3.5	3.5	4.0	3.5
13	1	3.5	4.0	4.0	3.5
13	2	4.0	4.0	3.5	4.0
13	3	4.0	4.0	4.0	4.0
13	4	4.0	3.5	4.0	4.0
13	5	4.0	4.0	3.5	3.5
13	6	4.0	4.0	4.0	4.0
13	7	4.0	4.0	4.0	3.5
13	8	3.5	3.5	4.0	3.5
13	9	4.0	3.5	3.5	4.0
13	10	3.5	4.0	4.0	4.0
13	11	4.0	4.0	4.0	3.5
13	12	3.5	4.0	3.5	4.0
13	13	4.0	4.0	3.5	3.5
13	14	4.0	4.0	4.0	3.5
13	15	3.5	4.0	4.0	3.5
13	16	3.5	3.5	3.5	4.0
13	17	3.5	4.0	4.0	3.5
13	18	4.0	4.0	4.0	3.5
13	19	3.5	4.0	4.0	4.0
13	20	4.0	4.0	4.0	3.5
13	21	4.0	3.5	4.0	3.5
13	22	4.0	3.5	3.5	4.0
13	23	4.0	4.0	4.0	3.5
13	24	3.5	4.0	4.0	4.0
13	25	3.5	3.5	4.0	3.5

13	26	4.0	3.5	4.0	4.0
13	27	3.5	4.0	3.5	4.0
13	28	3.5	4.0	4.0	3.5
13	29	3.5	3.5	4.0	4.0
13	30	4.0	3.5	4.0	4.0
13	31	3.5	4.0	4.0	4.0
13	32	4.0	3.5	4.0	3.5
13	33	4.0	4.0	4.0	3.5
13	34	4.0	4.0	4.0	3.5
13	35	4.0	4.0	4.0	4.0
13	36	4.0	4.0	4.0	3.5
13	37	3.5	3.5	4.0	3.5
13	38	4.0	3.5	4.0	3.5
13	39	3.5	4.0	3.5	3.5
13	40	3.5	4.0	4.0	4.0
13	41	3.5	4.0	4.0	3.5
13	42	4.0	4.0	4.0	4.0
13	43	4.0	3.5	4.0	4.0
13	44	3.5	3.5	4.0	3.5
13	45	4.0	4.0	4.0	4.0
13	46	3.5	3.5	4.0	3.5
13	47	4.0	3.5	3.5	4.0
13	48	4.0	3.5	4.0	4.0
13	49	4.0	3.5	4.0	4.0
13	50	4.0	4.0	4.0	4.0

Anexo 10: Degustation Sensorial





Galaxy A55 5G
25 de febrero de 2026 11:10 a.m.



Galaxy A55 5G
25 de febrero de 2026 10:06 a.m.



Galaxy A55 5G
25 de febrero de 2026 11:12 a.m.



Galaxy A55 5G
25 de febrero de 2026 11:12 a.m.



Galaxy A55 5G
25 de febrero de 2026 10:50 a.m.



Galaxy A55 5G
25 de febrero de 2026 10:50 a.m.



Galaxy A55 5G
25 de febrero de 2026 10:50 a.m.