UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN ELABORADO CON DIFERENTES NIVELES DE SUSTITUCIÓN DE FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan* (L.) Huth), COMO HARINA SUCEDÁNEA

Tesis para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TUCTO ALATA MIRKO RODRIGO

Pucallpa – Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y Escuchar la sustentación de la tesis, presentado por el Bachiller **TUCTO ALATA, MIRKO RODRIGO.**

denominada: **"EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN ELABORADO CON DIFERENTES NIVELES DE SUSTITUCION DE FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan (L) Huth*), COMO HARINA SUCEDANEA,** Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: APROBADO con el calificativo (*) MAYORIA (16)

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del Reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 19 de MAYO de 2026.

Dr. Alex Rengifo Zumaeta
Presidente

Dr. Milton Miguel Pirro Lozano
Primer Miembro

Ing. José Manuel Ramírez Vásquez
Segundo Miembro

Dr. Edgar Vicente Santa Cruz
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

APROBACION DE TESIS

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Alex Rengifo Zumaeta

.....
Presidente

Dr. Milton Miguel Pirro Lozano

.....
Primer Miembro

Ing. José Manuel Ramírez Vásquez

.....
Segundo Miembro

Dr. Edgar Vicente Santa Cruz

.....
Asesor

Bach. Tucto Alata Mirko Rodrigo

.....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TESIS

Nº V/198-2026.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que la Tesis titulada:

"EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN ELABORADO CON DIFERENTES NIVELES DE SUSTITUCIÓN DE FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan* (L.) Huth), COMO HARINA SUCEDÁNEA"

Autor(es)	:	**TUCTO ALATA, MIRKO RODRIGO**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**ING. AGROINDUSTRIAL**
Asesor(a)	:	**Dr. VICENTE SANTA CRUZ, EDGAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica: "todo trabajo de investigación no debe superar el 10%". **En tal sentido, se declara, que la TESIS presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 30/03/2026

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, MIRKO RODRIGO, TUCTO ALATA

Autor de la tesis titulada : "EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN ELABORADO CON DIFERENTES NIVELES DE SUSTITUCIÓN DE FREJOL DE PALO (Cajanus (L.) Huth), COMO HARINA SUCEDANEA"

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Dr. EDGAR VICENTE SANTA CRUZ

Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Profesional: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 19 / 05 / 2026

Email: rodrigo23april@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 921516067 DNI: 45836507

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la vida, la salud, el trabajo y la fortaleza necesarias para continuar luchando y poder culminar aquello que un día me propuse: convertirme en un profesional; y por haber puesto en mi camino a personas que fueron un apoyo constante durante todo mi periodo de formación académica.

A mis padres, Urbano Tucto y Demetria Hidalgo, por creer en mí, motivarme cada día a ser una mejor persona y un profesional íntegro. Siempre estaré profundamente agradecido con ustedes.

A mis hermanos, por sus palabras de aliento y por recordarme siempre que debía seguir adelante, diciéndome “tú puedes”. Gracias por su apoyo constante y motivación para poder culminar mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, a sus docentes y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, con sus experiencias y conocimientos he podido desarrollar mis habilidades a lo largo de este proceso. Mi formación en esta casa de estudios ha sido fundamental para la culminación de este trabajo.

Al Dr. Edgar Vicente Santa Cruz, por su calidad humana, su valioso asesoramiento y la paciencia brindada durante la elaboración, ejecución y sustentación de mi tesis. Mi más sincero agradecimiento.

Al Dr. Rengifo Zumaeta Alex, Dr. Pirro Lozano Milton y Ing. M.Sc. Ramírez Vásquez José, miembros del comité evaluador de mi tesis. Agradezco profundamente su tiempo, dedicación y el esfuerzo que han invertido en la revisión de mi trabajo. Sus comentarios y sugerencias han sido de gran valor para mejorar este proyecto y llevarlo a un nivel más alto de calidad.

A mi familia, por haber sido mi soporte cuando más los he necesitado y por siempre haberme impulsado a seguir estudiando.

Con profunda gratitud a todos Ustedes.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA 5

AGRADECIMIENTO 6

RESUMEN 11

ABSTRACT 13

ÍNDICE DE TABLAS 15

ÍNDICE DE FIGURAS 17

INTRODUCCIÓN 19

CAPITULO I 3

1.1. Descripción y fundamentación del problema 3

1.2. Formulación del problema general y específicos 5

1.2.1. Problema general 5

1.2.2. Problemas específicos 5

1.3. Objetivo general y objetivos específicos 5

1.3.1. Objetivo general 5

1.3.2. Objetivos específicos 6

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis 6

Hipótesis nula 6

1.5. Operacionalización de las variables 7

1.6. Justificación e importancia 8

CAPITULO II 10

MARCO TEÓRICO 10

2.1. Antecedentes de la investigación 10
2.1.1. Internacionales 10
2.1.2. Nacionales 12
2.1.3. Local 14
2.2. Bases teóricos 15
2.2.1. El frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) 15
2.2.2. El pan 18
CAPÍTULO III 21
METODOLOGÍA 21
3.1. Tipo de investigación 21
3.2. Ubicación del área experimental 22
3.3. Materiales y equipo 22
3.3.1. Materiales utilizados 22
3.3.2. Insumos utilizados 22
3.3.3. Equipos utilizados 23
3.4. Variables estudiadas 23
3.4.1. Variable independiente 23
3.4.2. Variables dependientes 29
3.5. Población y muestra 33
3.5.1. Población 33
3.5.2. Muestra 33

3.6. Diseño experimental 33
3.6.1. Análisis paramétrico 33
3.6.2. Para las pruebas no paramétricas 35
CAPITULO IV 38
RESULTADOS 38
4.1. Caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo 38
4.2. Evaluación sensorial del pan elaborado a partir de harina de frejol de palo 41
4.2.1. Evaluación de la aceptación sensorial del color de los tratamientos de pan según Friedman 41
4.2.2. Evaluación de la aceptación sensorial del olor de los tratamientos de pan según Friedman 43
4.2.3. Evaluación de la aceptación sensorial del sabor de los tratamientos de pan según Friedman 46
4.2.4. Evaluación de la aceptación sensorial de la textura de los tratamientos de pan según Friedman 48
4.3. Análisis de la composición química proximal del tratamiento más aceptado del pan T_2 50
CAPITULO V 53
DISCUSION 53
5.1. Caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo 53
5.2. Aceptación sensorial del pan elaborado a partir de harina de frejol de palo 55

5.3. Composición química proximal del tratamiento más aceptado del pan T_2. 58

CAPITULO VI 61

CONCLUSIONES 61

CAPITULO VII 62

RECOMENDACIONES 62

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 63

ANEXOS 73

ANEXO 6. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS 77

RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) como harina sucedánea”, tuvo como objetivo evaluar sensorialmente el pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de frejol de palo, así como determinar las características fisicoquímicas de la harina y la composición químico-proximal del tratamiento con mayor aceptación. El estudio se desarrolló en la Universidad Nacional de Ucayali, en la ciudad de Pucallpa, bajo un enfoque mixto, de tipo aplicado y nivel experimental. Se formularon seis tratamientos con diferentes porcentajes de sustitución: 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de harina de frejol de palo. La caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo evidenció un adecuado valor nutricional, presentando 62.28% de carbohidratos, 21.15% de proteínas, 1.39% de grasas, 11.53% de humedad, 3.65% de cenizas y 0.12 mg KOH/g de acidez, demostrando su potencial como ingrediente alternativo en productos panificados. La evaluación sensorial fue realizada por 25 panelistas no entrenados mediante una escala hedónica de 5 puntos, evaluando los atributos de color, olor, sabor y textura. Para el análisis estadístico se empleó la prueba no paramétrica de Friedman con un nivel de significancia de 0,05. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento T_2 (95% harina de trigo + 5% harina de frejol de palo) el de mayor aceptación general. Este tratamiento se destacó principalmente en los atributos de olor y sabor, con medias de rangos de 4.60 y 4.79 respectivamente, mientras que el tratamiento control (T_1) presentó mejor aceptación en color y textura. Asimismo, se evidencia que las sustituciones superiores al 10% afectarán negativamente las características organolépticas del pan, disminuyendo su aceptación por parte de los evaluadores. El análisis químico-proximal del tratamiento

T_2 evidenció una composición equilibrada, registrando 45.6% de carbohidratos, 18.6% de proteínas, 2.1% de grasas, 32.1% de humedad, 1.6% de cenizas y 0.15 mg KOH/g de índice de acidez, manteniéndose dentro de parámetros adecuados para productos panificados. Se concluye que la incorporación de harina de frejol de palo hasta en un 5% permite mejorar el valor nutricional del pan sin afectar significativamente su aceptabilidad sensorial, constituyéndose como una alternativa viable para el aprovechamiento agroindustrial de recursos locales.

**Palabras claves:** Harina de frijol de palo, sucedánea, análisis sensorial y fisicoquímico.

ABSTRACT

This research, entitled “Sensory Evaluation of Bread Made with Different Levels of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Huth) Flour Substitution,” aimed to sensorially evaluate bread made with different levels of pigeon pea flour substitution for wheat flour, as well as to determine the physicochemical characteristics of the flour and the proximate chemical composition of the most accepted treatment. The study was conducted at the National University of Ucayali, in the city of Pucallpa, using a mixed-methods, applied, and experimental approach. Six treatments were formulated with different percentages of pigeon pea flour substitution: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, and 25%. The physicochemical characterization of pigeon pea flour revealed adequate nutritional value, with 62.28% carbohydrates, 21.15% protein, 1.39% fat, 11.53% moisture, 3.65% ash, and 0.12 mg KOH/g acidity, demonstrating its potential as an alternative ingredient in baked goods. Sensory evaluation was conducted by 25 untrained panelists using a 5-point hedonic scale, assessing the attributes of color, aroma, flavor, and texture. The non-parametric Friedman test was used for statistical analysis with a significance level of 0.05. The results showed significant differences between treatments, with treatment T2 (95% wheat flour + 5% pigeon pea flour) having the highest overall acceptance. This treatment stood out primarily in the attributes of aroma and flavor, with average scores of 4.60 and 4.79, respectively, while the control treatment (T1) showed better acceptance in color and texture. Furthermore, it was evident that substitutions exceeding 10% negatively affected the bread's organoleptic characteristics, decreasing its acceptance by the evaluators. The proximate chemical analysis of treatment T2 revealed a balanced composition, registering 45.6% carbohydrates, 18.6% protein, 2.1% fat, 32.1% moisture, 1.6% ash, and an acidity index of 0.15 mg KOH/g, remaining within suitable parameters for baked goods. It is

concluded that incorporating pigeon pea flour up to 5% improves the nutritional value of the bread without significantly affecting its sensory acceptability, thus constituting a viable alternative for the agro-industrial use of local resources.

Keywords: Palo bean flour, substitute, sensory and physicochemical analysis.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables en estudio. 7

Tabla 2. Descripción de los tratamientos de estudio..... 24

Tabla 3. Fuentes de variabilidad del análisis de variancia del pan de frejol de palo. 34

Tabla 4. Esquema experimental. 35

Tabla 5. Diseño y distribución de panelista..... 37

Tabla 6. Caracterización fisicoquímicas de las muestras de harina de frejol de palo. 38

Tabla 7. Evaluación sensorial de la aceptación del color de los tratamientos de pan..... 41

Tabla 8. Evaluación sensorial de la aceptación del olor de los tratamientos del pan. 44

Tabla 9. Evaluación sensorial de la aceptación del sabor de los tratamientos de pan..... 46

Tabla 10. Evaluación sensorial de la aceptación de la textura de los tratamientos de pan..... 48

Tabla 11. Características química proximal del tratamiento más aceptado del pan t_2. 51

Tabla 12. Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación del color los tratamientos del pan según friedman..... 74

Tabla 13. Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación del olor los tratamientos del pan según friedman..... 74

Tabla 14. Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación del sabor los tratamientos del pan según friedman..... 74

Tabla 15. Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación de la textura los tratamientos del pan según friedman..... 75

Tabla 16. Matriz de consistencia. 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de elaboración de la harina de frejol de palo (cajanus cajan (l.) Huth)..... 26

Figura 2. Flujograma de elaboración del pan con harina de frejol de palo (cajanus cajan (l.) Huth). 29

Figura 3. Composición fisicoquímica de la harina de la harina de frejol de palo. ... 40

Figura 4. Variación sensorial de la aceptación del color de los tratamientos de pan. 43

Figura 5. Variación sensorial de la aceptación del olor de los tratamientos del pan. 45

Figura 6. Variación sensorial de la aceptación del sabor de los tratamientos de pan. 47

Figura 7. Variación sensorial de la aceptación de la textura según tratamientos del pan..... 50

Figura 8. Composición química proximal del tratamiento más aceptado del pan t2.51

Figura 9. Frejol de palo seleccionada..... 78

Figura 10. Pesado de la materia prima..... 78

Figura 11. Frejol de palo sometido a remojo. 78

Figura 12. Molido de frejol de palo. 78

Figura 13. Frejol de palo listo para el secado..... 79

Figura 14. Harina de frejol de palo. 79

Figura 15. Tamizado de la harina de frejol de palo. 79

Figura 16. Insumos y materiales para la elaboración del pan de frejol de palo. 80

F**igura 17.** Preparación de la masa..... 80

Figura 18. Fraccionamiento de la masa 80

Figura 19. Boleado de las porciones de masa.. 80

Figura 20. Proceso de fermentado. 81

Figura 21. Barnizado, previo al horneado..... 81

Figura 22. Horneado de la masa. 81

Figura 23. Pan horneado. 81

Figura 24. Prueba sensorial u organolépticas con los estudiantes de la facultad de ciencias agropecuarias. 82

Figura 25. Se realizaron las determinaciones de humedad, cenizas, grasa e índice de acidez de la harina de frejol de palo y del pan correspondiente al tratamiento t2, empleando los métodos analíticos establecidos en los laboratorios de la universidad. 83

Figura 26. Informes de los análisis fisicoquímicos de la harina de frejol de palo y del análisis químico-proximal del pan correspondiente al tratamiento t2, emitidos por el laboratorio certificado natura analítica s.a.c. 84

INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial y forma parte esencial de la dieta diaria de muchas personas (Vásquez et al., 2021). Tradicionalmente, su elaboración se basa en el uso de harina de trigo, sin embargo, la necesidad de diversificar y enriquecer los productos de panificación ha llevado a la búsqueda de ingredientes alternativos que aporten un mayor valor nutricional (Gutierrez et al., 2022). En este contexto, las leguminosas han despertado un interés creciente por su alto contenido de proteínas, fibra, vitaminas y minerales, así como por su disponibilidad en distintas regiones del país (Sandoval et al., 2024).

El frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) es una leguminosa de amplio cultivo en zonas tropicales como la Amazonía peruana. A pesar de su riqueza nutricional y su adaptación a diversos suelos y climas, su uso en la industria alimentaria aún es limitado (Peñafiel et al., 2022). Transformado en harina, este grano representa una opción viable para su incorporación en productos de panificación, especialmente como sustituto parcial de la harina de trigo (Jelin et al., 2022). Sin embargo, al tratarse de una harina no convencional, resulta necesario evaluar su comportamiento en las características sensoriales del pan, tales como el sabor, el aroma, el color, la textura y la aceptación general por parte de los consumidores.

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar sensorialmente el pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de frejol de palo, empleando su harina como ingrediente sucedáneo. Para ello, se caracterizó fisicoquímicamente la harina de frejol de palo, se determinó el nivel de aceptación sensorial del pan elaborado con distintos porcentajes de sustitución y, finalmente, se analizaron las características químico proximales del tratamiento que obtuvo la mayor aceptación.

El estudio se desarrolló en Pucallpa, para fomentar el aprovechamiento de cultivos locales y promover alternativas alimentarias más nutritivas y accesibles para la población.

Esta investigación busca aportar al desarrollo de nuevos productos alimenticios que respondan a las necesidades nutricionales actuales, valorizando materias primas disponibles en la región y contribuyendo a una alimentación más saludable y sostenible.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

A nivel mundial, el hambre y la desnutrición continúan siendo problemáticas de gran impacto en la salud pública, afectando especialmente a poblaciones vulnerables. Según Cairo (2021), aproximadamente 821 millones de personas padecen hambre y más de 150 millones de niños presentan retraso en el crecimiento, situación principalmente asociada a la deficiencia de proteínas de alta calidad. Este problema es más crítico en regiones en desarrollo, como América del Sur y África, tal como lo señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018). En este contexto, el aprovechamiento de fuentes proteicas alternativas, especialmente de origen vegetal, constituye una estrategia viable para mejorar la calidad nutricional de la dieta y contribuir a la seguridad alimentaria (FAO, 2016).

Durante etapas clave del crecimiento, como la niñez (5 a 9 años) y la adolescencia (10 a 19 años), la desnutrición genera efectos adversos significativos, entre ellos mayor susceptibilidad a enfermedades infecciosas, retraso en el desarrollo físico, disminución de la capacidad muscular y deterioro del rendimiento cognitivo (Pollitt, 2002). Estas consecuencias no solo comprometen la salud individual, sino que también limitan el desarrollo social y económico de los países, perpetuando ciclos de pobreza y desigualdad.

En el Perú, a pesar de los avances en la reducción de la desnutrición crónica infantil de 28,5% en 2007 a 18,1% en 2012, según el Ministerio de Salud (MINSA, 2014), esta problemática aún persiste. El Instituto Nacional de Salud (2015) reporta que alrededor del 26% de los niños en edad escolar (6 a 14 años) presenta baja

estatura para su edad, lo que evidencia deficiencias nutricionales relevantes. Esta situación podría estar relacionada no solo con una ingesta insuficiente de proteínas, sino también con su baja calidad biológica, lo que limita su adecuada utilización por el organismo (Cairo, 2021).

En este escenario, resulta fundamental promover el uso de cultivos locales con alto valor nutricional. El frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth), leguminosa cultivada en la región de Pucallpa, representa una alternativa prometedora debido a su contenido aproximado de 20% de proteínas, así como su aporte de carbohidratos complejos, fibra dietética, vitaminas y minerales como hierro y zinc. La transformación de este grano en harina permite su incorporación en productos de consumo masivo, como el pan, mediante la sustitución parcial de la harina de trigo, contribuyendo así al enriquecimiento nutricional de estos alimentos.

Sin embargo, la incorporación de harinas no convencionales en productos de panificación puede generar cambios en sus características sensoriales, tales como sabor, textura, color y aroma, lo que influye directamente en la aceptación por parte del consumidor. En este sentido, existe una evidencia científica limitada sobre el uso de harina de frejol de palo en la elaboración de pan con diferentes niveles de sustitución, particularmente en el contexto local de Pucallpa.

Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar la sustitución de harina de trigo por harina de frejol de palo en las características sensoriales y nutricionales del pan. Esta investigación resulta relevante, ya que no solo permitirá determinar niveles óptimos de incorporación que mantengan la aceptabilidad del producto, sino que también contribuirá al aprovechamiento de recursos locales, al desarrollo de productos

agroindustriales con mayor valor agregado y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria y la economía regional.

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) como harina sucedánea?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) cuando se utiliza como harina sucedánea en la elaboración de pan?
- ¿Cuál es el nivel de aceptación sensorial del pan elaborado con diferentes porcentajes de sustitución de harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) en la ciudad de Pucallpa?
- ¿Cuáles son las características químico-proximales del tratamiento con mayor aceptación sensorial en la elaboración de pan de trigo (*Triticum* spp) enriquecido con harina de frejol de palo?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar sensorialmente el pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth), como harina sucedánea.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth), mediante métodos estandarizados de la AOAC, con análisis realizados en laboratorio y complementados con resultados certificados por el laboratorio externo Natura Analítica SAC.
- Determinar el nivel de aceptación sensorial del pan elaborado con diferentes porcentajes de sustitución de harina de frejol de palo, evaluando los atributos de color, aroma, sabor y textura, mediante una escala hedónica de 5 puntos.
- Determinar las características químico-proximales del tratamiento con mayor aceptación sensorial, mediante el análisis de humedad, ceniza, grasa e índice de acidez utilizando métodos estandarizados de la AOAC en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali, complementados con el análisis de proteínas y carbohidratos realizados por el laboratorio externo certificado Natura Analítica SAC.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

Hipótesis nula

H_0: No existen diferencias significativas en la evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.).

1.5. Operacionalización de las variables

Tabla 1.

Operacionalización de las variables en estudio.

Aspectos metodológicos / Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad / Medida	Tipo de variable	Escala	Instrumento / Método / Diseño
Tipo de investigación	Resolver un problema específico relacionado con el mejoramiento nutricional del pan mediante el uso de harina de frejol de palo	Aplicación agroindustrial	Desarrollo de pan enriquecido con harina sucedánea	—	—	—	Investigación aplicada
Nivel de investigación	Se manipuló intencionalmente la variable independiente para evaluar su efecto.	Experimental	Evaluación de tratamientos con diferentes porcentajes de sustitución	—	—	—	Nivel experimental
Enfoque de investigación	Integración de análisis cuantitativos y cualitativos	Cuantitativo y cualitativo	Análisis fisicoquímicos y evaluación sensorial	—	—	—	Enfoque mixto
Diseño experimental para datos fisicoquímicos y químico-proximales	Distribución aleatoria de tratamientos y repeticiones	Diseño Completamente al Azar (DCA)	6 tratamientos y 4 repeticiones	24 unidades experimentales	—	—	ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)
Diseño para datos sensoriales	Evaluación sensorial mediante análisis no paramétrico	Prueba de Friedman	Comparación de atributos sensoriales	Escala hedónica de 1 a 5	—	Ordinal	Prueba de Friedman
Población	Granos de frejol de palo cultivados en Campo Verde	Materia prima vegetal	Frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth)	—	—	—	Producción agrícola local
Muestra	Unidades experimentales utilizadas en el estudio	Tratamientos experimentales	6 tratamientos × 4 repeticiones	24 unidades experimentales	—	—	Muestreo aleatorio
Panel sensorial	Consumidores participantes en la evaluación del pan	Evaluadores	25 panelistas no entrenados	Personas	—	—	Ficha de evaluación sensorial
X1: Nivel de sustitución de harina de frejol de palo	Porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de frejol de palo en la formulación del pan	Sustitución porcentual	0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%	Porcentaje (%)	Independiente	Razón	Ficha técnica de formulación
Y1: Caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la harina obtenida del frejol de palo	Composición química	Humedad, proteína, grasa, carbohidratos, ceniza e índice de acidez	% / mg KOH/g	Dependiente	Razón	Métodos AOAC y NTP
Métodos fisicoquímicos	Técnicas analíticas empleadas para evaluar la harina	Métodos normalizados	Humedad (NTP 206.011:2018), grasa (NTP 206.017:1981), ceniza (AOAC 935.39 B), proteína (AOAC 935.39 C), carbohidratos por diferencia	%	—	—	Laboratorio UNU y Natura Analítica SAC
Y2: Aceptación sensorial del pan	Evaluación de atributos sensoriales del pan elaborado con distintos niveles de sustitución	Atributos sensoriales	Color, olor, sabor y textura	Escala hedónica (1–5)	Dependiente	Ordinal	Ficha de evaluación sensorial
Y3: Caracterización químico-proximal del mejor tratamiento	Determinación de la composición química proximal del tratamiento con mayor aceptación sensorial	Composición proximal	Humedad, proteína, grasa, carbohidratos, ceniza e índice de acidez	% / mg KOH/g	Dependiente	Razón	Métodos AOAC y NTP
Métodos químico-proximales	Procedimientos aplicados al tratamiento de mayor aceptación	Análisis proximal	Humedad, grasa, proteína, ceniza, carbohidratos e índice de acidez	%	—	—	AOAC, NTP y método de Collazos (1993)

Nota. Elaboración propia

1.6. Justificación e importancia

La presente investigación titulada “Evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) como harina sucedánea” se justifica por la necesidad de desarrollar alternativas alimentarias que contribuyan a mejorar el valor nutricional de productos de consumo cotidiano, como el pan, ampliamente consumido por la población. En un contexto donde aún persisten problemas de desnutrición y deficiencia proteica, resulta fundamental promover el uso de materias primas con alto valor nutricional que puedan ser incorporadas en alimentos de consumo masivo sin afectar su aceptabilidad.

En este sentido, el frejol de palo constituye una leguminosa de gran importancia, debido a su contenido significativo de proteínas, fibra dietética y minerales esenciales. A pesar de sus beneficios nutricionales y su disponibilidad en la región de Ucayali, su aprovechamiento en la industria alimentaria es limitado, especialmente en la elaboración de productos panificados. Por ello, la presente investigación busca evaluar su utilización como harina sucedánea en la panificación, analizando su efecto en las características sensoriales del producto final.

La ejecución de este estudio permitirá generar información relevante sobre el comportamiento sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de frejol de palo, lo cual es fundamental para determinar su grado de aceptación por parte de los consumidores. Asimismo, permitirá identificar el nivel óptimo de sustitución que mantiene un equilibrio entre calidad sensorial y valor nutricional, contribuyendo al desarrollo de productos más saludables.

Desde el punto de vista tecnológico y productivo, la investigación aporta a la diversificación de materias primas en la industria panadera, promoviendo el uso de cultivos locales y reduciendo la dependencia de la harina de trigo. Además,

representa una oportunidad para generar valor agregado a productos agrícolas de la región, incentivando su transformación y aprovechamiento en el ámbito agroindustrial.

Finalmente, la importancia de este estudio radica en su contribución al fortalecimiento de la seguridad alimentaria, al proponer una alternativa viable para enriquecer alimentos de consumo masivo con fuentes proteicas de origen vegetal. De igual manera, fomenta el desarrollo económico regional mediante la integración de productores, transformadores y consumidores, promoviendo así un enfoque sostenible que articula nutrición, innovación y aprovechamiento de recursos locales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Erazo (2022) en su estudio sobre la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de frejol palito (*Cajanus cajan*) en la elaboración de bizcochos, tuvo como objetivo mejorar el valor nutricional del producto mediante la incorporación de esta leguminosa. Para ello, evaluó cinco formulaciones con diferentes proporciones de ambas harinas, aplicando análisis sensorial para determinar su aceptabilidad. Los resultados indicaron que las formulaciones más aceptadas fueron las de 80% trigo y 20% frejol palito, 70% trigo y 30% frejol palito, así como la de 100% frejol palito. En conclusión, la sustitución parcial es viable, ya que permite incrementar el valor nutricional sin afectar significativamente la aceptación del producto.

Johanna (2022) en su investigación sobre la evaluación bromatológica de galletas elaboradas a base de arroz integral (*Oryza sativa*) con incorporación de harina de algarrobo (*Prosopis alba*) y gandul (*Cajanus cajan*), tuvo como objetivo determinar el contenido de proteína, fibra, cenizas y pH en el tratamiento con mayor aceptación sensorial. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con 5% de harina de algarrobo y 25% de harina de gandul presentó 8.91% de proteína, 3.32% de fibra cruda, 3.04% de cenizas y un pH de 7.01, valores que reflejan un adecuado aporte nutricional. Asimismo, dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2085, lo que confirma la calidad del producto elaborado.

Castro (2022) en su estudio sobre la caracterización de la harina de papa china (*Colocasia esculenta*) para su aplicación en la industria de panificación, tuvo como objetivo evaluar sus propiedades fisicoquímicas. Los resultados mostraron que la harina presenta un contenido de humedad entre 6.87% y 11.86%, y un contenido de fibra entre 0.84% y 2.81%, evidenciando características adecuadas para su uso tecnológico. Asimismo, se determinó que es factible su incorporación en productos de panificación en un rango de 8% a 25%, dependiendo del tipo de producto, permitiendo así su aprovechamiento como ingrediente alternativo sin afectar la calidad final.

Céspedes & Ascheri (2021) en su estudio sobre modelos matemáticos aplicados al secado de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en un secador de bandejas tipo túnel, tuvieron como objetivo predecir el comportamiento del proceso de secado para optimizar la producción de harina con mejores propiedades funcionales. Los resultados mostraron que el producto seco presentó 11.98% de humedad y 88.02% de materia seca, además de un contenido de 22.34% de proteínas, 1.80% de lípidos, 58.33% de carbohidratos y 2.30% de cenizas. Asimismo, se obtuvo una alta solubilidad (93%), lo que evidencia la calidad funcional de la harina. En conclusión, el uso de modelos matemáticos permite mejorar el control del proceso de secado y garantizar una harina con adecuado valor nutricional y tecnológico.

Garcia et al. (2020) en su estudio sobre la obtención y caracterización de harinas compuestas a partir de zapallo (*Cucurbita moschata*) y guandul (*Cajanus cajan*), tuvieron como objetivo evaluar su potencial como fuentes alternativas de proteína y vitamina A. Los resultados evidenciaron que es posible formular harinas compuestas que cubran los requerimientos nutricionales diarios tanto en niños mayores de 4 años como en adultos. Asimismo, se determinó que estas harinas

presentan mayor aceptabilidad en productos tipo bebidas, como coladas o refrescos, mientras que en productos de panadería y bollería su aceptación es menor. En conclusión, dichas harinas constituyen una alternativa viable para el desarrollo de alimentos con alto valor nutricional.

Según Teresa (2020) en su estudio sobre la evaluación bromatológica y sensorial de pan de trigo (*Triticum spp*) tipo enrollado enriquecido con chía (*Salvia hispanica*), tuvo como objetivo determinar la formulación con mayor aceptabilidad sensorial. Los resultados bromatológicos del producto evidenciaron un pH de 5.58, 2.94% de cenizas, 22.74% de humedad, 12.45% de proteínas, 43.54% de carbohidratos y 4.14% de fibra. Asimismo, mediante el análisis sensorial se determinó que el tratamiento con 90% de harina de trigo y 10% de chía, con 80 minutos de leudado, presentó la mejor aceptación en atributos como color, olor, sabor y textura.

En conclusión, la incorporación de chía en proporciones adecuadas mejora el valor nutricional del pan sin afectar su aceptabilidad.

2.1.2. Nacionales

Benites & Muñoz (2020) en su investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la elaboración de galletas, tuvieron como objetivo evaluar su efecto en el valor nutritivo y determinar el porcentaje óptimo de sustitución mediante evaluación sensorial. Los resultados evidenciaron que la harina de frijol de palo presenta un mayor contenido de proteína (12.28%) en comparación con la harina de trigo (7.7%). Asimismo, la mezcla final de las galletas mostró una composición de 10.37% de proteínas, 68.28% de carbohidratos, 7.70% de grasa, 5.25% de fibra y 2.40% de cenizas. En conclusión,

la sustitución parcial mejora el valor nutricional del producto sin afectar su aceptabilidad.

Aliaga (2019) en su estudio sobre la optimización del proceso y caracterización fisicoquímica del aislado proteico de frijol de palo (*Cajanus cajan*), tuvo como objetivo optimizar las condiciones de extracción para obtener un aislado de alta calidad, así como evaluar su composición proximal y perfil de aminoácidos. Los resultados de la caracterización de los granos secos evidenciaron un contenido de 19.57% de proteína, 51.45% de carbohidratos, 8.20% de fibra cruda, 5.8% de grasa y 4.98% de cenizas. En conclusión, el frijol de palo presenta un alto potencial como fuente de proteína para el desarrollo de ingredientes funcionales en la industria alimentaria.

Cruz (2019) en su estudio sobre la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de maca (*Lepidium peruvianum*) en la elaboración de pan integral, tuvo como objetivo determinar el porcentaje de sustitución que permita obtener un producto con mayor contenido proteico y adecuada aceptabilidad. Los resultados evidenciaron que la sustitución al 15% permitió alcanzar el mayor contenido de proteína (22.06%), mientras que la sustitución al 10% obtuvo la mayor aceptación sensorial, con calificaciones superiores en los atributos evaluados. En conclusión, la incorporación de harina de maca mejora el valor nutricional del pan, siendo necesario establecer un equilibrio entre el incremento proteico y la aceptabilidad del producto.

García (2018) en su investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pituca (*Colocasia esculenta*) en la elaboración de pan francés, tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas del producto final. Los resultados evidenciaron que la harina de pituca

presenta una composición adecuada para el consumo humano, con 9.38% de humedad, 8.15% de proteína y 78.12% de carbohidratos. Asimismo, el pan elaborado con esta harina mostró un contenido de 9.32% de proteína, superior al pan francés comercial (8.40%), además de presentar características fisicoquímicas aceptables. En conclusión, la sustitución parcial de harina de trigo por harina de pituca mejora el valor nutricional del pan sin afectar su calidad.

Morocco et al. (2015) en su estudio sobre la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y chía (*Salvia hispanica*) en la elaboración de pan chuta, tuvo como objetivo incrementar el valor nutricional del producto, especialmente en proteínas y fibra. Los resultados evidenciaron que el pan obtenido aporta, por cada 100 g, aproximadamente 30 g de proteínas, 14.92 g de carbohidratos, 8.89 g de lípidos, 8.51 g de fibra y 380 kcal de energía. Asimismo, al compararse con los requerimientos nutricionales establecidos por la FAO para niños de 5 a 14 años, se determinó que este producto cubre e incluso supera el aporte proteico necesario. En conclusión, la incorporación de harinas andinas y chía permite obtener un pan con alto valor nutricional, constituyéndose como una alternativa alimentaria favorable.

2.1.3. Local

Noreña (2022) en su estudio sobre la elaboración de panes enriquecidos con fibra mediante la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum*) por harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), tuvo como objetivo evaluar diferentes niveles de sustitución (0%, 10%, 15% y 20%). Los resultados evidenciaron que el tratamiento con 10% de sustitución presentó la mayor aceptabilidad sensorial. Asimismo, el análisis proximal de este tratamiento mostró 70.18% de sólidos totales, 29.82% de

humedad, 8.72% de proteína, 8.35% de grasa y 2.99 g/100 g de fibra dietaria. En conclusión, la incorporación de harina de cáscara de cacao en niveles moderados mejora el contenido de fibra del pan sin afectar su aceptación.

González (2019) en su estudio sobre la elaboración de pan especial con adición de pasta de cacao (*Theobroma cacao*), tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de incorporación en las características fisicoquímicas del producto. Los resultados evidenciaron que la pasta de cacao presenta un alto contenido de grasa (50.70%) y energía (629 kcal), lo que influye en la composición del pan. Asimismo, el tratamiento con 8% de pasta de cacao mostró valores de 23.96% de humedad, 12.30% de grasa, 1.95% de proteínas y 358 kcal de energía, evidenciando un incremento en el contenido energético del producto. En conclusión, la adición de pasta de cacao permite obtener un pan con características funcionales y mayor valor energético, manteniendo condiciones adecuadas de calidad.

2.2. Bases teóricos

2.2.1. El frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth)

El frijol de palo, conocido científicamente como *Cajanus cajan*, es una leguminosa originaria de África tropical que fue introducida en América durante el periodo de colonización. Desde entonces, su cultivo se ha expandido ampliamente en regiones tropicales y subtropicales de Asia, África y América Latina, debido a su alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y edáficas (National Research Council, 1979).

Esta especie pertenece a la familia Fabaceae y constituye una importante fuente de proteína de origen vegetal, especialmente en poblaciones de

bajos recursos en zonas tropicales. Su cultivo está ampliamente distribuido en países como México, Guatemala, Nicaragua, El Salvador, Colombia, Perú y Brasil, donde forma parte de la dieta tradicional y contribuye a la seguridad alimentaria.

Además de su valor nutricional, el frijol de palo presenta beneficios agronómicos significativos, como su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del suelo, lo que mejora la fertilidad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Srivastava & Chaudhary, 2013). Estas características lo convierten en un cultivo estratégico tanto desde el punto de vista nutricional como ambiental.

2.2.1.1. Descripción taxonómica

La clasificación taxonómica del frijol de palo es la siguiente según (Catalogo de la vida 2023).

Reino: Plantae

Filum: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Cajanus* Adans

Especie: *Cajanus cajan* (L.) Huth.

2.2.1.2. Valor nutricional del frijol de palo

La composición nutricional de la semilla del frijol de palo (*Cajanus cajan*), expresada en base a materia seca, presenta valores aproximados de 22% de proteína bruta, 7,2% de fibra bruta, 3,8% de cenizas, 0,20% de calcio y

0,31% de fósforo. Asimismo, la energía metabolizable verdadera para pollos de carne fue estimada en 2836 kcal/kg de materia seca (León et al., 2005, citado en Barboza, 2013; Parrales, 2021). Estos valores evidencian su potencial como fuente proteica vegetal de interés tanto en la alimentación humana como animal.

Adicionalmente, el frijol de palo no solo destaca por su valor nutricional, sino también por sus propiedades funcionales y usos tradicionales. Según Parrales (2021), esta especie posee aplicaciones medicinales, atribuyéndosele propiedades antirreumáticas, diuréticas, hemostáticas y astringentes. Las flores y brotes jóvenes se utilizan en el tratamiento de afecciones bronquiales y pulmonares, mientras que las hojas en cocción se emplean para el tratamiento de heridas, irritaciones cutáneas y otras afecciones dermatológicas. Asimismo, las semillas secas son utilizadas en cataplasmas por sus efectos desinfectantes y cicatrizantes.

Por otro lado, el frijol de palo tiene diversos usos complementarios, como la producción de leña, miel, jarabes y productos medicinales (Castillo et al., 2016). A nivel global, es considerada una de las leguminosas de mayor importancia en los trópicos bajos, siendo utilizada principalmente por sus semillas secas, las cuales contienen alrededor de 25% de proteína. Además, presenta ventajas digestivas, ya que contiene bajos niveles de compuestos antinutricionales, produce menor flatulencia en comparación con otras leguminosas y posee un sabor agradable, lo que favorece su aceptación en la dieta (Perea, 2007).

2.2.1.3. La harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth)

La harina de frejol de palo, conocida como harina de guandú o *pigeon pea flour*, es un producto obtenido a partir de la molienda de los granos secos de *Cajanus cajan* (L.) Huth. Este ingrediente destaca por su alto valor nutricional, ya

que presenta un contenido proteico aproximado entre 20% y 25%, además de ser una fuente importante de fibra dietética, vitaminas y minerales (Araya et al., 2018)

Asimismo, su consumo se ha asociado con efectos beneficiosos para la salud, tales como la reducción de los niveles de colesterol y la prevención de enfermedades cardiovasculares, lo que la posiciona como un ingrediente funcional con potencial en la alimentación humana. Por otro lado, estudios recientes han evaluado sus propiedades nutricionales y tecnológicas. En este sentido, Rocha et al. (2020), en un estudio publicado en la revista Food Science and Technology, analizaron la calidad de la harina de frijol de palo y su aplicación en la elaboración de productos alimenticios. Los resultados evidenciaron que este tipo de harina posee características adecuadas para su incorporación en alimentos, contribuyendo a mejorar su perfil nutricional sin afectar significativamente sus propiedades tecnológicas.

2.2.2. El pan

El pan se define como un producto perecedero obtenido a partir de la cocción de una masa elaborada con harina de trigo, agua potable y sal comestible, la cual es fermentada por microorganismos propios de la fermentación panaria, principalmente *Saccharomyces cerevisiae* (Cairo, 2021). El proceso de elaboración del pan comprende tres etapas fundamentales: mezclado, fermentación y horneado. Este alimento es de consumo habitual en la dieta diaria y puede ser formulado con la adición de coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados, especialmente en la producción de panes especiales.

En el Perú, la elaboración y comercialización del pan se encuentra regulada por la NTP 106.004, titulada “Pan - Panificado - Definición, clasificación y requisitos”, emitida por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Esta norma establece las definiciones, clasificación y parámetros de calidad que deben cumplir los productos panificados, así como los métodos de análisis y ensayo para su evaluación.

Entre los principales requisitos que contempla la norma se incluyen parámetros fisicoquímicos y de calidad, tales como el contenido de humedad, acidez, características de la miga y corteza, volumen específico, densidad, contenido de cenizas y grasas, entre otros. Asimismo, clasifica los distintos tipos de pan según sus ingredientes y formulación, incluyendo pan blanco, integral, de salvado, de molde, entre otros (INACAL, 2016). El cumplimiento de esta normativa es fundamental para garantizar la calidad, inocuidad y aceptación del pan en el mercado peruano.

2.2.2.1. Método de elaboración del pan

Método directo: El método directo es un sistema de panificación menos utilizado en comparación con otros métodos más desarrollados. Se caracteriza por la incorporación directa de todos los ingredientes en una sola etapa de amasado, utilizando levadura comercial como agente fermentador. Posteriormente, la masa requiere un tiempo de reposo aproximado de 45 minutos antes de ser dividida y formada. Este método presenta limitaciones cuando se emplean procesos mecanizados de división automática, debido a las características de la fermentación y desarrollo de la masa (Parra & Valencia, 2017; Bastidas & Del Hierro, 2021).

Método esponja o “poolish”: El método esponja, también conocido como poolish, se basa en una fermentación previa parcial de la masa utilizando una menor cantidad de levadura. Este prefermento se deja fermentar durante varias horas o toda la noche, lo que favorece el desarrollo de compuestos aromáticos, mejora la textura del producto final y prolonga su vida útil debido al aumento de la acidez (Hurtado, 2016).

Este método se desarrolla en dos fases. En la primera, se prepara la esponja con aproximadamente el 60% de la harina total, junto con agua y levadura, permitiendo su fermentación controlada. En la segunda fase, esta mezcla se incorpora al resto de los ingredientes, como la harina restante, mantequilla, azúcar u otros componentes según la formulación del producto, completando así el amasado final (Bastidas & Del Hierro, 2021).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, ya que se orientó a resolver un problema específico relacionado con la mejora del valor nutricional del pan mediante la incorporación de una harina no convencional como la del frejol de palo (*Cajanus cajan*). Se buscó dar un uso alternativo a este cultivo subutilizado, con el fin de desarrollar un producto alimenticio enriquecido, funcional y viable para su consumo en la región de Pucallpa. En ese sentido, los conocimientos generados tuvieron una finalidad práctica y directa, aplicable en el ámbito agroindustrial.

El estudio correspondió al nivel experimental, dado que se manipuló intencionalmente la variable independiente el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de frejol de palo para evaluar sus efectos en la calidad sensorial y las propiedades fisicoquímicas del pan. Se diseñaron distintos tratamientos con proporciones variables de sustitución, permitiendo observar cambios en las características del producto bajo condiciones controladas, propias de un experimento.

En cuanto al enfoque, este fue mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas. Por un lado, se emplearon métodos cuantitativos en los análisis fisicoquímicos y proximales de la harina y del pan, obteniendo datos numéricos precisos sobre humedad, proteínas, grasas, entre otros. Asimismo, la evaluación sensorial se procesó estadísticamente con el fin de identificar diferencias significativas entre tratamientos. Por otro lado, se incluyó un componente cualitativo al considerar la percepción de los evaluadores frente a atributos como el color, sabor, olor y textura del pan, los cuales reflejan apreciaciones subjetivas y valoraciones personales.

3.2. Ubicación del área experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en el kilómetro 6.2 de la carretera Federico Basadre, región Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito de Callería. Las actividades experimentales se desarrollaron específicamente en los talleres de Tecnología e Industrias Lácteas y de Aceites y Grasas de dicha casa de estudios, localizados en las coordenadas 8° 23’ 37.1” de latitud sur y 74° 34’ 42” de longitud oeste, a una altitud de 156 m.s.n.m.

3.3. Materiales y equipo

3.3.1. Materiales utilizados

En el desarrollo de la presente investigación se emplearon diversos materiales, tanto para la elaboración del pan como para los análisis de laboratorio. Como materia prima principal se utilizó harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth), empleada como sucedáneo de la harina de trigo. Para las tareas de procesamiento y manipulación, se usaron utensilios como papel higiénico, bandejas de hornear, cuchillos, jarras, cucharas, rodillos de amasar, tazones, espátulas, bolsas y platos. Asimismo, se utilizaron materiales de laboratorio como vasos de precipitados de 250 ml, pinzas para crisoles de porcelana, matraces de Erlenmeyer de 300 ml y 500 ml, pipetas de 1 a 10 ml, fiolas de 100, 250 y 500 ml, varillas de vidrio, lunas de reloj, gradillas, tubos de ensayo y probetas de 250 ml. Estos fueron esenciales para realizar las distintas determinaciones fisicoquímicas.

3.3.2. Insumos utilizados

Se emplearon ingredientes básicos para la elaboración del pan, como harina de trigo, agua, levadura, sal, azúcar, manteca, huevo y mejorador de masa. Además, para los análisis químicos se utilizaron reactivos como el indicador de fenolftaleína al 1 %, ácido sulfúrico concentrado 0.1 N, hidróxido de sodio 0.1 N y hexano, los cuales fueron fundamentales para las titulaciones y extracciones durante la caracterización de las muestras.

3.3.3. Equipos utilizados

Durante la etapa experimental se utilizó un conjunto de equipos que permitieron desarrollar eficientemente los procedimientos de panificación y análisis. Para la elaboración del pan, se emplearon un horno, una batidora, una amasadora, un termómetro, un molino con corona, una balanza comercial y una balanza gramera digital. En el laboratorio, se utilizaron equipos como una estufa, un desecador, una balanza analítica, una cocina eléctrica, un horno de mufla y un montaje de titulación compuesto por bureta, soporte universal y matraz de Erlenmeyer. Estos equipos fueron fundamentales para garantizar la precisión y fiabilidad en las mediciones de las propiedades fisicoquímicas del producto.

3.4. Variables estudiadas

3.4.1. Variable independiente

La variable independiente corresponde al nivel de sustitución de harina de frejol de palo, expresada en porcentaje (%), la cual se mide en escala de razón.

Tabla 2.

Descripción de los tratamientos de estudio.

Factor	Descripción de los tratamientos
T_1	Harina de trigo al 100%
T_2	Harina de trigo al 95% + harina de frejol de palo al 5%
T_3	Harina de trigo al 90% + harina de frejol de palo al 10%
T_4	Harina de trigo al 85% + harina de frejol de palo al 15%
T_5	Harina de trigo al 80% + harina de frejol de palo al 20%
T_6	Harina de trigo al 75% + harina de frejol de palo al 25%

3.4.1.1. Descripción de operaciones para la elaboración de la harina de frejol de palo

La obtención de la harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) se realizó a través de una serie de operaciones cuidadosamente planificadas para garantizar la calidad del producto final. En primer lugar, se llevó a cabo la selección del grano, eligiéndose únicamente aquellos frejoles de buena calidad, sin daños visibles y libres de impurezas.

Posteriormente, se realizó la limpieza, lavando los granos con abundante agua potable con el fin de eliminar residuos de polvo, tierra u otras partículas extrañas. Una vez limpios, se procedió al remojo, colocando los frejoles en un recipiente con agua limpia durante aproximadamente ocho horas, lo que facilitó la ablandación del grano y la posterior eliminación de sustancias antinutricionales.

Cumplido el tiempo de remojo, los granos fueron sometidos a un enjuague con agua fresca para eliminar residuos superficiales y sustancias

liberadas durante el proceso anterior. Luego, se llevó a cabo un precocido, mediante una cocción ligera, con el objetivo de reducir compuestos tóxicos naturales presentes en el grano, como los inhibidores de tripsina.

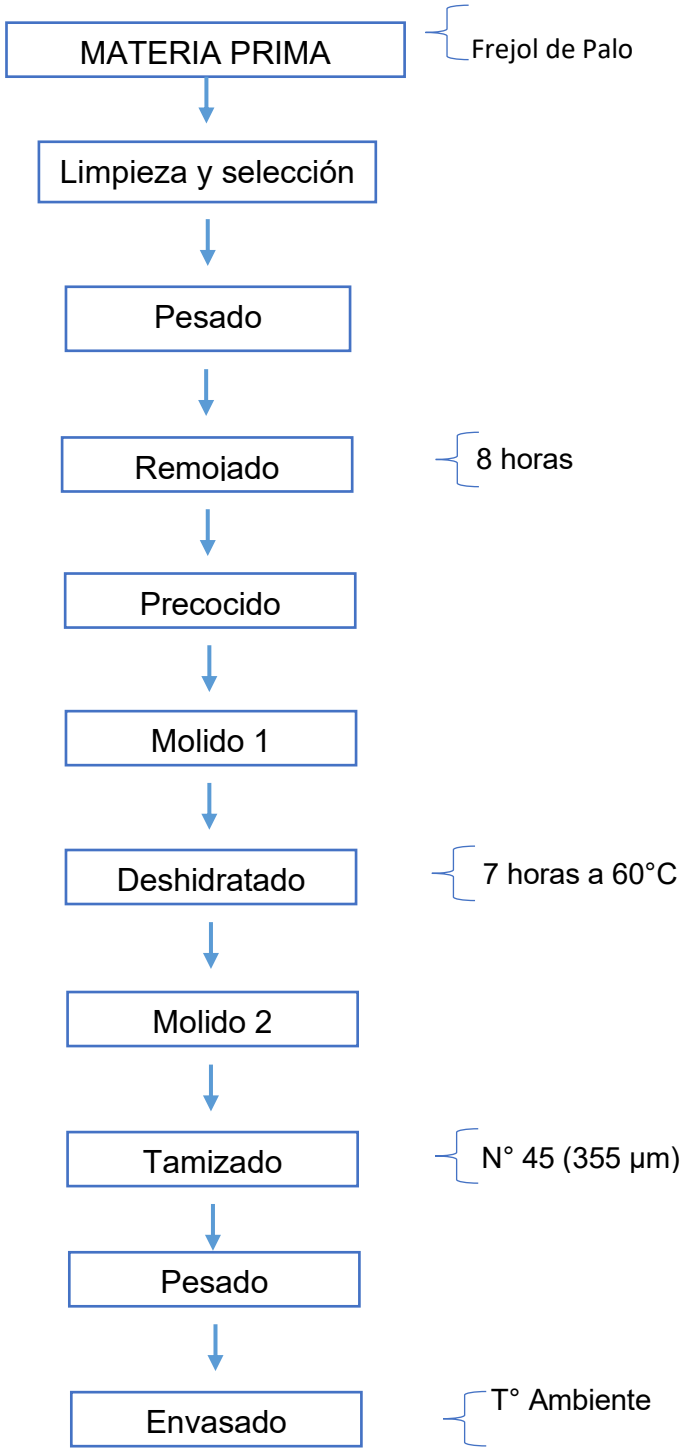
Finalizado el precocido, los granos fueron sometidos a una primera molienda utilizando un molino de corona, obteniéndose una masa de consistencia intermedia. Esta masa fue dispuesta sobre bandejas en una deshidratadora, donde se dejó secar durante aproximadamente siete horas, hasta alcanzar una humedad adecuada para su posterior procesamiento.

Tras el secado, se realizó una segunda molienda, también con molino de corona, para reducir el tamaño de partícula y obtener una textura semi fina. Seguidamente, se procedió al tamizado de la harina utilizando un tamiz de malla nº 45 (355 µm), con el fin de separar las partículas gruesas y obtener una harina más homogénea y suave.

Finalmente, la harina obtenida fue almacenada en recipientes herméticos, los cuales se mantuvieron en un ambiente fresco, seco y alejado de la luz directa, asegurando su conservación y evitando la absorción de humedad.

Figura 1.

Flujograma de elaboración de la harina de frejol de palo (Cajanus cajan (L.) Huth).



Nota. Elaboración propia.

3.4.1.2. Descripción de operaciones para la elaboración del pan de frejol de palo

Durante el proceso de elaboración del pan con harina de frejol de palo, primero se llevó a cabo la recepción y verificación de las materias primas, incluyendo la harina de frejol de palo y otros ingredientes como agua, levadura y sal. Posteriormente, se procedió al pesado, asegurando la medición precisa de cada componente, en especial la harina de frejol de palo, la cual fue combinada con los demás ingredientes según la formulación establecida.

En la etapa de mezclado y amasado, todos los ingredientes fueron integrados y trabajados hasta obtener una masa homogénea. Durante el amasado, se favoreció el desarrollo del gluten, permitiendo alcanzar una textura elástica adecuada para la panificación. Finalizado este proceso, se realizó un nuevo pesado de la masa total, a fin de distribuirla de manera uniforme.

A continuación, se efectuó el corte y división de la masa en porciones individuales, procurando que todas tuvieran un peso equivalente. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando una balanza o por cálculo manual, según la necesidad. Cada porción fue boleada, técnica mediante la cual se les dio forma redondeada y se tensó la superficie, con el fin de garantizar una estructura firme y uniforme, necesaria para las siguientes etapas.

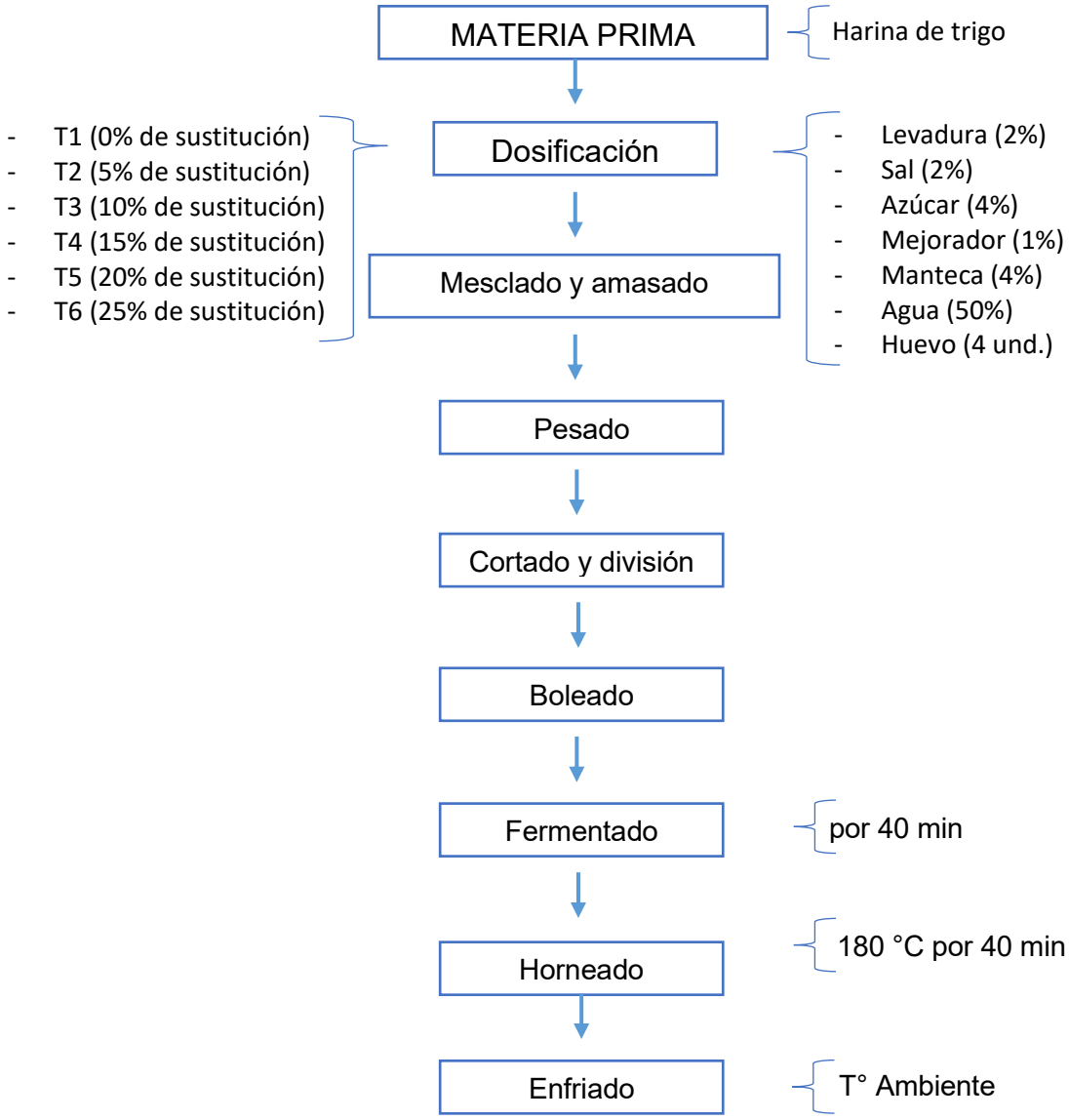
Luego, las porciones boleadas fueron colocadas en condiciones adecuadas de temperatura y humedad para iniciar el fermentado. Durante este periodo, la levadura generó gases que permitieron el aumento de volumen de la masa. La harina de frejol de palo, junto con la de trigo, aportó los nutrientes esenciales para una fermentación efectiva.

Finalizada la fermentación, los panes fueron llevados al horno precalentado, donde se realizó el horneado. En esta fase, el calor permitió la expansión final de los gases en la masa, contribuyendo al desarrollo de la textura interna y la corteza del pan, así como a su color y aroma característicos.

Finalmente, una vez culminado el horneado, los panes fueron retirados del horno y colocados sobre rejillas metálicas para su enfriado. Este paso permitió que se asentaran correctamente, evitando la acumulación de humedad interna y favoreciendo una textura óptima al momento del consumo.

Figura 2.

Flujograma de elaboración del pan con harina de frejol de palo (Cajanus cajan (L.) Huth).



Nota. elaboración propia.

3.4.2. Variables dependientes

Las variables dependientes corresponden a la evaluación sensorial, mediante una escala hedónica ordinal de 1 a 5, así como a las características

fisicoquímicas de la harina de frejol de palo y la composición químico-proximal del pan elaborado, determinadas mediante análisis de laboratorio expresados.

3.4.2.1. Aceptación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial con la participación de 25 panelistas no entrenados, seleccionados de manera aleatoria. La prueba se llevó a cabo en un ambiente controlado, bajo condiciones adecuadas de iluminación, ventilación y sin interferencias externas que puedan afectar la percepción de los evaluadores.

Las muestras de pan fueron codificadas de forma aleatoria mediante combinaciones numéricas de tres cifras, con el objetivo de evitar sesgos en la evaluación. Cada panelista recibió las muestras en el mismo orden y bajo las mismas condiciones, respetando intervalos adecuados entre cada una para evitar la fatiga sensorial. Los atributos sensoriales evaluados fueron color, olor, textura y sabor, los cuales fueron analizados mediante una escala hedónica estructurada de 5 puntos, donde 1 corresponde a “me disgusta mucho” y 5 a “me gusta mucho”. Los panelistas expresaron su nivel de agrado o desagrado respecto a cada atributo evaluado

Los datos obtenidos fueron registrados en fichas individuales para su posterior análisis estadístico, con el fin de determinar el tratamiento con mayor aceptabilidad sensorial.

3.4.2.2. Caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo

Para la caracterización, se preparó la harina a partir de granos de frejol de palo seleccionados manualmente, asegurando su buen estado y limpieza. El proceso incluyó el remojo, precocido, molienda, secado y tamizado hasta obtener una textura adecuada. El rendimiento se calculó como el porcentaje de harina obtenido respecto al peso inicial del grano seco. El análisis fisicoquímico comprendió la determinación del contenido de humedad, grasa, proteína, carbohidratos, ceniza y índice de acidez, utilizando procedimientos recomendados por la AOAC; cada parámetro se evaluó por triplicado, expresando los resultados en porcentaje sobre base húmeda. Los análisis fisicoquímicos fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali y, para la validación de resultados, se efectuaron análisis complementarios de proteínas y carbohidratos en el laboratorio externo Natura Analítica SAC, el cual cuenta con procedimientos certificados, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

3.4.2.3. Determinación químico-proximal del pan

Para determinar la composición química-proximal del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth), el análisis se realizó únicamente al tratamiento con mayor aceptación sensorial, previamente identificado mediante la evaluación sensorial. Se determinaron los parámetros de humedad, grasa, proteína, ceniza, carbohidratos e índice de acidez, empleando técnicas analíticas estandarizadas de laboratorio conforme a metodologías reconocidas por la AOAC.

Los análisis de humedad, ceniza, grasa e índice de acidez fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali utilizando

métodos estandarizados de la AOAC. Asimismo, los análisis de proteínas y carbohidratos fueron complementados mediante resultados certificados emitidos por el laboratorio externo Natura Analítica SAC.

La determinación del contenido de humedad se realizó de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 206.011:2018, que establece los procedimientos para la cuantificación de agua en alimentos mediante secado controlado. El contenido de grasa fue evaluado siguiendo el método descrito en la NTP 206.017:1981, revisada en 2019, el cual emplea extracción por solventes para aislar los lípidos presentes en la muestra.

La cuantificación de cenizas se llevó a cabo utilizando el método AOAC 935.39 (B), conforme a lo indicado en la 21ª edición (2019), basado en la calcinación del residuo seco a alta temperatura. Para la determinación del contenido de proteínas, se empleó el método AOAC 935.39 (C), mediante el método Kjeldahl, utilizado para calcular el contenido total de nitrógeno y su conversión a porcentaje de proteínas.

El porcentaje de carbohidratos se obtuvo por diferencia, siguiendo el procedimiento descrito por Collazos (1993), restando del 100 % la suma de los porcentajes de humedad, grasa, proteínas y cenizas.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados fueron expresados en porcentaje sobre base húmeda. Finalmente, los datos obtenidos fueron tabulados para su posterior análisis estadístico.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población del presente estudio estuvo conformada por granos de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) cultivados en el distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, los cuales representan la materia prima disponible en la zona para su uso en procesos agroindustriales.

3.5.2. Muestra

La muestra utilizada en la presente investigación fue recolectada de manera aleatoria en el kilómetro 35 de la carretera Federico Basadre, en el distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo. Esta estuvo conformada por 24 unidades experimentales, correspondientes a 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. En cada unidad experimental se emplearon 2 kg de frejol de palo fresco (*Cajanus cajan* (L.) Huth), totalizando 48 kg de materia prima, los cuales fueron procesados para la elaboración de los distintos tratamientos evaluados.

3.6. Diseño experimental

3.6.1. Análisis paramétrico

Para el análisis de las variables cuantitativas, se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por seis tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, totalizando 24 unidades experimentales.

La variable independiente corresponde al nivel de sustitución de harina de frejol de palo, expresada en porcentaje (%), la cual es de naturaleza cuantitativa y se mide en escala de razón, ya que presenta un absoluto cero y permite establecer relaciones proporcionales entre los valores.

Dado que la variable independiente es cuantitativa en escala de razón, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en relación con las variables fisicoquímicas y químico-proximales.

En caso de encontrar diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), se procedió a aplicar la prueba de comparación múltiple de Tukey, con el objetivo de identificar específicamente entre qué tratamientos se presentan dichas diferencias.

Tabla 3.

Fuentes de variabilidad del análisis de variancia del pan de frejol de palo.

FV	GL
Tratamientos	5
Error	18
Total	23

La característica de la parcela experimental es el siguiente:

Número de tratamiento: 6

Número de repeticiones / tratamientos: 4

Número de unidades experimentales: 24

Tabla 4.

Esquema experimental.

Tratamientos	Repeticiones			
	R_3	**R_2**	**R_4**	**R_1**
T_4	$T_4 R_3$	$T_4 R_2$	$T_4 R_4$	$T_4 R_1$
T_2	$T_2 R_3$	$T_2 R_2$	$T_2 R_4$	$T_2 R_1$
T_1	$T_1 R_3$	$T_1 R_2$	$T_1 R_4$	$T_1 R_1$
T_5	$T_5 R_3$	$T_5 R_2$	$T_5 R_4$	$T_5 R_1$
T_6	$T_6 R_3$	$T_6 R_2$	$T_6 R_4$	$T_6 R_1$
T_3	$T_3 R_3$	$T_3 R_2$	$T_3 R_4$	$T_3 R_1$

3.6.2. Para las pruebas no paramétricas

Para la evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth), se empleó un enfoque de análisis no paramétrico, debido a que los datos obtenidos mediante una escala hedónica corresponden a una escala ordinal (1–5), la cual no cumple requisitos con los supuestos de normalidad requeridos por las pruebas paramétricas.

El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Friedman, la cual es adecuada para comparar tratamientos en diseños con mediciones relacionadas o en bloques, como ocurre en evaluaciones sensoriales donde un mismo panelista evalúa múltiples muestras. Esta prueba permitió determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en función de los atributos sensoriales: color, olor, textura y sabor.

Para la evaluación, se conformó un panel de 25 consumidores no entrenados, quienes participaron bajo condiciones controladas, en un ambiente limpio, bien iluminado y libre de interferencias sensoriales. A cada panelista se le presentaron seis muestras de pan, correspondientes a los distintos tratamientos, las cuales fueron codificadas aleatoriamente con el fin de evitar sesgos durante la evaluación.

Los datos obtenidos fueron registrados en fichas de evaluación sensorial, posteriormente tabulados y analizados estadísticamente mediante la prueba de Friedman, con un nivel de significancia de 0.05 ($p \leq 0.05$).

En los casos en que se detectan diferencias estadísticamente significativas, se procedió a aplicar pruebas de comparaciones múltiples de rangos, con el fin de identificar específicamente qué tratamientos presentaron diferencias entre sí y determinar aquellos con mayor nivel de aceptación por parte de los panelistas.

El modelo matemático de Friedman se expresa de la siguiente manera:

$$S = \frac{12}{nk(k+1)} \left[\sum_{j=1}^{k} R_j^2 \right] - 3n(k+1)$$

Donde:

k: representa el número de tratamientos,

n: el número de panelistas,

Rj: la suma de rangos asignados al j-ésimo tratamiento.

Tabla 5.

Diseño y distribución de panelista.

Panelista (P)	Tratamiento (T)					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	T_1 P_1	T_2 P_1	T_3 P_1	T_4 P_1	T_5 P_1	T_6 P_1
2	T_1 P_2	T_2 P_2	T_3 P_2	T_4 P_2	T_5 P_2	T_6 P_2
3	T_1 P_3	T_2 P_3	T_3 P_3	T_4 P_3	T_5 P_3	T_6 P_3
4	T_1 P_4	T_2 P_4	T_3 P_4	T_4 P_4	T_5 P_4	T_6 P_4
5	T_1 P_5	T_2 P_5	T_3 P_5	T_4 P_5	T_5 P_5	T_6 P_5
6	T_1 P_6	T_2 P_6	T_3 P_6	T_4 P_6	T_5 P_6	T_6 P_6
7	T_1 P_7	T_2 P_7	T_3 P_7	T_4 P_7	T_5 P_7	T_6 P_7
8	T_1 P_8	T_2 P_8	T_3 P_8	T_4 P_8	T_5 P_8	T_6 P_8
9	T_1 P_9	T_2 P_9	T_3 P_9	T_4 P_9	T_5 P_9	T_6 P_9
10	T_1 P_{10}	T_2 P_{10}	T_3 P_{10}	T_4 P_{10}	T_5 P_{10}	T_6 P_{10}
.	.	.		.	.	
.	.	.		.	.	
25	T_1 P_{25}	T_2 P_{25}	T_3 P_{25}	T_4 P_{25}	T_5 P_{25}	T_6 P_{25}

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo

Los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) fueron obtenidos mediante ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali, complementados con análisis de proteínas y carbohidratos efectuados en el laboratorio externo certificado Natura Analítica SAC. Los parámetros evaluados permitieron determinar la composición nutricional y las características de calidad de la harina utilizada como ingrediente sucedáneo en la elaboración del pan.

Tabla 6.

Caracterización fisicoquímicas de las muestras de harina de frejol de palo.

Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Carbohidratos	%	Gravimétrico	62.28
Proteínas	%	Kjeldahl*	21.15
Grasas	%	Soxhlet	1.39
Humedad	%	Gravimétrico	11.53
Cenizas	%	Mufla	3.65
Acidez	mg KOH/G	Titulación	0.12

Los resultados obtenidos evidencian que la harina de frejol de palo presentó un importante contenido de carbohidratos (62,28%), constituyéndose como el componente predominante. Este valor refleja la presencia significativa de

carbohidratos complejos propios de las leguminosas, los cuales representan una fuente importante de energía y contribuyente al valor nutricional del producto.

Asimismo, el contenido proteínas de alcanzó un valor de 21.15%, determinado mediante el método Kjeldahl, evidenciando que la harina de frejol de palo posee un elevado aporte proteico de origen vegetal. Este resultado demuestra el potencial de esta leguminosa como ingrediente funcional para el enriquecimiento nutricional de productos panificados, especialmente en formulaciones destinadas a mejorar el contenido proteico.

En relación con el contenido de grasas, se obtuvo un valor de 1,39%, determinado mediante el método Soxhlet. Este bajo contenido lipídico es característico de las harinas de leguminosas y representa una ventaja tecnológica, ya que reduce el riesgo de oxidación y rancidez durante el almacenamiento, favoreciendo la estabilidad del producto.

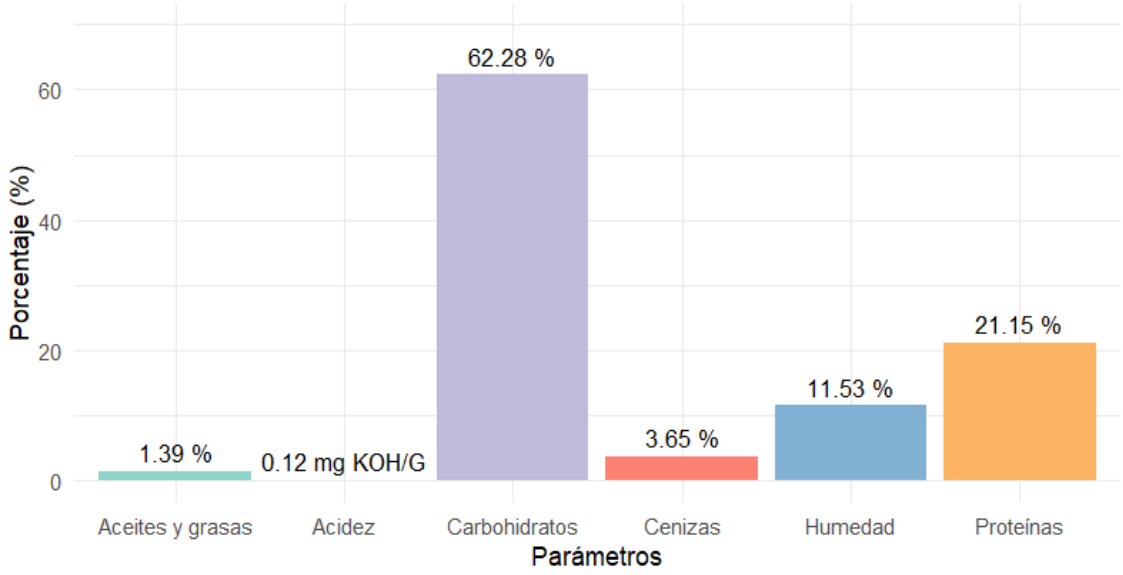
Por otro lado, la humedad registrada fue de 11.53%, valor considerado adecuado para productos farináceos, debido a que niveles moderados de humedad contribuyen a disminuir el desarrollo microbiano y favorecen la conservación de la harina durante su almacenamiento. Del mismo modo, el contenido de cenizas alcanzó el 3,65%, indicando la presencia de minerales importantes en la composición de la harina.

Finalmente, el índice de acidez presentó un valor de 0,12 mg KOH/g, lo cual evidencia una adecuada estabilidad química y un bajo grado de deterioro lipídico de la muestra analizada. Estos resultados permiten afirmar que la harina de frejol de palo

presenta características fisicoquímicas adecuadas para su utilización en productos de panificación.

Figura 3.

Composición fisicoquímica de la harina de la harina de frejol de palo.



NOTA. RStudio.

La Figura 3 muestra de manera gráfica la distribución porcentual de los componentes fisicoquímicos de la harina de frejol de palo. Se observa claramente el predominio de los carbohidratos y proteínas frente a los demás componentes evaluados, lo cual reafirma el valor nutricional de esta leguminosa y su potencial de aplicación como harina sucedánea en la elaboración de alimentos panificados con mayor aporte nutricional.

4.2. Evaluación sensorial del pan elaborado a partir de harina de frejol de palo

La evaluación sensorial de los tratamientos se realizó mediante una escala hedónica de 5 puntos, donde 1 corresponde a “me disgusta mucho” y 5 a “me gusta mucho”.

4.2.1. Evaluación de la aceptación sensorial del color de los tratamientos de pan según Friedman

Con el propósito de determinar la aceptación sensorial del atributo color en los diferentes tratamientos de pan elaborados con sustitución parcial de harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth), se aplicó una evaluación sensorial mediante una escala hedónica de 5 puntos a 25 panelistas no entrenados. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Friedman, debido a que las evaluaciones correspondieron a datos ordinales.

Tabla 7.

Evaluación sensorial de la aceptación del color de los tratamientos de pan.

Tratamiento	Suma de rangos	Media de rangos	n	Grupo de comparación
T_6	50	2.00	25	a
T_4	69.5	2.78	25	b
T_5	76.5	3.06	25	c
T_3	85	3.40	25	d
T_2	109.5	4.38	25	e
T_1	134.5	5.38	25	f

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto al atributo color. El tratamiento **T_1** presentó la mayor media de rangos (5.38), ubicándose en el grupo de comparación **"f"**, lo cual indica que fue el tratamiento con mayor aceptación sensorial por parte de los panelistas. Este resultado sugiere que el pan elaborado con 100% harina de trigo mantiene características visuales más aceptables y familiares para los consumidores.

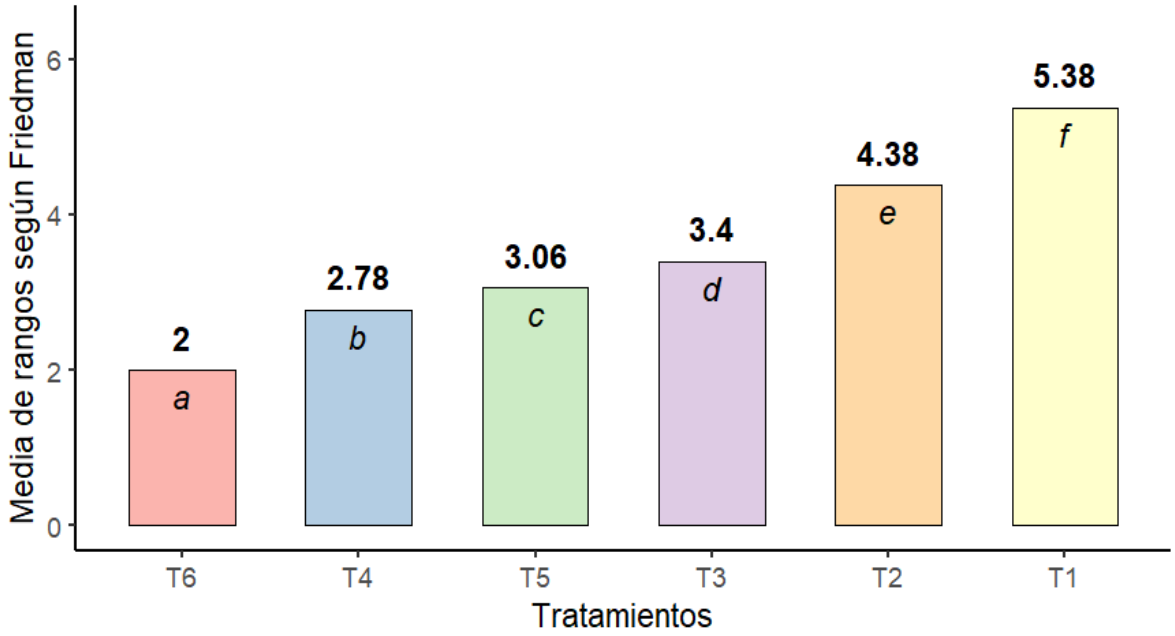
Asimismo, el tratamiento **T_2** obtuvo una media de rangos de 4.38, perteneciendo al grupo **"e"**, posicionándose como el segundo tratamiento con mejor aceptación del atributo color. Esto demuestra que una sustitución parcial de 5% de harina de frejol de palo permite conservar características visuales adecuadas sin afectar considerablemente la apariencia del producto final.

Por otro lado, los tratamientos **T_3**, **T_5** y **T_4** presentaron medias de rangos de 3.40, 3.06 y 2.78, perteneciendo a los grupos **"d"**, **"c"** y **"b"**, respectivamente, evidenciando una disminución progresiva en la aceptación sensorial conforme aumentó el porcentaje de sustitución de harina de frejol de palo.

Finalmente, el tratamiento **T_6** registró la menor media de rangos (2.00), ubicándose en el grupo **"a"**, siendo el tratamiento menos aceptado en cuanto al atributo color. Esta menor aceptación podría atribuirse al oscurecimiento de la miga y corteza ocasionado por el mayor porcentaje de sustitución de harina de frejol de palo, lo cual afectó la percepción visual de los panelistas.

Figura 4.

Variación sensorial de la aceptación del color de los tratamientos de pan.



NOTA. RStudio.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el incremento en los niveles de sustitución de harina de frejol de palo influye significativamente en la aceptación sensorial del color del pan, observándose una tendencia decreciente en la preferencia de los evaluadores conforme aumenta el porcentaje de sustitución.

4.2.2. Evaluación de la aceptación sensorial del olor de los tratamientos de pan según Friedman

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para el atributo olor. El tratamiento **T_2** presentó la mayor media de rangos (4.60), ubicándose en el grupo de comparación **"d"**, lo que indica una elevada aceptación sensorial por parte de los panelistas. De manera similar, el

tratamiento **T_1** obtuvo una media de rangos de 4.16, perteneciendo también al grupo **"d"**, evidenciando que ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí respecto al atributo olor.

Tabla 8.

Evaluación sensorial de la aceptación del olor de los tratamientos del pan.

Tratamiento	Suma de rangos	Media de rangos	n	Grupo de comparación
T_6	55.5	2.22	25	a
T_5	74.5	2.98	25	b
T_4	80	3.2	25	c
T_3	96	3.84	25	cd
T_1	104	4.16	25	d
T_2	115	4.6	25	d

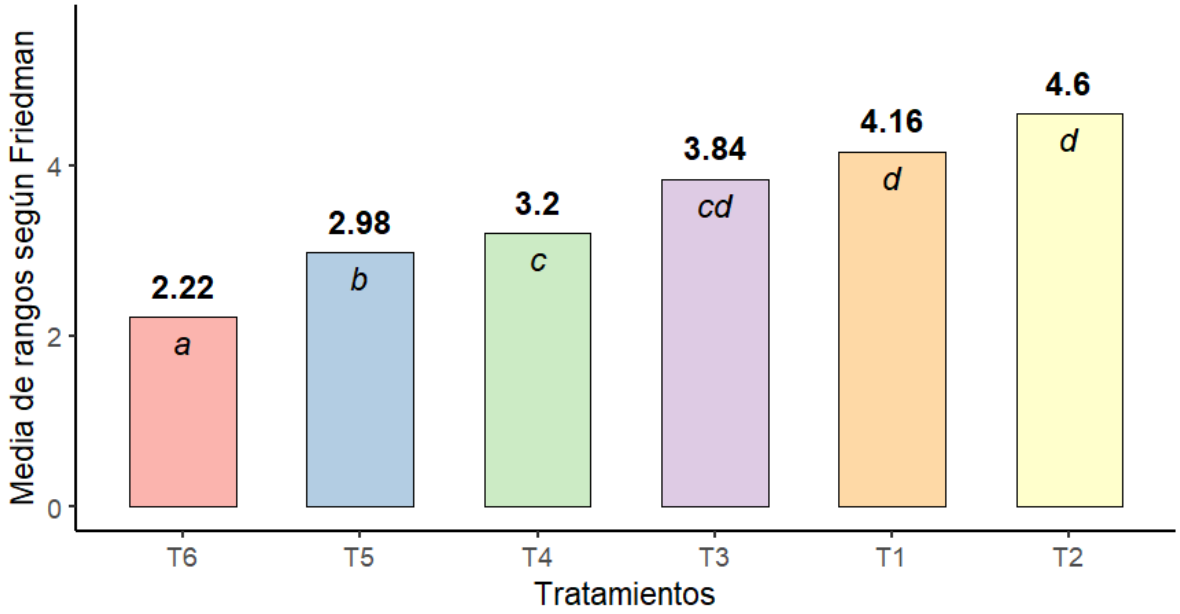
Asimismo, el tratamiento **T_3** registró una media de rangos de 3.84 y se ubicó en el grupo **"cd"**, mostrando una aceptación intermedia y compartió similitud estadística con los tratamientos **T_4** y **T_1-T_2**. Esto evidencia que niveles moderados de sustitución aún permiten conservar características aromáticas aceptables en el producto final.

Por otro lado, los tratamientos **T_4** y **T_5** obtuvieron medias de rangos de 3.20 y 2.98, perteneciendo a los grupos **"c"** y **"b"**, respectivamente, reflejando una disminución gradual en la aceptación sensorial conforme se incrementó el porcentaje de sustitución de harina de frejol de palo.

Finalmente, el tratamiento **T_6** presentó la menor media de rangos (2.22), ubicándose en el grupo **"a"**, siendo el tratamiento menos aceptado en cuanto al atributo olor. Esta menor aceptación podría atribuirse a la presencia más pronunciada del aroma característico de la harina de frejol de palo en niveles elevados de sustitución, lo que habría influido negativamente en la percepción de los panelistas.

Figura 5.

Variación sensorial de la aceptación del olor de los tratamientos del pan.



NOTA. RStudio.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el nivel de sustitución de harina de frejol de palo influye significativamente en la aceptación sensorial del olor del pan, observándose una mejor aceptación en los tratamientos con menores porcentajes de sustitución.

4.2.3. Evaluación de la aceptación sensorial del sabor de los tratamientos de pan según Friedman

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto al atributo sabor. El tratamiento **T_2** presentó la mayor media de rangos (4.79), ubicándose en el grupo de comparación **"e"**, evidenciando la mayor aceptación sensorial por parte de los panelistas. De igual manera, el tratamiento **T_1** obtuvo una media de rangos de 4.35, perteneciendo también al grupo **"e"**, lo cual indica que ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí en cuanto a la aceptación del sabor.

Tabla 9.

Evaluación sensorial de la aceptación del sabor de los tratamientos de pan.

Tratamiento	Suma de rangos	Media de rangos	n	Grupo de comparación
T_6	52	2.17	25	a
T_5	69.5	2.9	25	b
T_4	72.5	3.02	25	c
T_3	90.5	3.77	25	d
T_1	104.5	4.35	25	e
T_2	115	4.79	25	e

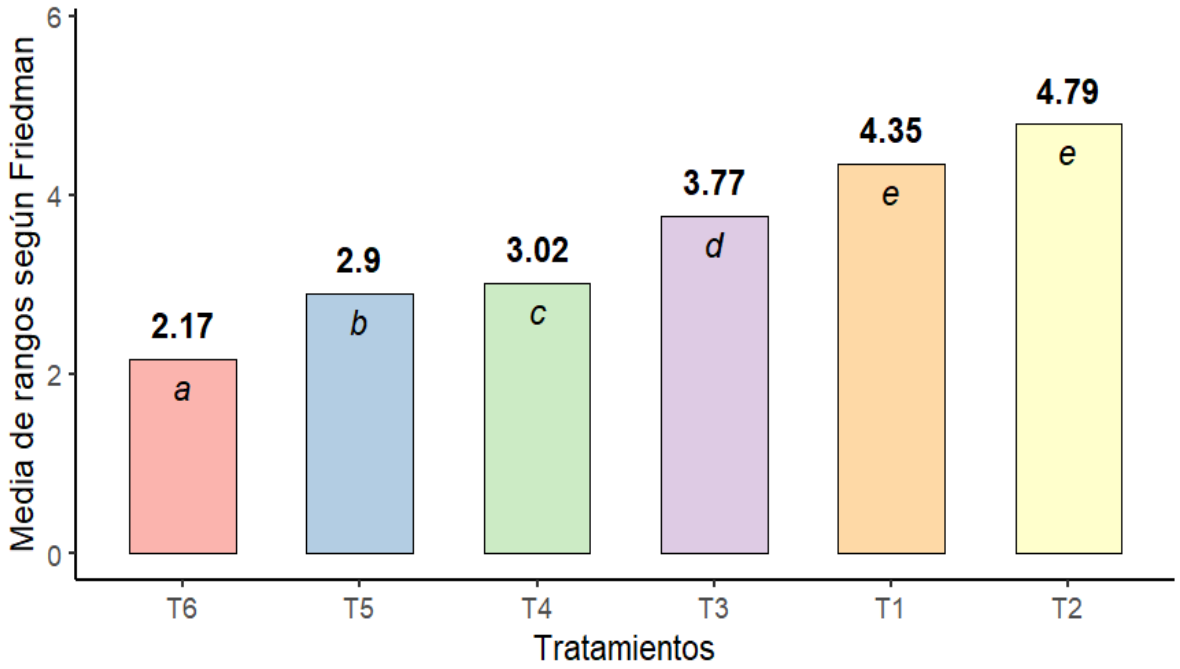
Asimismo, el tratamiento **T_3** registró una media de rangos de 3.77 y se ubicó en el grupo **"d"**, mostrando una aceptación intermedia y evidenciando que niveles moderados de sustitución aún permiten mantener características organolépticas aceptables en el producto final.

Por otro lado, los tratamientos **T_4** y **T_5** obtuvieron medias de rangos de 3.02 y 2.90, perteneciendo a los grupos **"c"** y **"b"**, respectivamente, reflejando una disminución gradual en la aceptación sensorial conforme aumentó el porcentaje de sustitución de harina de frejol de palo.

Finalmente, el tratamiento **T_6** presentó la menor media de rangos (2.17), ubicándose en el grupo **"a"**, siendo el tratamiento menos aceptado respecto al atributo sabor. Esta menor aceptación podría estar relacionada con el sabor más pronunciado característico del frejol de palo en concentraciones elevadas, lo cual habría influido negativamente en la percepción de los evaluadores.

Figura 6.

Variación sensorial de la aceptación del sabor de los tratamientos de pan.



NOTA. RStudio.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el incremento de harina de frejol de palo en la formulación del pan influye significativamente en la aceptación

sensorial del sabor, observándose una mayor preferencia por los tratamientos con menores porcentajes de sustitución.

4.2.4. Evaluación de la aceptación sensorial de la textura de los tratamientos de pan según Friedman

Tabla 10.

Evaluación sensorial de la aceptación de la textura de los tratamientos de pan.

Tratamiento	Suma de rangos	Media de rangos	n	Grupo de comparación
T_6	52	2.08	25	a
T_4	66	2.64	25	b
T_5	71	2.84	25	c
T_3	106	4.24	25	d
T_2	113.5	4.54	25	d
T_1	116.5	4.66	25	d

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto al atributo textura. El tratamiento **T_1** presentó la mayor media de rangos (4.66), ubicándose en el grupo de comparación **"d"**, lo que indica una mayor aceptación sensorial por parte de los panelistas. Asimismo, el tratamiento **T_2** obtuvo una media de rangos de 4.54, perteneciendo también al grupo **"d"**, evidenciando que ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí en relación con la textura del pan.

De igual manera, el tratamiento **T_3** registró una media de rangos de 4.24 y se ubicó también en el grupo **"d"**, mostrando una aceptación favorable y

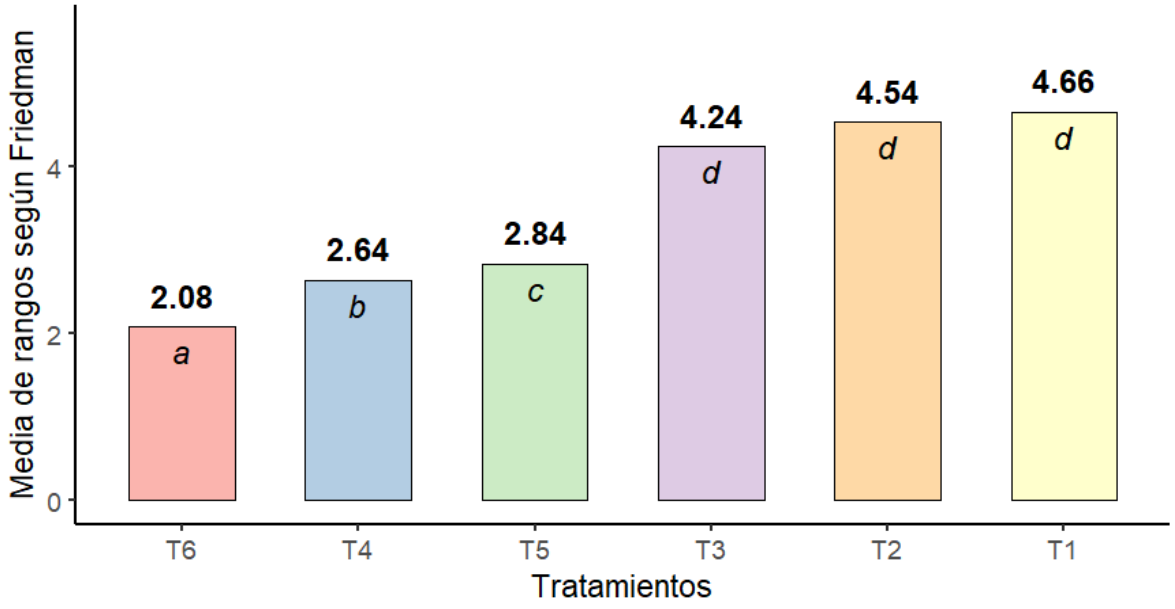
evidenciando que niveles moderados de sustitución de harina de frejol de palo aún permiten mantener características texturales aceptables en el producto final.

Por otro lado, los tratamientos **T_5** y **T_4** presentaron medias de rangos de 2.84 y 2.64, perteneciendo a los grupos **"c"** y **"b"**, respectivamente, reflejando una disminución en la aceptación sensorial conforme aumentó el porcentaje de sustitución de harina de frejol de palo.

Finalmente, el tratamiento **T_6** presentó la menor media de rangos (2.08), ubicándose en el grupo **"a"**, siendo el tratamiento menos aceptado respecto al atributo textura. Esta disminución en la aceptabilidad podría atribuirse a cambios en la estructura de la miga ya una menor elasticidad del pan ocasionada por los altos niveles de sustitución de harina de frejol de palo, afectando la percepción sensorial de los panelistas.

Figura 7.

Variación sensorial de la aceptación de la textura según tratamientos del pan.



NOTA. RStudio.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el incremento del porcentaje de sustitución influye significativamente en la aceptación sensorial de la textura del pan, observándose una mejor aceptación en los tratamientos con menores niveles de incorporación de harina de frejol de palo.

4.3. Análisis de la composición química proximal del tratamiento más aceptado del pan T_2

El análisis químico-proximal se realizó únicamente al tratamiento con mayor aceptación sensorial, previamente determinado mediante la evaluación sensorial.

El tratamiento **T_2 (95% harina de trigo + 5% harina de frejol de palo)** presentó el mejor desempeño global en la evaluación sensorial, evidenciando un equilibrio adecuado entre sabor, olor, textura y color, lo que permitió mantener una alta aceptación por parte de los panelistas. En este sentido, se perfila como una alternativa

viable para el enriquecimiento nutricional de productos de panificación mediante la incorporación de leguminosas.

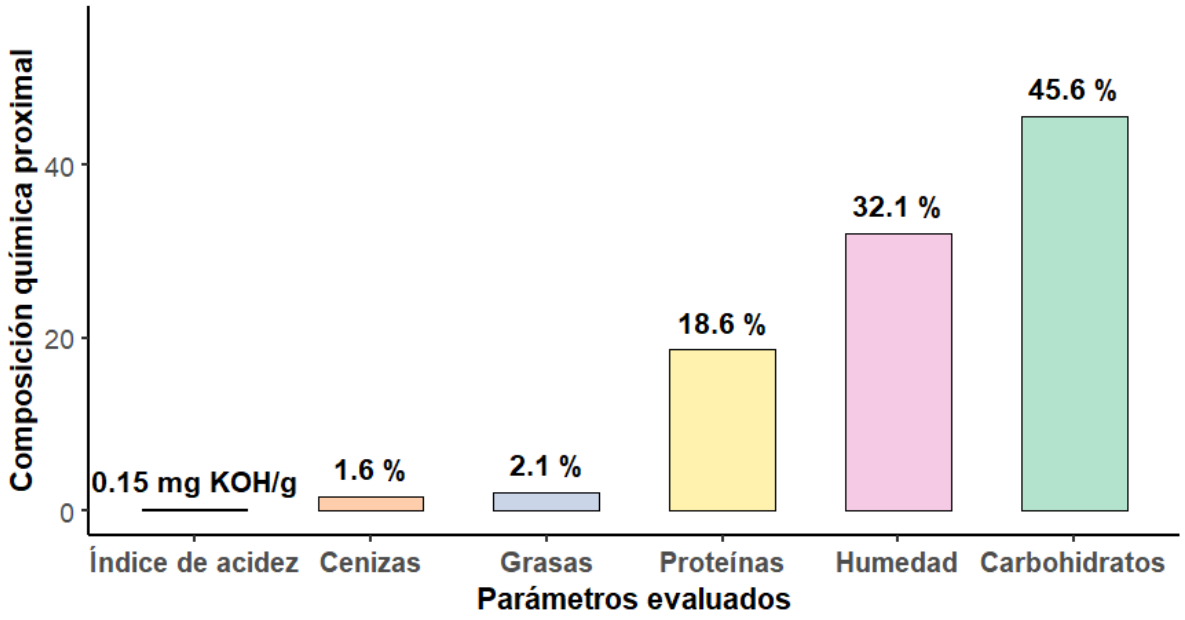
Tabla 11.

Características química proximal del tratamiento más aceptado del pan T_2.

Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Carbohidratos	%	Gravimétrico	45.6
Proteínas	%	Kjeldahl*	18.6
Grasas	%	Soxhlet	2.1
Humedad	%	Gravimétrico	32.1
Cenizas	%	Mufla	1.6
Índice de acidez	mg KOH/g	Titulación	0.15

Figura 8.

Composición química proximal del tratamiento más aceptado del pan T2.



NOTA. RStudio.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el componente predominante en el tratamiento **T_2** fueron los **carbohidratos**, alcanzando un valor de **45,6%**, determinado mediante el método gravimétrico. Este resultado indica que el pan constituye una importante fuente energética, característica propia de los productos panificados elaborados principalmente con harina de trigo.

Asimismo, el contenido de **proteínas** fue de **18,6%**, determinado mediante el método Kjeldahl, evidenciando un aporte proteico considerable en comparación con panes tradicionales. Este incremento puede atribuirse a la incorporación de harina de frejol de palo, la cual posee un elevado contenido de proteínas de origen vegetal y contribuye al mejoramiento nutricional del producto final.

En relación con el contenido de **grasas**, se obtuvo un valor de **2.1%**, determinado mediante el método Soxhlet. Este bajo contenido lipídico representa una característica favorable desde el punto de vista nutricional, debido a que contribuye a la obtención de un producto con moderado aporte graso.

Por otro lado, el contenido de **humedad** alcanzó un valor de **32.1%**, resultado que se encuentra relacionado con la capacidad de retención de agua de los ingredientes utilizados en la formulación. Asimismo, las cenizas registraron un valor de 1.6%, indicando la presencia de minerales en el producto elaborado.

Finalmente, el **índice de acidez** presentó un valor de **0,15 mg KOH/g**, lo que evidencia una adecuada estabilidad química del pan y un bajo grado de deterioro lipídico. En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento **T_2** presenta una composición nutricional equilibrada y características adecuadas para su consumo, destacando especialmente por su aporte proteico y su aceptabilidad sensorial.

CAPITULO V

DISCUSION

5.1. Caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) evidenciaron un adecuado valor nutricional, destacando principalmente su contenido de carbohidratos (62.28%) y proteínas (21.15%), además de presentar bajos niveles de grasa (1.39%), humedad moderada (11.53%), contenido de cenizas de 3.65% y una acidez de 0.12 mg KOH/g. Estos resultados demuestran el potencial de esta leguminosa como ingrediente alternativo para la elaboración de productos panificados enriquecidos nutricionalmente.

El contenido proteico obtenido en la presente investigación (21.15%) guarda relación con lo reportado por Céspedes y Ascheri (2021), quienes encontraron 22.34% de proteínas en harina de frijol de palo seco en bandejas tipo túnel. Asimismo, Aliaga (2019) reportó valores de 19.57% de proteína en granos de frijol de palo, resultados similares a los obtenidos en este estudio. Estas similitudes confirman que el frejol de palo constituye una fuente importante de proteína vegetal, lo que favorece su utilización en alimentos destinados al enriquecimiento nutricional.

En relación con el contenido de carbohidratos, el valor de 62.28% obtenido en esta investigación fue superior al reportado por Céspedes y Ascheri (2021), quienes registraron 58.33%, y también mayor al encontrado por Aliaga (2019), con 51.45%. Estas diferencias podrían atribuirse a factores como las condiciones de cultivo, el grado de madurez del grano, el procesamiento aplicado y las metodologías analíticas utilizadas. Sin embargo, los resultados continúan evidenciando que la harina de frejol

de palo posee un importante aporte energético debido a su elevado contenido de carbohidratos complejos.

Respecto al contenido de humedad (11,53%), los resultados coinciden con lo reportado por Castro (2022), quien obtuvo valores entre 6,87% y 11,86% en harinas destinadas a panificación. Asimismo, Céspedes y Ascheri (2021) reportaron una humedad de 11.98% en harina de frijol de palo. Estos valores son considerados adecuados para la conservación de harinas, ya que niveles moderados de humedad contribuyen a disminuir el crecimiento microbiano y prolongar la vida útil del producto almacenado.

Por otro lado, el contenido de grasa obtenido (1,39%) fue similar al reportado por Céspedes y Ascheri (2021), quienes encontraron 1,80% de lípidos, confirmando que el frejol de palo presenta un bajo contenido graso. Esta característica resulta favorable en productos panificados, debido a que disminuye el riesgo de rancidez oxidativa y contribuye a una mayor estabilidad durante el almacenamiento.

En cuanto al contenido de cenizas (3.65%), este resultado evidencia una adecuada presencia de minerales en la harina analizada. Valores similares fueron reportados por Johanna (2022), quien encontró 3.04% de cenizas en productos elaborados con harina de gandul (*Cajanus cajan*). De igual manera, Aliaga (2019) registró 4.98% de cenizas en granos secos de frijol de palo, confirmando el aporte mineral de esta leguminosa.

Finalmente, el índice de acidez obtenido (0,12 mg KOH/g) indica que la harina presentó condiciones adecuadas de frescura y estabilidad, evidenciando un bajo grado de deterioro lipídico. Este resultado sugiere que el procesamiento, secado y

almacenamiento de la harina se realizó bajo condiciones adecuadas, permitiendo conservar la calidad fisicoquímica del producto final.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la harina de frejol de palo presenta características fisicoquímicas adecuadas para su utilización como harina sucedánea en productos de panificación, aportando un importante contenido proteico y mineral, además de condiciones tecnológicas favorables para su conservación y procesamiento.

5.2. Aceptación sensorial del pan elaborado a partir de harina de frejol de palo

La evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de frejol de palo evidencia diferencias significativas entre los tratamientos para los atributos de color, olor, sabor y textura, según la prueba no paramétrica de Friedman aplicada a 25 panelistas no entrenados. Los resultados demostraron que el tratamiento **T_2** (95% harina de trigo + 5% harina de frejol de palo) presentó la mayor aceptación global, destacando principalmente en los atributos de olor y sabor, mientras que el tratamiento control **T_1** obtuvo mejor aceptación en color y textura. Asimismo, se observará que niveles de sustitución superiores al 10% disminuirán progresivamente la aceptación sensorial del producto.

En relación con el atributo color, el tratamiento **T_1** (100% harina de trigo) presentó la mayor aceptación, seguido por **T_2** y **T_3**, mientras que los tratamientos con mayores niveles de sustitución mostraron una disminución significativa en la preferencia de los panelistas. Este comportamiento podría atribuirse a que la incorporación de harina de frejol de palo genera tonalidades más oscuras en la

corteza y miga del pan, modificando la apariencia tradicional esperada por los consumidores. Resultados similares fueron reportados por Cruz (2019), quien señaló que niveles moderados de sustitución con harina de maca permitieron mantener una adecuada aceptabilidad sensorial, mientras que proporciones elevadas afectarán negativamente las características visuales del pan. Asimismo, García (2018) indicó que el incremento de harinas sucedáneas altera la apariencia del pan francés, reduciendo su aceptación visual.

Respecto al atributo olor, el tratamiento **T_2** presentó la mayor media de rangos (4.60), seguido del tratamiento control **T_1**, manteniéndose ambos dentro del mismo grupo estadístico de mayor aceptación. Por el contrario, los tratamientos **T_5** y **T_6** registraron las menores evaluaciones, evidenciando que niveles altos de sustitución afectan negativamente el aroma del producto. Esto puede explicarse por la presencia de compuestos volátiles característicos de las leguminosas, los cuales se intensifican conforme aumenta la proporción de harina de frejol de palo. Estos resultados coinciden con lo reportado por García et al. (2020), quienes señalan que las harinas compuestas con guandul presentan menor aceptabilidad en productos de panadería cuando se emplean porcentajes elevados de sustitución, debido a cambios sensoriales perceptibles en aroma y sabor.

En cuanto al sabor, el tratamiento **T_2** obtuvo la mayor aceptación sensorial con una media de rangos de 4.79, superando incluso al tratamiento control. Este resultado indica que una sustitución moderada del 5% permite mejorar el perfil nutricional del pan sin afectar negativamente sus características organolépticas. Sin embargo, conforme aumentó el nivel de sustitución, la aceptación disminuyó considerablemente, siendo **T_6** el tratamiento menos aceptado. Este comportamiento podría deberse al sabor característico del frejol de palo, el cual se vuelve más intenso

en concentraciones elevadas y puede generar rechazo en consumidores no habituados. Resultados semejantes fueron reportados por Erazo (2022), quien concluyó que la sustitución parcial con harina de frejol palito es viable, aunque niveles elevados modifican las características sensoriales del producto final.

Respecto a la textura, los tratamientos con menores niveles de sustitución presentaron mejor aceptación, mientras que proporciones superiores al 10% afectarán negativamente este atributo. Esto se relaciona con la disminución del contenido de gluten en la masa al incorporar harina de frejol de palo, lo que repercute en la elasticidad, volumen y suavidad del sartén. La reducción de gluten limita la capacidad de retención de gases durante la fermentación, generando productos más compactos y menos esponjosos. Estos resultados coinciden con Castro (2022), quien indicó que la incorporación de harinas alternativas en panificación debe realizarse en niveles controlados para evitar alteraciones tecnológicas y sensoriales en el producto final.

De manera general, los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de harina de frejol de palo en niveles moderados, especialmente al 5%, constituye una alternativa viable para el enriquecimiento nutricional del pan, manteniendo una adecuada aceptación sensorial. Sin embargo, los niveles superiores al 10% afectan negativamente los atributos organolépticos del producto, principalmente color, olor, sabor y textura, disminuyendo la preferencia de los consumidores. Estos hallazgos confirman la importancia de establecer niveles óptimos de sustitución que permitan equilibrar la calidad sensorial y el valor nutricional en productos panificados elaborados con harinas sucedáneas.

5.3. Composición química proximal del tratamiento más aceptado del pan T_2

El análisis químico-proximal del tratamiento **T_2** (95% harina de trigo + 5% harina de frejol de palo), identificado como el de mayor aceptación sensorial, evidenció una composición nutricional equilibrada, registrando 45.6% de carbohidratos, 18.6% de proteínas, 2.1% de grasas, 32.1% de humedad, 1.6% de cenizas y 0.15 mg KOH/g de índice de acidez. Estos resultados demuestran que la incorporación parcial de harina de frejol de palo mejora el valor nutricional del pan sin afectar significativamente su aceptabilidad sensorial, consolidándolo como una alternativa viable en la elaboración de productos panificados enriquecidos.

El contenido de proteínas obtenidas en el tratamiento **T_2** (18,6%) evidencia un incremento importante en comparación con panes tradicionales elaborados únicamente con harina de trigo. Este resultado confirma el aporte proteico de la harina de frejol de palo, debido a que las leguminosas poseen proteínas vegetales de alto valor nutricional. Resultados similares fueron reportados por Cruz (2019), quien obtuvo un incremento proteico en panes elaborados con sustitución parcial de harina de maca, alcanzando valores de hasta 22.06% de proteína. Asimismo, García (2018) reportó que la incorporación de harina de pituca permitió obtener panes con mayor contenido proteico en comparación con panes comerciales. Estos antecedentes respaldan que la utilización de harinas sucedáneas contribuye al mejoramiento nutricional de los productos de panificación. En cuanto al contenido de carbohidratos (45,6%), este constituyó el componente predominante del tratamiento **T_2**, proporcionando una fuente energética adecuada. Este resultado es coherente con la composición característica de los productos panificados, donde los carbohidratos provenientes del almidón representan la principal fracción nutricional. Además, el

valor obtenido refleja el equilibrio entre el aporte energético de la harina de trigo y el enriquecimiento proteico generado por la incorporación de harina de frejol de palo.

Respecto al contenido de grasa (2.1%), el tratamiento **T_2** presentó niveles bajos, similar a los reportados en investigaciones relacionadas con harinas de leguminosas. Este resultado resulta favorable desde el punto de vista nutricional y tecnológico, debido a que un menor contenido lipídico contribuye a reducir problemas de oxidación y rancidez durante el almacenamiento. Céspedes y Ascheri (2021) reportaron valores de 1.80% de lípidos en harina de frijol de palo, resultados próximos a los obtenidos en esta investigación.

En relación con la humedad, el tratamiento **T_2** presentó un valor de 32.1%, el cual se encuentra dentro de parámetros habituales para productos panificados frescos. Este contenido de humedad contribuye a mantener características deseables como suavidad, frescura y textura agradable del pan. Sin embargo, niveles relativamente elevados de humedad también pueden influir en una menor vida útil del producto, favoreciendo el crecimiento microbiano si no se aplican condiciones adecuadas de conservación.

Por otro lado, el contenido de cenizas (1.6%) evidencia la presencia de minerales aportados tanto por la harina de trigo como por la harina de frejol de palo. Aunque el valor es menor al encontrado en la harina pura de frejol de palo, su presencia confirma que la sustitución parcial contribuye al enriquecimiento mineral del producto final. Resultados comparables fueron reportados por Johanna (2022), quien encontró 3.04% de cenizas en productos elaborados con harina de gandul, destacando el aporte mineral de esta leguminosa.

Finalmente, el índice de acidez obtenido (0,15 mg KOH/g) indica que el pan elaborado presentó una estabilidad química adecuada y buenas condiciones de calidad durante su procesamiento. Un bajo índice de acidez refleja un reducido nivel de deterioro lipídico, lo que demuestra que las materias primas utilizadas y las condiciones de elaboración fueron apropiadas para mantener la calidad del producto final.

En conjunto, los resultados del análisis químico-proximal del tratamiento **T_2** evidencian que la incorporación de 5% de harina de frejol de palo permite obtener un pan con mejor valor nutricional, especialmente por su mayor contenido proteico y mineral, manteniendo características químicas y tecnológicas adecuadas para su consumo. Estos resultados respaldan el potencial del frejol de palo como harina sucedánea en la industria panadera y su contribución al desarrollo de alimentos funcionales con mayor aporte nutricional.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- El pan elaborado con 5% de sustitución de harina de frejol de palo presentó el mayor nivel de aceptación sensorial, conservando atributos organolépticos favorables y aportando una mejora en el valor nutricional del producto final.
- La harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) presentó un elevado contenido de proteínas (21,15%), evidenciando su importante aporte proteico de origen vegetal y su potencial como ingrediente para el enriquecimiento de productos panificados.
- En la evaluación sensorial, el tratamiento **T_2** (95% harina de trigo + 5% harina de frejol de palo) obtuvo mayor preferencia en los atributos de olor y sabor, mientras que el tratamiento control (**T_1**) destacó en color y textura. Asimismo, los niveles de sustitución superiores al 10% ocasionaron modificaciones desfavorables en las propiedades organolépticas del pan.
- El análisis químico-proximal del tratamiento **T_2** evidenció el contenido de proteínas 18.6% y cenizas 1.6%, además de presentar niveles adecuados de humedad, grasa, carbohidratos y acidez, manteniéndose dentro de los parámetros aceptables de calidad para productos panificados.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- Utilizar niveles de sustitución de harina de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) de hasta un 5% en la elaboración de pan, ya que este porcentaje permite mantener una adecuada aceptación sensorial en términos de color, olor, sabor y textura, garantizando al mismo tiempo un mejor valor nutricional del producto.

- Se sugiere la industria panadera ya los pequeños productores agroindustriales de la región Ucayali considerar la incorporación parcial de harina de frejol de palo en productos panificados, como una alternativa para incrementar el contenido proteico y promover el aprovechamiento de materias primas locales con potencial nutricional y económico.

- Desarrollar investigaciones futuras orientadas a evaluar la vida útil del pan enriquecido con harina de frejol de palo, considerando parámetros como estabilidad microbiológica, cambios fisicoquímicos durante el almacenamiento y aceptación del consumidor a lo largo del tiempo.

- Fomentar el cultivo y aprovechamiento agroindustrial del frejol de palo en la región amazónica, debido a su alto contenido de proteínas y minerales, así como su potencial para contribuir al desarrollo de alimentos funcionales y la seguridad alimentaria regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aliaga Flores, G. D. P. (2019). Optimización del proceso y caracterización físico química de aislado proteico de frijol de palo (Cajanus cajan l.).

Araya-Farias, R., Gutiérrez-López, M. F., & Schütz-Fuhrmann, A. W. (2018). Harina de frejol de palo (Cajanus cajan (L.) Huth): una revisión de su composición nutricional y efectos en la salud. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 68(2), 128-138.

Barboza Tucto, M. J. (2013). Efecto de diferentes niveles de harina extrusada de frejol de palo (Cajanus cajan). En la dieta de pollos de carne en las fases de crecimiento y acabado.

Bastidas Navarrete, J. V., & Del Hierro Banda, J. M. (2021). Desarrollo de pan tipo rollo de canela sustituyendo parcialmente la harina de trigo con harina de arveja (Pisum Sativum), harina de almendra (Prunus Dulcis) y 2% de chía (Salvia Hispánica), endulzada con panela (Saccharum officinarum) (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

Benites Arbulú, C. A., & Muñoz Villanueva, E. Y. (2020). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum spp) por harina de Lentejas (Cajanus cajan) en la elaboración de galletas para aumentar su valor nutritivo.

Boza, E. J., Motamayor, J. C., Amores, F. M., Cedeno-Amador, S., Tondo, C. L., Livingstone, D. S., ... & Gutiérrez, O. A. (2014). Genetic characterization of the cacao cultivar CCN 51: its impact and significance on global cacao improvement and production. Journal of the American Society for Horticultural Science, 139(2), 219-229.

Brunetto, MDR, Gallignani, M., Orozco, W., Clavijo, S., Delgado, Y., Ayala, C. y Zambrano, A. (2020). Efecto de la fermentación y el tostado en el perfil de aminoácidos libres del cacao criollo (Theobroma cacao L.) cultivado en Venezuela. Revista Brasileña de Tecnología de Alimentos , 23 , e2019150.

Cairo Arellano, Y. L. (2021). Sustitución de proteínas de origen animal convencionales por proteínas hidrobiológicas: Pota (Dosidicus gigas) en la elaboración del pan para desayunos escolares.

Castillo-Gómez, C., Narváez-Solarte, W., & Hahn-von-Hessberg, C. M. (2016). Agromorfología y usos del Cajanus cajan L. Millsp.(Fabaceae). Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 20(1), 52-62.

Castro Hinojosa, G. A. (2022). Caracterización de la harina de papa china (Colocasia esculenta) para su utilización en la industria de panificación. (Triticum aestivum) por harina de pituca (Colocasia esculenta) en la calidad del pan francés.

Catálogo de la vida (2023). Cajanus cajan (L.) Huth. WCVP-Fabaceae: Lista mundial de plantas vasculares (WCVP): Fabaceae. https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/PBHS.

Catálogo de la vida (2025). Theobroma cacao L. 56BND. https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/56BND.

CÉSPEDES, M., FERNÁNDEZ, W., & ASCHERI, J. (2021). Modelos matemáticos para secado de frijol de palo (Cajanus Cajan L.) utilizando un secador de bandejas tipo túnel para producción de harina.

Cruz Olaya, C. A. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo (triticum aestivum) por harina de maca (lepidium peruvianum) en el contenido proteico y la aceptabilidad general del pan integral.

Despal, D. (2004). Nutritional Properties of Urea treated Cocoa Pod for Ruminant. Cuvillier Verlag. cacao. Obtenido de: http://www.marn.gob.gt/Multimedios/9810.pdf.

Díaz, R. O., & Hernández, M. S. (2020). Theobromas from the Colombian Amazon: A healthy alternative. Inf Tecnol, 31(2), 3-10.

El Salous, A., Marcillo, J., Vargas, J. A. G., & Alcivar, F. R. M. (2020). Mejoramiento de la calidad del cultivo de cacao en Ecuador. Revista Venezolana de Gerencia: RVG, 25(3), 368-380.

Erazo Menéndez, J. D. (2022). Sustitución parcial de la harina de trigo (tritucum vulgare) por harina de frejol palito (Cajanus cajan) en la elaboración de bizcochos (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

FAO, FDA, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. 2018. El Estado de la Seguridad Alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la Seguridad Alimentaria y la nutrición. Roma.

FAO. 2016. El Estado mundial de la pesca y la acuicultura. Resumen Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Recuperado de http://www.fao.org/3/I9540es/i9540es.pdf.

García Cisneros, M. Á. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de pituca (Colocasia esculenta) en la calidad del pan francés.

Garcia-Pacheco, Y. E., Cabrera, D., & Fuenmayor, C. A. (2020). Obtención y caracterización de harinas compuestas de Cucurbita moschata D. y Cajanus cajan L. como fuentes alternativas de proteína y vitamina A. Acta Agronómica, 69(2), 89-96.

Gonzalez Ramirez, A. T. (2019). Elaboración de pan especial con adición de pasta de cacao, con característica de un alimento funcional-Pucallpa.

González, C., Jaramillo, C., & Reyes, M. (2018). Caracterización de la harina de frejol (Cajanus cajan) y su uso en la elaboración de pan. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 50(2), 67-80.

Gutierrez Castillo, C. P. (2022). Elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de Quinua y Tarwi. URI: https://hdl.handle.net/20.500.12996/5393.

H Pastor-Soplín, S., Velásquez, D., & Rivas, E. (2022). Utilización de los recursos genéticos en un país que es centro de origen: el caso del cacao en el Perú. Revista peruana de biología, 29(4).

Hernández-Hernández, C., López-Andrade, P. A., Ramírez-Guillermo, M. A., Guerra Ramirez, D., & Caballero Perez, J. F. (2016). Evaluation of different fermentation processes for use by small cocoa growers in Mexico. Food science & nutrition, 4(5), 690-695.

Hurtado Gonzáles, J. A. (2016). Utilización de prefermentos en la elaboración de pan de molde blanco para extender su tiempo de vida útil.

INS (Instituto Nacional de Salud). 2015. Informe técnico de vigilancia Alimentaria y Nutricional por Etapas de vida-escolares 2015. Lima Perú.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). Norma Técnica Peruana NTP 106.004: Pan - Panificado - Definición, clasificación y requisitos. https://www.inacal.gob.pe/documents/20143/316160/NTP+106.004-2016.pdf/7a66bbf6-2c78-44d6-9f35-9b6b1ce6e331.

Jaimez, RE, Barragán, L., Fernández-Niño, M., Wessjohann, LA, Cedeño-García, G., Cantos, IS, & Arteaga, F. (2022). Theobroma cacao L. cultivar CCN 51: una revisión integral sobre origen, genética, propiedades sensoriales, dinámica de producción y aspectos fisiológicos. PeerJ , 10 , e12676. https://doi.org/10.7717/peerj.12676.

Jelin, E. (2022). Pan y afectos: la transformación de las familias . Fondo de Cultura Económica Argentina.

Johanna, P. Z. M. (2022). Evaluación bromatológica de galletas de arroz integral (ORYZA SATIVA) con algarrobo (PROSOPIS ALBA) y gandul (CAJANUS CAJAN) titulación (DOCTORAL DISSERTATION, universidad agraria del ecuador).

Lanaud, C., Loor, R. G., Zarrilo, S., & Valdez, F. (2012). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en el Ecuador. Revista Nuestro Patrimonio.

León. (2005). Evaluación de tres niveles de harina de gandul [(Cajanuscajan(L,Millsp)]como alternativas de proteína en dietas en las fases de crecimiento y acabado de cerdos confinados. Estación Experimental “Boliche” del INIAP.Provincia del Guayas.

López, a. (1987). Role of processing in cocoa. First Inter-American Cocoa. Forum. Enero 1987., San José, Costa Rica. IICA, Coronado, Costa Rica. 5p.

MINSA (Ministerio de Salud). 2014.Plaan Nacional para la reducción de la desnutrición crónica infantil y la Prevención de la anemia en el País.2014-2016 Documento Técnico R.M.-N° 258 -2014 pp 13- 29.

Moreno-Miranda, C., Molina, I., Miranda, Z., Moreno, R., & Moreno, P. (2020). La cadena de valor de cacao en Ecuador: una propuesta de estrategias para coadyuvar a la sostenibilidad. Bioagro, 32(3), 205-214.

Morocco, B. D. A., Betancur, H. H., & Qquenta, D. S. (2015). Sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivum) por las harinas de quinua (Chenopodium Quinoa Wild); cañihua (Chenopodium pallidicaule); y chía (Salvia hispanica L.) en la elaboracion de pan Chuta. Revista de Investigación Universitaria, 4(1).

National Research Council (US) Panel on Tropical Legumes. (1979). Tropical Legumes: Resources for the Future. National Academies Press (US). Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218582/

Noreña Merino, W. (2022). Elaboración de panes enriquecidos con fibra mediante sustitución parcial de harina de trigo (Triticum) por harina de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) en la ciudad de Pucallpa.

Olivera Núñez, Q. (2013, septiembre 3). Investigación arqueológica sobre los antiguos templos de la Alta Amazonía en Perú. Red de Arqueología China. https://www.china.org.cn/chinese/2013-09/03/content_29998037.htm.

Parker, T. (2008). Trees of Guatemala. The Tree Press: Texas. 1033 págs.

Parra Pariona, Y., & Valencia Urquizo, H. (2017). Efecto de la aplicación de agua ozonizada a diferentes concentraciones en el mejoramiento de masas de panificación y producto terminado.

Parrales Vásquez, J. P. (2021). Parámetros productivos en pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de frijol de palo (Cajanus cajan) (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).

Peñafiel, Z. M. J. (2022). valuación bromatológica de galletas de arroz integral (oryza sativa) con algarrobo (prosopis alba) y gandul (cajanus cajan) titulación (Doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador).

Perea Pinedo, J. C. (2007). Utilización de harina de frijol de palo (Cajanus cajan) en la elaboración de manjar blanco (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martin - Tarapoto. http://hdl.handle.net/11458/106.

Pineda Schwarz, D. (2020). Caracterización botánica y molecular de los árboles élite de cacao (Theobroma cacao L.-Malvaceae) de la Región de Costa Sur, Guatemala (Doctoral dissertation, Universidad del Valle de Guatemala).

Pollit, E. (2002). Consecuencias de la desnutrición en el escolar peruano Lima. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú .

Rios-Jara, J., & Lévano-Rodríguez, D. (2022). Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de Cacao (Theobroma cacao L.). Revista agrotecnológica amazónica, 2(1), e281-e281.

Rocha, M. S. M., Oliveira, F. M. M., Tavares, E. C. L., et al. (2020). Nutritional and technological quality of pigeon pea (Cajanus cajan) flour and its potential use in food products. Food Science and Technology, 40(3), 694- 701.

Rodríguez López, S. G., & Vargas Barrantes, Y. M. (2022). Evaluación de la viabilidad técnica del aprovechamiento de la cascarilla y cáscara de cacao (Theobroma Cacao) en la elaboración de productos alimentarios.

Rodríguez-Velázquez, N. D., Chávez-Ramírez, B., Gómez de la Cruz, I., Vásquez-Murrieta, M. S., & Estrada de los Santos, P. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación.

Romero C. 2016. Estudio del cacao en el Perú y el Mundo: un análisis de la producción y el comercio. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI-DGPA-DEEIA). http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/71.

Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2019). Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonia colombiana. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 20(1), 5-28.

Salinas, J. L., Hurtado, C. A., & Jaramillo, C. P. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de frijol (Phaseolus vulgaris) en la calidad panadera. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 49(1), 19-33.

Sanabria, J., Mendoza, M., & Chaves, J. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de frijol (Phaseolus vulgaris) en la calidad de pan. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 51(2), 105-114.

Sandoval, E. R., Pinzon, G. M., Sanchez, A. C., Ochoa, J. D. L., & Gonzalez, J. G. (2024). Efectos del reemplazo parcial de harina de trigo con harina de banano verde sobre las propiedades reológicas de la masa y las propiedades de calidad de pan. Investigación e Innovación en Ingenierías, 12(1), 45-54.

Srivastava, R. K., Verma, N., & Chaudhary, R. (2013). Cajanus cajan (L.) Millsp.: A Review on Ethnomedicinal Properties and Pharmacological Activities. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53(1), 29-34. doi: 10.1080/10408398.2010.500275. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23035918.

Stevens, W. D., Ulloa, C., Pool, A., & Montiel, O. M. (2001). Flora de Nicaragua (Vol. 85, No. 1, p. 943). St. Louis: Missouri Botanical Garden Press.

Strong Zúñiga, A. (2020). Riqueza, prestigio y ofrenda divina: los usos del cacao en el mundo nahua. Hospitalidad ESDAI, (37).

Taricuarima Garay, G. S. (2021). Determinación de las características fisicoquímicas y sensoriales de la conserva de pan de árbol (Artocarpus Altilis) con dos diferentes líquidos de cobertura en Pucallpa.

Teneda Llerena, W. F. (2016). Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao.(Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51.

TERESA, C. I. A. (2020). Evaluación bromatológica y sensorial del pan de trigo (triticum spp), tipo enrollado, enriquecido con chía (salvia hispanica) (Doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador).

Vaca Arce, J. C. (2021). Características bromatológicas, microbiológicas, sensoriales y vida de anaquel de cake de almendras.

Vásquez-Lara, F., Verdú-Amat, S., Islas-Rubio, A. R., Barat-Baviera, J. M., Grau-Meló, R., Granados-Nevárez, M. D. C., & Ramírez Wong, B. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina

de trigo para la elaboración de pan. Biotecnia, 23(2), 55-64. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1388.

Vergara, J. E., Rondón, C., & Romero, H. (2016). Evaluación de la calidad nutricional y sensorial de panes elaborados con harina de frijol.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla 12.

Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación del color los tratamientos del pan según Friedman.

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T^2	p-valor
Media de rangos	5.38	4.38	3.4	2.78	3.06	2	**24.07**	**< 0.0001**

Anexo 2. Tabla 13.

Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación del olor los tratamientos del pan según Friedman.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T^2	p-valor
Media de rangos	4.16	4.6	3.84	3.2	2.98	2.22	**9.01**	**< 0.0001**

Anexo 3. Tabla 14.

Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación del sabor los tratamientos del pan según Friedman.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T^2	p-valor
Media de rangos	4.35	4.79	3.77	3.02	2.9	2.17	**11.01**	**< 0.0001**

Anexo 4. Tabla 15.

Prueba de promedio no paramétrica para la evaluación de la textura los tratamientos del pan según Friedman.

Tratamientos	T3	T2	T1	T4	T5	T6	χ^2	p-valor
Media de rangos	4.24	4.54	4.66	2.64	2.84	2.08	17.47	<0.0001

Anexo 5. Tabla 16.

Matriz de consistencia.

Problema	Objetivo generales	Objetivo especifico	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
¿Cuál será la evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) como harina sucedánea?	Evaluar sensorialmente el pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Huth) como harina sucedánea.	Realizar la caracterización fisicoquímica de la harina de frejol de palo mediante métodos AOAC. Determinar el nivel de aceptación sensorial del pan mediante la evaluación de color, olor, sabor y textura. Determinar las características químico-proximales del tratamiento con mayor aceptación sensorial.	No existen diferencias significativas en la evaluación sensorial del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de frejol de palo	VI: Nivel de sustitución de harina de frejol de palo (%) VD: Caracterización fisicoquímico de la harina Aceptación sensorial del pan Análisis quimicoproximal Del mejor tratamiento	0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% - Humedad - Proteína - Grasa - Ceniza -Carbohidratos - Índice de acidez Sensorial: - Color - olor - Sabor - Textura - Humedad - Proteína - Grasa - Ceniza -Carbohidratos - Índice de acidez	Tipo: Aplicada Diseño: Experimental (DCA) Enfoque: mixto Tratamientos: 6 Repeticiones: 4 Análisis físico químico: Métodos AOAC por triplicado. Evaluación sensorial: 25 panelistas no entrenados Escala: hedónica de 5 puntos Análisis: Prueba de Friedman Análisis químico proximal: Métodos AOAC por triplicado al tratamiento aceptado

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Figura 9. *Frejol de palo seleccionada.*



Figura 10. *Pesado de la materia prima.*



Figura 11. *Frejol de palo sometido a remojo.*



Figura 12. *Molido de frejol de palo.*



Figura 13. *Frejol de palo listo para el secado.*



Figura 14. *Harina de frejol de palo.*



Figura 15. *Tamizado de la harina de frejol de palo.*



Figura 16. *Insumos y materiales para la elaboración del pan de frejol de palo.*



Figura 17. *Preparación de la masa.*



Figura 18. *Fraccionamiento de la masa.*



Figura 19. *Boleado de las porciones de masa.*



Figura 20. *Proceso de fermentado.*



Figura 21. *Barnizado, previo al horneado.*



Figura 22. *Horneado de la masa.*



Figura 23. *Pan horneado.*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PANELISTA N°: 15 FECHA: 18/01/25

EDAD: 22

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presenta seis muestras de **Pan con sustitución de harina de frejol de palo.** Por favor observe el color, olor, sabor y textura, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, y de acuerdo al puntaje, marcar con una (X) el número en la fila del código de la muestra correspondiente. Después de cada muestra sírvase a hacer el enjuague respectivo.

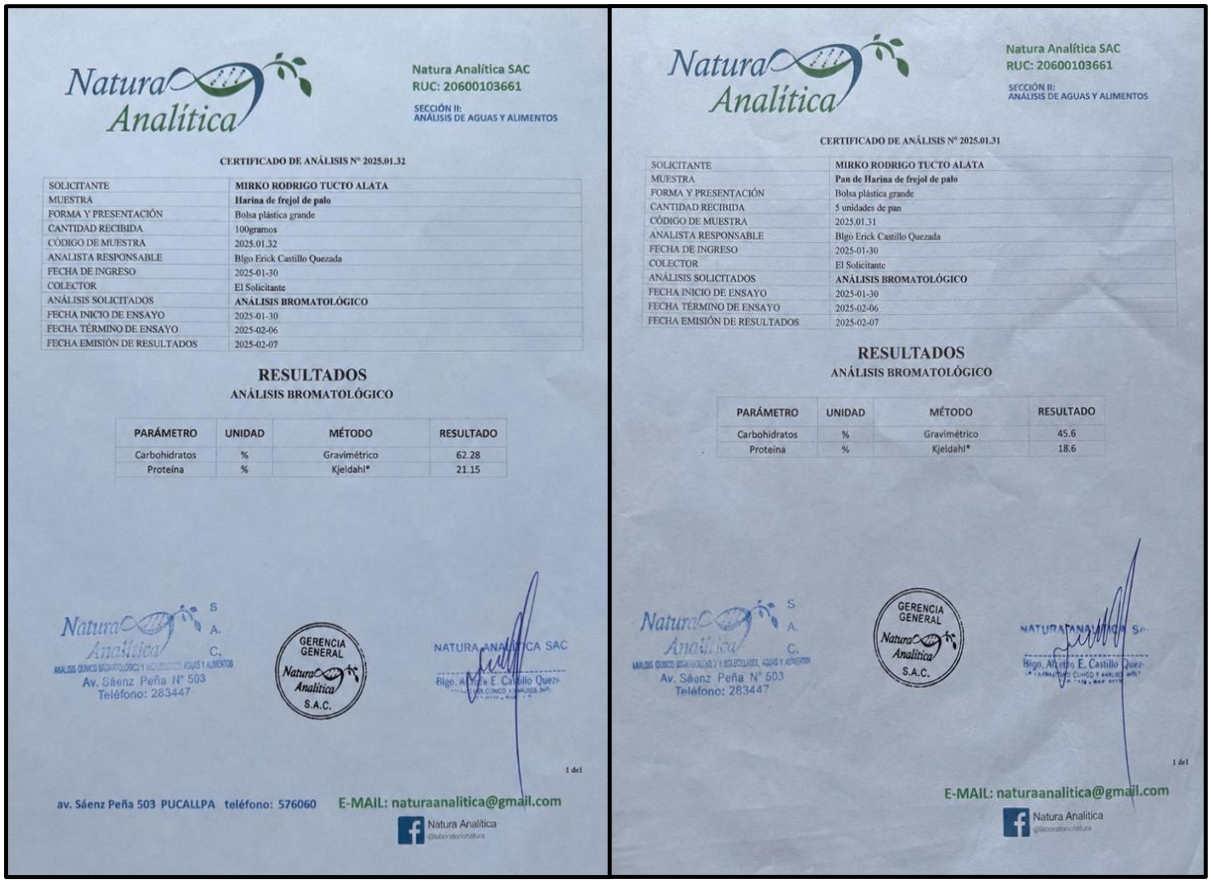
PUNTAJE	CATEGORIA
1	Me Disgusta Mucho
2	Me Disgusta
3	Neutral
4	Me Gusta
5	Me Gusta Mucho

CODIGO	COLOR					OLOR					SABOR					TEXTURA				
207	1	2	3	4	X	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5
105	1	2	3	4	X	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	1	X	3	4	5
301	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	1	2	X	4	5
404	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5
202	1	2	3	X	5	1	2	3	4	X	1	2	3	4	X	1	X	3	4	5
306	1	X	3	4	5	1	X	3	4	5	1	X	3	4	5	1	X	3	4	5

Figura 24. *Prueba sensorial u organolépticas con los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.*



Figura 25. *Se realizaron las determinaciones de humedad, cenizas, grasa e índice de acidez de la harina de frejol de palo y del pan correspondiente al tratamiento T2, empleando los métodos analíticos establecidos en los Laboratorios de la Universidad.*



Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661
SECCIÓN II:
ANÁLISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS Nº 2025.01.32

SOLICITANTE	MIRKO RODRIGO TUCTO ALATA
MUESTRA	Harina de frejol de palo
FORMA Y PRESENTACIÓN	Bolsa plástica grande
CANTIDAD RECIBIDA	100gramos
CÓDIGO DE MUESTRA	2025.01.32
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo Erick Castillo Quezada
FECHA DE INGRESO	2025-01-30
COLECTOR	El Solicitante
ANÁLISIS SOLICITADOS	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO
FECHA INICIO DE ENSAYO	2025-01-30
FECHA TÉRMINO DE ENSAYO	2025-02-06
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	2025-02-07

RESULTADOS
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Carbohidratos	%	Gravimétrico	62.28
Proteína	%	Kjeldahl*	21.15

Natura Analítica S. A. C.
ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO AGUAS Y ALIMENTOS
Av. Sáenz Peña N° 503
Teléfono: 283447

GERENCIA GENERAL
Natura Analítica
S.A.C.

NATURA ANALÍTICA SAC
Blgo. Alberto E. Castillo Quez-

1 de1

av. Sáenz Peña 503 PUCALLPA teléfono: 576060 E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com
Natura Analítica
@laboratorionatura

Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661
SECCIÓN II:
ANÁLISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS Nº 2025.01.31

SOLICITANTE	MIRKO RODRIGO TUCTO ALATA
MUESTRA	Pan de Harina de frejol de palo
FORMA Y PRESENTACIÓN	Bolsa plástica grande
CANTIDAD RECIBIDA	5 unidades de pan
CÓDIGO DE MUESTRA	2025.01.31
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo Erick Castillo Quezada
FECHA DE INGRESO	2025-01-30
COLECTOR	El Solicitante
ANÁLISIS SOLICITADOS	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO
FECHA INICIO DE ENSAYO	2025-01-30
FECHA TÉRMINO DE ENSAYO	2025-02-06
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS	2025-02-07

RESULTADOS
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Carbohidratos	%	Gravimétrico	45.6
Proteína	%	Kjeldahl*	18.6

Natura Analítica S. A. C.
Av. Sáenz Peña N° 503
Teléfono: 283447

GERENCIA GENERAL
Natura Analítica
S.A.C.

Blgo. Alberto E. Castillo Quez-

1 de1

E-MAIL: naturaanalitica@gmail.com
Natura Analítica

Figura 26. *Informes de los análisis fisicoquímicos de la harina de frejol de palo y del análisis químico-proximal del pan correspondiente al tratamiento T2, emitidos por el laboratorio certificado Natura Analítica S.A.C.*