

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



**“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”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

WALTER NOREÑA MERINO

**PUCALLPA - PERÚ
2022**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **WALTER NOREÑA MERINO**, denominada: “**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**”, para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo **DIECISIETE (17)**.

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 el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 27 de julio de 2022.



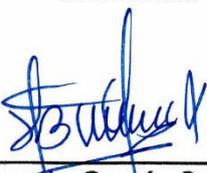
M.V. Víctor Alberto Fernández Delgado
Presidente



Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.
Secretario



Ing. Roger Vásquez Gómez, M.Sc.
Miembro



Ing. Edgardo García Saavedra, Dr.
Asesor

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

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

M.V. Víctor Alberto Fernández Delgado



Presidente

Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.



Secretario

Ing. Roger Vásquez Gómez, M.Sc.



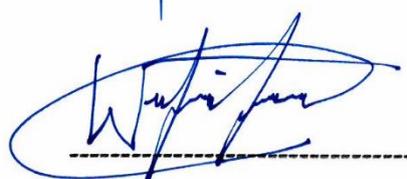
Miembro

Ing. Edgardo García Saavedra, Dr.



Asesor

Bach. Walter Noreña Merino



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA
ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0380-2022

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:

“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”.

Autor(es) : NOREÑA MERINO, WALTER
Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela : ING. AGROINDUSTRIAL
Asesor(a) : DR. GARCÍA SAAVEDRA, EDGARDO

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.



FECHA 30/06/2022



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Walter Noreña Marino

Autor de la TESIS titulada:

Elaboración de Panes enriquecidos con fibra mediante la sustitución parcial de harina de Trigo (Triticum) por harina de cáscara de cacao (Theobroma cacao L), en la ciudad de Pucallpa.

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Dr. Edgardo García Saavedra

En la Facultad de: Ciencias Agropecuarias

Carrera Profesional de: Ingeniería Agroindustrial

Autorizo la publicación:

- PARCIAL** Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.
- TOTAL** Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

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 y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 27/10/2022

Email: Walter97@hotmail.com

Firma: 

Teléfono: 974 730 073

DNI: 77437520

DEDICATORIA.

Con amor y cariño para mis queridos padres Victoriano y Julia, a ustedes mi eterno agradecimiento.

A mis hermanos Cesario, Williams, Jhony Clinton, Amner Victorio y Julio Jesús, por el apoyo y aliento en todo momento, para el feliz término de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO.

A Dios, por la protección que me dio cada día y las fuerzas necesarias para superar todo obstáculo presente durante mi carrera.

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma mater, por la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mi asesor, Dr. Edgardo García Saavedra, por la orientación y apoyo académico durante la ejecución de la presente tesis.

Al Ing. M.Sc. Caleb Leandro Laguna, por el apoyo que me brindó en el asesoramiento estadístico.

ÍNDICE.

	Pág.
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. GENERALIDADES.....	3
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO DEL CACAO.....	6
2.2.1. Taxonomía del fruto de cacao.....	6
2.2.2. Clon de cacao CCN 51.....	7
2.2.3. Composición química proximal de la harina de trigo, cáscara de cacao criollo y cáscara de cacao CCN51.	7
2.2.4. Producción nacional del cacao.....	8
2.3. HARINAS.....	8
2.3.1. Definición.....	8
2.3.2. Panificación.....	8
2.3.3. Tipos de pan.....	8
2.3.4. Proceso de elaboración del pan.....	9
2.3.5. Formulación.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	11
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	11
3.2.1. Materia prima e insumos.....	11
3.2.2. Materiales.....	11
3.2.3. Equipos e instrumentos.....	11

3.2.4. Reactivos	12
3.3. METODOLOGÍA.....	12
3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.4.1. Análisis de datos.	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA HARINA DE CÁSCARA DE CACAO.....	18
4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAN ENRIQUECIDO CON FIBRA DE CÁSCARA DE CACAO.....	18
4.2.1. Densidad aparente del pan.....	18
4.2.2. Color de los panes.....	18
4.2.3. Determinación de la textura.....	24
4.3. DETERMINACIÓN DE LA ACEPTACIÓN SENSORIAL DE LOS PANES ENRIQUECIDOS CON FIBRA DE CACAO.....	25
4.3.1. Atributo color.....	25
4.3.2. Atributo aroma.....	27
4.3.3. Atributo sabor.....	28
4.3.4. Atributo textura.....	29
4.4. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LOS PANES ENRIQUECIDOS CON FIBRA AL TRATAMIENTO CON MAYOR ACEPTACIÓN.....	31
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RECOMENDACIONES.....	35
VII. LITERATURA CONSULTADA.....	36
VIII. ANEXO.....	40

RESUMEN.

En la región de Ucayali existe una gran producción de cacao, en los últimos años esto va incrementándose, por consiguiente, va aumentando la cantidad de residuos, producto de la cosecha como es la cáscara de cacao, ante esta situación se optó por darle una alternativa industrial, transformándolo en harina y utilizándolo en la elaboración de panes como sustituto parcial de la harina de trigo. El objetivo de la investigación es elaborar un pan a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de cacao en proporciones de 0%, 10%, 15% y 20%. El proceso de elaboración del pan comprendió las siguientes etapas: Materia prima, dosificación, mezclado y amasado, recepción de materia prima e insumos, dosimetría, mezclado/amasado, pesado de la masa, división, moldeado, oreado, fermentado, horneado, enfriado, envasado y sellado. La investigación tuvo cuatro tratamientos: T₀ (Testigo 0% de harina de cáscara de cacao), T₁ (10% de harina de cáscara de cacao), T₂ (15% de harina de cáscara de cacao), T₃ (20% de harina de cáscara de cacao). Los resultados de los análisis fisicoquímicos de los panes del tratamiento con 10% de harina de cáscara de cacao fue de: sólidos totales 70.18%, humedad 29.82, proteína 8.72%, grasa 8.35, fibra dietaria 2.99 g/100 g, fibra 1.13%, donde se observa que la fibra dietaria es mejor que de otros panes como el pan molde y labranza. El análisis estadístico aplicado fue el diseño completo al azar (DCA) y para la interpretación se utilizó el análisis de varianza. Las características sensoriales de los panes se evaluaron con una escala hedónica de 1.0 (muy deficiente) hasta 5.0 (excelente) y para el análisis estadístico se aplicó un diseño completo al azar (DCA) y en el análisis de los datos se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman. Los panes enriquecidos con harina de cáscara de cacao y que tiene mejor aceptación en cuanto a color, aroma, sabor y textura fue el Tratamiento T₁ (10%).

Palabras claves: Pan, cáscara de cacao, harina de cáscara, fibra dietaria.

ABSTRACT.

In the region of Ucayali there is a large production of cocoa, in recent years this has been increasing, therefore the amount of waste is increasing, a product of the harvest such as the cocoa shell, in this situation it was decided to give it an industrial alternative, transforming it into flour and using it in the manufacture of bread as a partial substitute for wheat flour. The objective of the research is to make a bread from the partial replacement of wheat flour by cocoa shell flour in proportions of 0%, 10%, 15% and 20%. The bread making process included the following stages: Raw material, dosing, mixing and kneading, Reception of raw material and supplies, dosimetry, mixing/kneading, weighing the dough, dividing, molding, airing, fermenting, baking, cooling, packaging and sealing. The research had four treatments: T₀ (Control 0% cocoa shell flour), T₁ (10% cocoa shell flour), T₂ (15% cocoa shell flour), T₃ (20% cocoa shell flour), cocoa shell). The results of the physicochemical analyzes of the breads treated with 10% cocoa shell flour were: total solids 70.18%, moisture 29.82, protein 8.72%, fat 8.35, dietary fiber 2.99 g/ 100g, fiber 1.13%, where it is observed that the dietary fiber is better than that of other breads such as sliced bread and tillage. The statistical analysis applied was the complete random design (DCA) and the analysis of variance was used for the interpretation. The sensory characteristics of the breads were evaluated with a hedonic scale from 1.0 (very poor) to 5.0 (excellent) and for the statistical analysis a complete random design (DCA) was applied and in the data analysis the test was applied. Friedman parametric. The breads enriched with cocoa shell flour and that have better acceptance in terms of color, aroma, flavor and texture was Treatment T₁ (10%).

Keywords: Bread, cocoa shell, shell flour, dietary fiber.

LISTA DE CUADROS.

En el texto:	Pág.
Cuadro 1. Composición química proximal de la harina de trigo, cáscara de cacao criollo y cáscara de cacao CCN5.....	7
Cuadro 2. Composición química proximal de la harina de cáscara de cacao CCN51.....	18
Cuadro 3. Análisis de varianza para la densidad de los panes por tratamiento.....	19
Cuadro 4. Densidad aparente de los panes elaborados mediante sustitución con cáscara de cacao.....	19
Cuadro 5. Análisis de varianza para el parámetro L* de los panes por tratamiento.....	20
Cuadro 6. Prueba de Tukey para el parámetro L* de los panes elaborados mediante sustitución con harina de cáscara de cacao.....	21
Cuadro 7. Análisis de varianza para el parámetro a* de los panes por tratamiento.....	21
Cuadro 8. Prueba de Tukey para el parámetro a* de los panes elaborados mediante sustitución con cáscara de cacao.....	22
Cuadro 9. Análisis de varianza para el parámetro b* de los panes por tratamiento.....	23
Cuadro 10. Prueba de Tukey para el parámetro b* de los panes elaborados mediante sustitución con cáscara de cacao.....	23
Cuadro 11. Análisis de varianza para la textura de los panes por tratamiento.....	24
Cuadro 12. Prueba de Tukey para la textura (en kN) de los panes elaborados mediante sustitución con harina de cáscara de cacao.....	24
Cuadro 13. Prueba de Friedman.....	25
Cuadro 14. Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo color.....	26

Cuadro 15.	Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo color.....	26
Cuadro 16.	Prueba de Friedman.....	27
Cuadro 17.	Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo aroma.....	27
Cuadro 18.	Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo aroma.....	28
Cuadro 19.	Prueba de Friedman.....	28
Cuadro 20.	Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo sabor.....	29
Cuadro 21.	Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo sabor.....	29
Cuadro 22.	Prueba de Friedman.....	30
Cuadro 23.	Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo textura.....	30
Cuadro 24.	Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo textura.....	30
Cuadro 25.	Análisis químico proximal a los panes elaborados con 10% de sustitución.....	31
Cuadro 26.	Característica sensorial de los panes de la muestra 79 o T1.....	32
Cuadro 27.	Análisis microbiológico de los panes de la muestra 79 o T1.	33

En el anexo:

Cuadro 1A.	Evaluación de los atributos COLOR y SABOR de los panes enriquecidos con fibra de cáscara de cacao.....	41
Cuadro 2A.	Evaluación de los atributos SABOR y TEXTURA de los panes enriquecidos con fibra de cáscara de cacao.....	42
Cuadro 3A.	Parámetros descriptivos de los tratamientos.....	43
Cuadro 4A.	Pruebas de normalidad.....	44
Cuadro 5A.	Valores de peso, volumen y densidad de cada tratamiento..	45
Cuadro 6A.	ANOVA para DENSIDAD por TRATAMIENTO.....	45

Cuadro 7A.	Medias para DENSIDAD por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.....	45
Cuadro 8A.	Verificación de Varianza.....	45
Cuadro 9A.	Pruebas con el colorímetro.....	46
Cuadro 10A.	Medias para L por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.....	46
Cuadro 11A.	Valores para L por TRATAMIENTO.....	46
Cuadro 12A.	Verificación de Varianza.....	47
Cuadro 13A.	Medias para a por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.....	47
Cuadro 14A.	ANOVA para a por TRATAMIENTO.....	47
Cuadro 15A.	Verificación de Varianza.....	47
Cuadro 16A.	Medias para b por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.....	48
Cuadro 17A.	ANOVA para b por TRATAMIENTO.....	48
Cuadro 18A.	Verificación de Varianza.....	48
Cuadro 19A.	Resumen estadístico para la textura del pan.....	49
Cuadro 20A.	ANOVA para Textura por Tratamiento.....	49
Cuadro 21A.	Verificación de Varianza.....	49

LISTA DE FIGURAS.

En el texto:		Pág.
Figura 1.	Diagrama bloques para la obtención de la harina de cáscara de cacao.....	13
Figura 2.	Diagrama de bloques para elaboración de panes especiales.	16
 En el anexo:		
Figura 1A.	Recolección de materia prima.....	50
Figura 2A.	Elaboración de harina de cáscara de cacao.....	51
Figura 3A.	Elaboración de panes.....	52
Figura 4A.	Prueba sensorial a los panelistas.....	53
Figura 5A.	Análisis físicos del pan.....	54

I. INTRODUCCIÓN.

El pan, es uno de los productos alimenticios, más comunes que existe en las mesas populares desde hace muchos años atrás, es uno de los principales alimentos de alto consumo en la población. Pero, con el pasar de los tiempos, la forma de hacer este alimento, se han ido modificando, buscando nuevas formulaciones que permitan obtener cada vez más nutritivos y atractivos para los consumidores. La industria de los panes, siempre ha estado relacionado a lo artesanal, a las empresas familiares y los pueblos, para, incrementar los ingresos de los negocios.

En la actualidad, se viene incrementando una diversidad de panes en nuestra región y el país, utilizando diversos tipos harinas provenientes de hojas, cáscaras, frutos y tubérculos, que se vienen utilizando como sustitutos parciales de la harina de trigo, de tal forma, se pueda expender en los mercados, productos nuevos e innovadores en la alimentación diaria y todos ellos buscan proporcionar a la sociedad un pan con características más saludables para el organismo humano.

El papel principal que se busca con las sustituciones parciales en la elaboración de los panes, es, el de la nutrición y el secundario satisfacer aspectos sensoriales o de preferencia, buscando siempre que se constituyan en alimentos funcionales del sistema fisiológico del cuerpo humano.

La región de Ucayali, cuenta con zonas dedicadas a la siembra y cosecha de cacao, donde la mayor parte del fruto, lo constituye la cáscara, convirtiéndose en un desperdicio después de cada cosecha, lo que nos permitió visualizar la oportunidad de aprovecharlo, convirtiéndolo en harina y buscar una forma de utilizar en la industria de la panadería y su aporte en fibra dietética, muy importante para la buena digestión.

Con la presente investigación, se determinó el nivel adecuado de sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de cáscara de cacao, en la

elaboración de panes, las mismas que contienen características fisicoquímicas y sensoriales aceptables.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. GENERALIDADES.

Astete (2019), en su estudio denominado “Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por la mezcla de harina de sachapapa morada (*Dioscorea trifida* L.) y harina de soya (*Glycine max* L.) en la elaboración de panes en Pucallpa, obtuvo como resultados del 25% de sustitución de harina de sachapapa y soya con un valor en contenido proteico del 17.6%.

González (2019), nos reporta, en su trabajo denominado, elaboración de pan especial con adición de pasta de cacao, con características de un alimento funcional en Pucallpa, que el tratamiento constituido por 8% y 10% de pasta de cacao son las que mejor características ofrecieron al pan especial y de mayor aceptación por los panelistas.

Velásquez *et al.* (2017), en la investigación, efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soya en la elaboración de pan molde, indican que existe influencia de la harina de soya, en cuanto a elasticidad y las características organolépticas estudiadas, señalan, además, que tienen un contenido de 7.80% de humedad, 6.75% de proteína, 4.47% de ceniza y 24.80% de grasas, y de 42.82% y 57.23% de fibra.

Silva (2016). En su trabajo de investigación, elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo, encontró que el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el que tuvo el 20% de sustitución, cumpliendo con las normas INEN, tomando como referencia a la norma venezolana CONVNIN 2226-88, que indican que el producto cumple con lo establecido en las normas.

Villamizar (2016). En su investigación Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN 51, tiene por objetivo aprovechar las propiedades de la cáscara

de cacao (*Theobroma cacao* L.) para mejorar y fortalecer la calidad alimentaria, aportando principalmente fibra dietética. La evaluación de las características sensoriales de la harina de cáscara de cacao seleccionada mediante inclusiones con una harina comercial (Harina de trigo) elaborando galletas. Se realizó una evaluación sensorial del producto con panelistas no entrenados, concluyendo que les gusta la galleta elaborada con harina de cáscara de cacao.

Arteaga *et al.*, (2015). Sostiene en su investigación, sustitución de trigo (*Triticum aestivum* L) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) y harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes, que las características reológicas de la harina de trigo cumplen con las condiciones establecidas, además nos indican que las sustituciones del 83%, 5% y el 12% fueron las más aceptadas.

Villar, Espinoza y Espinal (2014) en su estudio “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote (*Ipomoea batatas* var. bush buck) en las características físicos – químicas y sensoriales del pan blanco”, concluyeron que el tratamiento con 20% de harina de camote tuvo mejor aceptación que los elaborados con 10% y 30% de harina de camote, asimismo la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote no mejoró ninguna de las características físico-químicas.

León (2014), en todo el mundo los patrones de alimentación están cambiando, en la búsqueda de alimentos que ayuden a mantener un estilo de vida saludable, en el caso del pan se han desarrollado nuevos tipos de pan, con el objetivo de reducir el riesgo de desarrollar enfermedades, utilizando cereales integrales y otros residuos que contengan fibra. Un factor que agrega valor funcional a los cereales integrales es la fibra, ingrediente importante para prevenir enfermedades gastrointestinales y, por lo tanto, respaldar un estilo de vida saludable. Los efectos beneficiosos para la salud, otorgada por la fibra alimentaria, es por la acción combinada del proceso de fermentación y de los subproductos. Hoy buscamos un pan más saludable, que además de las propiedades nutricionales habituales, contengan algunos ingredientes

funcionales saludables (fibra dietética, soja, etc.), que, consumidos diariamente como parte de una dieta equilibrada contribuyan a mejorar el estado de salud y bienestar, previniendo enfermedades. Se han realizado varios estudios para mejorar las propiedades nutricionales y nutracéuticas de los productos elaborados a base de harina.

Yupa (2013). Elaboró pan con harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) estallado, donde resalta su contenido en fibra, recomendando su inclusión en la dieta de las personas con padecimientos de enfermedades digestivas, sugiere el uso de 20% de harina de amaranto estallado por su mayor aceptabilidad y con mejor valor nutritivo y nutracéutico que el pan de harina de trigo.

Veloz (2010). Elaboró donas con harina de quinua y trigo en proporción 40:60, 30:70 y 20:80 respectivamente y las compararon con donas testigo de harina de trigo, observando que la muestra de proporción 30:70 arrojó mejores resultados en aceptación, nutrición y nutracéutico que el testigo, concluyeron que las donas elaboradas con harina de quinua tenían 5,6% más de fibra del requerimiento diario recomendado que las donas testigos.

Pacheco-Delahaye y Testa (2005). Realizaron una investigación para diversificar el uso del plátano verde, para lo cual obtuvieron harina de plátano verde para reemplazar la harina de trigo 7%, 10% y 20% en la producción de panes para obtener un alimento funcional. Concluyeron que, la harina de plátano verde se puede usar para hacer panes hasta en un 7% y agregarla al pan proporciona fibra dietética y almidón resistente.

Villarroel, Acevedo y Yañez (2003), desarrollaron una formulación optimizada de pan enriquecido con fibra de musgo (*Sphagnum magellanicum*) para evaluar el efecto simultáneo de levadura, musgo, agente esponjante y manteca sobre la calidad sensorial. Llegando a la conclusión que la mejor combinación fue usar, levadura 3.4%, musgo 3%, esponjante 0.07% y manteca vegetal 9%. También se ha demostrado que las características funcionales que

muestra el musgo son muy superiores a las presentadas en otras fuentes de fibra vegetal como el sésamo o la amapola.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO DEL CACAO.

Según García (2011), el fruto del cacao, al igual que otras especies, es el resultado de la maduración del ovario después de la fecundación, el cual es sostenido por un pedúnculo leñoso que es el resultado de la maduración, la baya tiene una cáscara suave, tipo madera aproximadamente de un cuarto de pulgada de espesor, consistente, rugosa al exterior, acanalada longitudinalmente, semillas ovoides, de color blanquecino cuando están secas, las almendras son de unos dos centímetros, de sabor muy amargo.

Dostert, Roque, Cano, La Torre y Weiend (2012), sostienen, que las mazorcas deben cosecharse en estado maduro, ya que frutos inmaduros (pintones), reducen el rendimiento y la calidad, el momento de la cosecha es cuando se da el cambio de color de la mazorca, los verdes cambian a amarillo y los rojos a anaranjados, el sonido del fruto es hueco, es más fácil de romper la cáscara, haciendo uso de un machete o golpeándolo con un palo pesado o piedra. Los granos están rodeados del material blanco mucilaginoso que muchos lo llaman placenta. El mucilago es dulce, pero también amargo, con toques florales de limón.

2.2.1. Taxonomía del fruto de cacao.

García (2011), indica que la clasificación taxonómica del cacao es la siguiente:

Reino	: Vegetal
Sub reino	: Tracheobionta
Tipo	: Espermatofita
Sub tipo	: Angiosperma
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida (Dicotiledónica)

Orden : Malvales
 Familia : Sterculiaceae
 Sub familia : Byttnerioideae
 Género : Theobroma
 Especie : Cacao L.

2.2.2. Clon de cacao CCN 51.

El Comercio (2014), sostiene que, en los últimos años se vieron explorando una nueva variedad de cacao con mayor productividad que las variedades tradicionales existentes en el Ecuador, es el llamado Colección Castro Naranjal 51 (CCN 51). Este clon demanda de labores culturales estrictas para preservar su bien conocida productividad; da como resultado un cultivo más sostenible que los que se practican en los países productores de cacao como las variedades tradicionales. Un clon tolerante a las enfermedades, creado a partir de cepas Iquitos (ecuatoriano peruano, 45,6%), Criollo (Amazonía, 22,2%) y Amelonado (Ghana y Centroamérica, 21.5%).

2.2.3. Composición química proximal de la harina de trigo, cáscara de cacao criollo y cáscara de cacao CCN51.

Cuadro 1: Composición química proximal de la harina de trigo, cáscara de cacao criollo y cáscara de cacao CCN51.

Composición cáscara %	Harina Trigo	Harina de cáscara Cacao criollo	Harina de cacao CCN 51
Humedad	12,00	5,98	5,74
Fibra cruda	0,30	29,78	30,69
Proteína	10,20	7,97	8,07
Ceniza	0,40	7,13	7,29
Grasa	1,10	2,01	1,89
Carbohidratos	76,00	45,89	46,32

Fuente: Murillo, B. 2018.

2.2.4. Producción nacional del cacao.

La producción de cacao presentó un crecimiento de la producción nacional entre los años 2009 y 2015, de un promedio anual de un 15,5% con una producción de cacao en grano 87,3 mil toneladas para el 2015, las regiones productoras de cacao en grano son San Martín con el 43%; Junín con el 18%, Cusco con 9%, Ucayali con 8% y Huánuco con 6%. Estas cinco regiones representan el 84% de toda la producción nacional (MINAGRI, 2016).

2.3. HARINAS.

2.3.1. Definición.

Producto obtenido de la molienda y clasificación granulométrica de granos de trigo duros importados, debidamente limpios, acondicionados y procesados bajo las más estrictas normas de calidad (CODEX, 1985).

2.3.2. Panificación.

El pan es el producto alimenticio que se obtiene cociendo al horno la masa formada al mezclar con agua la harina de ciertos cereales, sobre todo la de trigo, masa a la que, por lo general, se agrega levadura con el fin que se realice la fermentación y se produzca un alimento ligero y esponjoso, fácil de consumir y digestivo; el proceso se denomina panificación (Mora y Ruano, 2012).

2.3.3. Tipos de pan.

Pan común: es el pan de consumo habitual, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados (Mesas *et al.*, 2002).

Pan especial: Es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes

especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común. El objetivo es bien aumentar el valor nutritivo del pan o bien proporcionarle un determinado sabor. Entre los más comunes: azúcares, leche, materias grasas, huevos, frutas, etc. Como ejemplos de pan especial tenemos: Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc., son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida (Mesas *et al.*, 2002).

2.3.4. Proceso de elaboración del pan.

Según las particularidades de cada tipo de pan, a continuación, se presenta las operaciones principales para el proceso de elaboración:

Amasado: Una vez formulados y pesados los ingredientes como el agua, harina, sal y levadura; se mezclan de manera homogénea y se procede a amasar, es decir trabajar la mezcla formada a fin de airearla y hacerla flexible y elástica. La fermentación comienza en el amasado (Cobaquil, 2014).

División y pesado: Operación que se realiza para obtener piezas de masa de igual peso y tamaño. El peso de cada pieza dependerá del tipo de pan que se va elaborar. Este proceso debe ser rápido. Se deberá controlar que la divisora ejerza una presión uniforme sobre la masa para asegurar una buena división de ella (Ibáñez, 2014).

Heñido o boleado: Para cada tipo de pan, existe una forma establecida para realizar el boleado. Es muy importante formar bien las piezas, de ella dependerá su no deformación durante la cocción. En este proceso se debe tener mucho cuidado, por lo tanto, no debe durar más de 20 minutos. (Ibáñez, 2014).

Fermentación: La temperatura a aplicar debe estar entre 26-32 ° C, y la humedad entre 70% y 85%. La rapidez con la que algunos panaderos desean

la fermentación obliga a elevar estas temperaturas y humedades. Cuando la temperatura sobrepasa los 28 °C la producción de ácido láctico y butírico es proporcional a medida que aumenta la temperatura. También, las reacciones enzimáticas que se producen en la masa son más activas a altas temperaturas; todo ello provoca que a partir de esta temperatura la masa se desarrolle más débil y el impulso del pan en el horno sea exagerado, obteniéndose panes de sabor insípido y con baja capacidad de conservación. Sin embargo, si la fermentación se lleva a cabo a baja temperatura (26 °C), la formación de ácido láctico y butírico es menor, esto conlleva a que el pan fermente lentamente, pero a su vez con más cuerpo, las enzimas al ser menos activas no producen mucho volumen y el sabor del pan presenta un mejor gusto al paladar (Condor, 2013).

Cocción: Esta etapa tiene como principal papel transformar la masa fermentada en pan. La cocción permite el paso del estado semilíquido del producto (masa) al estado sólido (pan). Las temperaturas del horno dependerán del tamaño de la pieza de masa, del tipo de receta y de los ingredientes básicos utilizados, el tiempo de cocción también dependerá de estos factores. “En general se puede resumir que a mayor tamaño, menor temperatura y tiempos de cocción más largos; a menor tamaño, mayor temperatura y tiempo de cocción más corto” (Cobaquil, 2014).

2.3.5. Formulación.

El cálculo de todos los demás ingredientes a utilizar en la elaboración del pan, se realizan con el llamado porcentaje del panadero. El mismo que toma como 100% a la harina de trigo y no a la suma total de insumos, el resto de ingredientes empleados se calcula sobre la cantidad de harina a utilizar.

La fórmula para el cálculo de la cantidad de cada ingrediente es la presentada por SENA (1985).

$$\text{Proporción del ingrediente} = \frac{\text{Peso ingrediente}}{\text{total de la harina}} \times 100$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El trabajo de la elaboración de los panes se realizó en los ambientes de la panadería La Moshita, que se encuentra ubicada en la planta piloto de leche de la Universidad Nacional de Ucayali, el análisis fisicoquímico se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima, los análisis sensoriales en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y los análisis físicos en la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía - UNIA.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

3.2.1. Materia prima e insumos.

Harina de cáscara de cacao, harina de trigo, azúcar, sal, manteca vegetal, agua, huevos, levadura y mejoradores de color.

3.2.2. Materiales.

Balanza digital marca Ohaus modelo Traveler, cucharas, cernidores de doble malla, jarras medidoras de 250 y 500 ml, espátulas, termómetros de mercurio, cuchillos, vasos de precipitados de 250 mL y bandejas.

3.2.3. Equipos e instrumentos.

Molino manual, mesa de acero inoxidable, horno rotatorio industrial, balanza gramera, estufa Acros AF, afinadora G. Paniz, amasadora espiral, mufla Lindberg-Blue, Divisora Nova, Texturómetro CT-3 Brookfield, Colorímetro Kónica Minolta CR400

3.2.4. Reactivos.

Indicador de fenolftaleína, Ácido sulfúrico concentrado 0.1 N, Hidróxido de sodio 0.1 N, Hexano.

3.3. METODOLOGÍA.

La metodología utilizada para el trabajo de investigación se describe a continuación:

- **Obtención de la harina de cáscara de cacao:**

Materia prima: Se recolectó la cantidad necesaria de cáscara de cacao maduro de la variedad CCN-51.

Selección: Consistió en tomar las cáscaras de cacao maduro y rechazar todas aquellas que tienen algún ataque microbiano o magulladuras. Seguidamente se procede a una desinfección en una solución H₂O + hipoclorito de sodio.

Cortado: Se realizó de manera manual y utilizando un cuchillo, para tratar de uniformizar los tamaños de cáscara cortada a fin facilitar el secado.

Secado: Se realizó en una secadora de cabina por aire caliente a temperatura de 60 °C. por un tiempo de 8 horas. Obteniendo una humedad final de 10% de humedad.

Molienda: Se realizó en un molino manual hasta obtener una finura adecuada.

Tamizado: Se utilizó un tamiz de 2,12 mm de espesor, para obtener una harina debidamente uniforme y homogenizada.

Empaque: La harina de cáscara de cacao obtenida se empacó en una bolsa de polietileno de alta densidad con autocierre, para su posterior utilización.

Almacenamiento: La harina empacada se almacenó a temperatura ambiente, para su uso posterior.

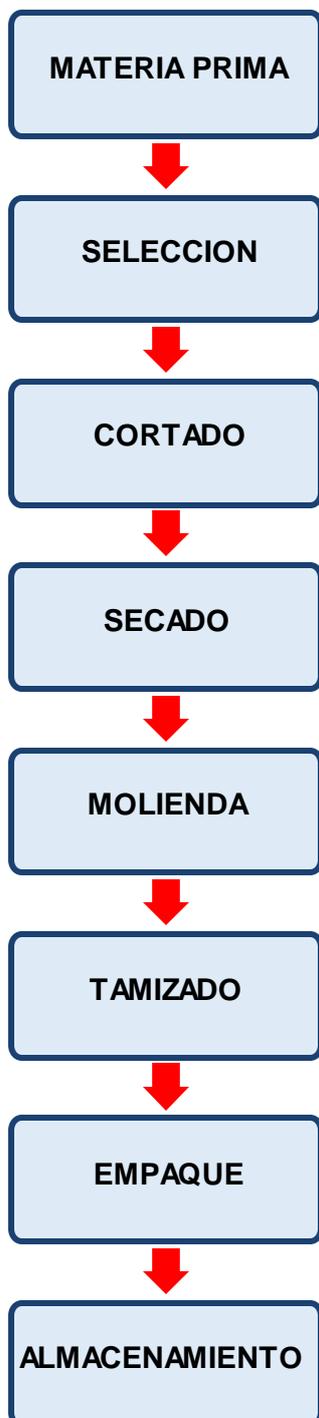


Figura 1: Diagrama bloques para la obtención de la harina de cáscara de cacao.

- **Elaboración de panes especiales:**

Materia prima: La cantidad base de harina de trigo fue de 4 kg y de harina de cáscara de cacao fue de 2 kg, haciendo un total de 6 kg para ser repartidos en los tres tratamientos en estudio para la elaboración de los panes.

Dosificación: Consistió en pesar cada uno de las cantidades de las correspondientes harinas a utilizar y los insumos necesarios para la elaboración de los panes. Esto se realizó teniendo en cuenta a cada tratamiento en estudio: 10%, 15% y 20%, cabe remarcar que para este parte del trabajo se utilizó la fórmula del panadero, indicando que supera el 100%.

Mezclado/Amasado: Se realizó utilizando una mezcladora o amasadora, la misma que se encargó de mezclar la harinas, manteca y sal. Posteriormente se agregó la levadura, mejorador y el azúcar diluido en agua, la misma que ayuda a hacer la masa.

Pesado de la masa: Se realizó para obtener proporciones iguales para cada tratamiento en estudio.

División: Esta operación se realizó, con la finalidad de obtener fracciones de gramos iguales por unidad de pan y por cada tratamiento en estudio, con esto se pretende la optimización de la producción en el proceso de elaboración de panes.

Moldeado: Se realizó de manera manual, dando forma oval a cada uno de los pequeños trozos de masa, asignándole una marca a cada tratamiento en evaluación.

Oreado: Proceso que se realizó por un tiempo de 10 minutos aproximadamente, previas al ingreso en el área de fermentado de los panes.

Fermentado: Proceso que se controló desde el momento en que se añade la levadura a la mezcla hasta el momento que inicie la cocción de los panes, la fermentación se acelera, al ingresar las muestras a la cámara de fermentación, donde la temperatura se incrementa a 31°C por un periodo de 90 minutos.

Horneado: Se realizó en un horno industrial rotatorio de la panadería “La Moshita”, del centro de producción de la Universidad Nacional de Ucayali, el horneado se realizó a una temperatura de 150 °C por un periodo de 12 minutos, por cada tratamiento.

Enfriado: Se realizó a temperatura ambiente haciendo uso de bandejas de aluminio.

Embolsado/sellado: Se utilizó bolsas de polipropileno de baja densidad, para garantizar la conservación del producto en buen estado.



Figura 2: Diagrama de bloques para elaboración de panes especiales.

3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN.

Se aplicó un Diseño Completo al Azar DCA, para determinar la cantidad adecuada de harina de cáscara de cacao. Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza ANVA, mediante un software estadístico Statgraphics Centurión XVII.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta (características físicas y sensoriales de los panes).

μ : Media común de todos los datos del experimento.

τ_i : Efecto del "i" tratamiento, harina cáscara de cacao.

ϵ_{ij} : Error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

3.4.1. Análisis de datos.

Se realizó el Análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 5% del nivel de significación, para determinar el grado de variabilidad entre los tratamientos. El tratamiento de los datos se realizó mediante el software estadístico Statgraphics Centurión XVII, y la presentación y gráficos de datos se realizó en Microsoft Word.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA HARINA DE CÁSCARA DE CACAO.

El cuadro 2 muestra las propiedades fisicoquímicas de la harina de cáscara de cacao.

Cuadro 2: Composición química proximal de la harina de cáscara de cacao CCN51.

Ensayo	Unidades	Resultado
Humedad	g/100 g	7.96
Proteína	g/100 g	7.89
Grasa	g/100 g	4.06
Fibra cruda	g/100 g	24.70

Fuente: Resultados realizados en los laboratorios de la UNALM.

Los valores reportados en el cuadro 2 varían ligeramente con lo reportado por Murillo (2018), quien para la misma variedad de cacao, encontró una humedad: $5,74 \pm 0,04\%$; proteína: $8,07 \pm 0,10\%$; en cuanto al contenido en grasa fue menor ($1,89 \pm 0,05\%$), fibra cruda fue mayor ($30,69 \pm 0,06\%$). La diferencia que se observa en la composición química de la harina podría deberse al tiempo de secado de la cáscara de cacao o a las condiciones agroecológicas de los cultivos de cacao, estado de maduración, época de cosecha, como lo manifiesta (Cerna, 2007).

4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAN ENRIQUECIDO CON FIBRA DE CÁSCARA DE CACAO.

4.2.1. Densidad aparente del pan.

La Tabla 3 muestra el análisis de varianza realizado para la densidad aparente de los panes por cada tratamiento propuesto en la investigación.

Cuadro 3: Análisis de varianza para la densidad de los panes por tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Fc	Pv
Tratamientos	0,00054	3	0,00018	13,86	0,0016
Error Experimental	0,00010	8	0,00001		
Total	0,00064	11			

Del análisis realizado se observa que el valor de probabilidad (Pv) es menor que 0,01 por lo tanto podemos afirmar que la sustitución parcial con harina de cáscara de cacao tiene una influencia altamente significativa ($Pv < 0,05$) en la densidad de los panes.

En el cuadro 4, se reporta la prueba de comparación múltiple de Tukey para densidad aparente de los panes por cada tratamiento planteado en la investigación.

Cuadro 4. Densidad aparente de los panes elaborados mediante sustitución con cáscara de cacao.

Tratamiento	Casos	Media ¹
T ₀ – 0% de sustitución	3	0.241267 ± 0.0033 ^a
T ₁ – 10% de sustitución	3	0.243533 ± 0.0026 ^a
T ₂ – 15% de sustitución	3	0.253533 ± 0.0044 ^b
T ₃ – 20% de sustitución	3	0.257333 ± 0.0038 ^b

¹ Los datos representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes indican diferencia significativa.

Del análisis de los resultados obtenidos, se desprende que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo los Tratamientos T₂ y T₃ los que presentaron mayor densidad. Esto se debe al incremento que hay de la harina de cáscara de cacao de un tratamiento a otro para la elaboración de los panes,

porque el endocarpio del fruto de cacao es duro (compacto), lo que afecta el volumen de los panes, traduciéndose ello en una mayor densidad.

4.2.2. Color de los panes.

El color de los panes se midió en términos de los parámetros colorimétricos L^* (Luminosidad), a^* (+a indica rojo, -a indica verde) y b^* (+b indica amarillo, -b indica azul).

- **Parámetro L^***

En el Cuadro 5 se muestra el análisis de varianza del parámetro Luminosidad (L^*) de los panes elaborados mediante sustitución parcial con harina de cáscara de cacao.

Cuadro 5: Análisis de varianza para el parámetro L^* de los panes por tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Fc	Pv
Tratamientos	4005,8300	3	1335,2800	1471,66	0,0000
Error Experimental	7,2586	8	0,9073		
Total	4013,0900	11			

Observamos que el valor de $p < 0.01$ indicando que la sustitución de la harina de cáscara de cacao en la elaboración de panes tiene una influencia altamente significativa en cuanto a la Luminosidad de los panes, esto está relacionado con la blancura de la miga de los panes.

En el Cuadro 6, se reporta la prueba de comparación múltiple de Tukey para la Luminosidad (L^*) de los panes por cada tratamiento planteado en la investigación.

Cuadro 6: Prueba de Tukey para el parámetro L* de los panes elaborados mediante sustitución con harina de cáscara de cacao.

Tratamiento	Casos	Media ¹
T ₃ – 20% de sustitución	3	52, 0433 ± 0.8339 ^a
T ₂ – 15% de sustitución	3	59, 9400 ± 1,0908 ^b
T ₁ – 10% de sustitución	3	83,7533 ± 1,2260 ^c
T ₀ – 0% de sustitución	3	97,7067 ± 0,4908 ^d

¹ Los datos representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes indican diferencia significativa.

Se puede observar la existencia de diferencia altamente significativa entre los tratamientos, siendo el Tratamiento T₀ el que presentó mayor valor del parámetro Luminosidad (L*). Esto se debe a que los panes fueron elaborados con el 100% de harina de trigo, es decir 0% de sustitución de harina de cáscara de cacao.

- **Parámetro a***

En el Cuadro 7 se muestra el análisis de varianza del parámetro a* (Tendencia al rojo) de los panes elaborados mediante sustitución parcial con harina de cáscara de cacao.

Cuadro 7: Análisis de varianza para el parámetro a* de los panes por tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Fc	Pv
Tratamientos	1524,1200	3	5508,0390	384,14	0,0000
Error Experimental	10,5804	8	1,3226		
Total	1547,7000	11			

El resultado del análisis de varianza demuestra que la sustitución de la harina de cáscara de cacao en la elaboración de panes tiene una diferencia

altamente significativa en el parámetro a^* (Tendencia al rojo) de los panes, esto está relacionado con cierto grado de pardeamiento de los panes.

En el Cuadro 8, se reporta la prueba de comparación múltiple de Tukey para el parámetro a^* (Tendencia al rojo) de los panes por cada tratamiento planteado en la investigación.

Cuadro 8: Prueba de Tukey para el parámetro a^* de los panes elaborados mediante sustitución con cáscara de cacao.

Tratamiento	Casos	Media ¹
T ₀ – 0% de sustitución	3	-0,3000 ± 1.1789 ^a
T ₁ – 10% de sustitución	3	8,3567 ± 0,2928 ^b
T ₂ – 15% de sustitución	3	23,4267 ± 1,8133 ^c
T ₃ – 20% de sustitución	3	26,8767 ± 0,7257 ^c

¹ Los datos representan la media ± SD, para n = 3.

Letras diferentes indican diferencia significativa.

Se puede observar la existencia de diferencia altamente significativa entre los tratamientos, siendo el T₀, panes elaborados con 100% de harina de trigo, los que presentaron menor tendencia al rojo; también observamos que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución con harina de cáscara de cacao en la elaboración de pan, el valor de a^* también se incrementa, siendo el T₃, donde los panes fueron elaborados con el 20% de sustitución con harina de cáscara de cacao, los que presentaron mayores valores del parámetro a^* , esto se debe al mayor pardeamiento durante el horneado que presentó el pan.

- **Parámetro b^***

En el Cuadro 9 se muestra el análisis de varianza del parámetro b^* (Tendencia al amarillo) de los panes elaborados mediante sustitución parcial con harina de cáscara de cacao.

Cuadro 9: Análisis de varianza para el parámetro b* de los panes por tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Fc	Pv
Tratamientos	3275,0000	3	1091,6700	1342,63	0,0000
Error Experimental	6,5047	8	0,8131		
Total	3281,5000	11			

Del análisis de varianza realizado se observa que la sustitución de la harina de cáscara de cacao en la elaboración de panes tiene una influencia de altamente significativa en el parámetro b*. En el Cuadro 10 se muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey para el parámetro b* de los panes por cada tratamiento planteado en la investigación.

Cuadro 10: Prueba de Tukey para el parámetro b* de los panes elaborados mediante sustitución con cáscara de cacao.

Tratamiento	Casos	Media ¹
T ₀ – 0% de sustitución	3	2,9533 ± 0,7756 ^a
T ₁ – 10% de sustitución	3	31,6467 ± 0,4008 ^b
T ₂ – 15% de sustitución	3	42,9967 ± 0,8262 ^c
T ₃ – 20% de sustitución	3	43,7467 ± 1,3444 ^c

¹ Los datos representan la media ± SD, para n = 3.
Letras diferentes indican diferencia significativa.

Observamos la existencia de diferencia altamente significativa entre los tratamientos, siendo el T₀, panes elaborados con 100% de harina de trigo, los que presentaron menor tendencia al amarillo; también observamos que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución con harina de cáscara de cacao en la elaboración de pan, el valor de b* se incrementa rápidamente, siendo los T₂ y T₃, donde los panes fueron elaborados con el 15% y 20% de sustitución con harina de cáscara de cacao, los que presentaron mayores valores del parámetro

b*, lo que es un indicador del pardeamiento de la masa de pan durante el horneado.

4.2.3. Determinación de la textura.

En el siguiente cuadro se muestra el análisis de varianza para la textura de los panes elaborados mediante sustitución parcial con harina de cáscara de cacao.

Cuadro 11: Análisis de varianza para la textura de los panes por tratamiento.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
Tratamientos	0,062903	3	0,020968	6,72	0,0141
Error Experimental	0,024973	8	0,003122		
Total	0,087876	11			

Según el análisis de varianza se observa que existe diferencia significativa ($Pv < 0,05$) entre los tratamientos respecto a la textura (carga máxima, expresado en kN).

Cuadro 12: Prueba de Tukey para la textura (en kN) de los panes elaborados mediante sustitución con harina de cáscara de cacao.

Tratamiento	Casos	Media (kN)
T ₀ = muestra 77	3	0,7236 ± 0,0368 ^a
T ₁ = muestra 79	3	0,8171 ± 0,0688 ^{a, b}
T ₂ = muestra 81	3	0,8752 ± 0,0507 ^b
T ₃ = muestra 83	3	0,9165 ± 0,0619 ^b

Los datos representan la media ± SD, para n = 3. Letras diferentes indican diferencia significativa.

Los resultados del Cuadro 12 muestran que el tratamiento testigo (T₀ = Muestra 77) obtuvo el menor valor (0,7236 ± 0,0368) de la carga máxima (kN),

lo que es un indicador de la suavidad de los panes, del mismo modo el T₁ (Muestra 79) muestra un comportamiento similar para la carga máxima ($0,8171 \pm 0,0688$) expresado en kN.

Los panes elaborados con los tratamientos T₂ y T₃ con el 15% y 20% de sustitución respectivamente, fueron los que presentaron mayores valores de la carga máxima (kN) siendo de $0,8752 \pm 0,0507$ para el T₂ = Muestra 81 y $0,9165 \pm 0,0619$ para el T₃ = Muestra 83, lo que demuestra la mayor dureza de los panes. El valor creciente en la carga máxima (kN) se debe al incremento del porcentaje de sustitución, lo que significa mayor compactación o dureza del pan.

4.3. DETERMINACIÓN DE LA ACEPTACIÓN SENSORIAL DE LOS PANES ENRIQUECIDOS CON FIBRA DE CACAO.

4.3.1. Atributo color.

En los Cuadros 13 y 14 se muestra el análisis de varianza por rangos de Friedman y la respectiva prueba de Friedman para el atributo color.

Cuadro 13: Prueba de Friedman.

N	30
Chi-cuadrado	23,708
Gl	3
Significación (Pv)	0,000

En el Cuadro 13 se observa que hay diferencia altamente significativa ($Pv < 0,05$) entre los tratamientos para el atributo color, lo que se corrobora con el análisis de varianza del Cuadro 14, donde se decide aceptar la hipótesis alternante, que consiste en que la distribución de los tratamientos es diferente.

Cuadro 14: Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo color.

Tratamientos		Hipótesis	Significación	Decisión
T ₀ = 77	Testigo	H ₀ : Las distribuciones de los tratamientos son las mismas.	0,000	Rechazar la hipótesis nula
T ₁ = 79	10%			
T ₂ = 81	15%			
T ₃ = 83	20%			

El nivel de significación es de 0,05.

En el Cuadro 15 se reporta la prueba de comparación de rangos de Bonferroni.

De la comparación de rangos realizado se observa que entre el T₀ = testigo (muestra 77) y el T₁ = con 10% de sustitución (muestra 79) no hay diferencia significativa en el color.

Cuadro 15: Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo color.

Tratamientos	Rango promedio ¹
T ₀ = 77 Testigo	3,18 ^a
T ₁ = 79 muestra con 10%	2,62 ^{a, b}
T ₂ = 81 muestra con 15%	2,27 ^b
T ₃ = 83 muestra con 20%	1,93 ^b

¹ Letras diferentes indican diferencia significativa.

También entre los tratamientos 10%, 15% y 20% de sustitución no existe diferencia significativa en el color. Por otro lado, el T₀ muestra 77 (Testigo) y el T₁ muestra 79 (10% de sustitución) son los que tuvieron los mayores valores del rango. Lo que nos indica que en cuanto a color los panes de los T₀ y T₁ son los que mejor aceptación tuvieron por los panelistas evaluadores.

4.3.2. Atributo aroma.

En los Cuadros 16 y 17 se muestra el análisis de varianza por rangos de Friedman y la respectiva prueba de Friedman para el atributo aroma.

Cuadro 16: Prueba de Friedman.

N	30
Chi-cuadrado	6,218
Gl	3
Significación (Pv)	0,101

En el Cuadro 16 observamos que no hay diferencia altamente significativa ($Pv > 0,05$) entre los tratamientos para el atributo aroma, lo que se corrobora con el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 17, donde se decide aceptar la hipótesis nula, que consiste en que la distribución de los tratamientos es igual.

Cuadro 17: Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo aroma.

Tratamientos	Hipótesis	Significación	Decisión
T ₀ = 77 Testigo T ₁ = 79 muestra 10% T ₂ = 81 muestra 15% T ₃ = 83 muestra 20%	H ₀ : Las distribuciones de los tratamientos son las mismas.	0,101	Aceptar la hipótesis nula

El nivel de significación es de 0,05.

En el Cuadro 18 se reporta la prueba de comparación de rangos de Bonferroni.

Cuadro 18: Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo aroma.

Tratamientos	Rango promedio ¹
T ₀ muestra 77	2,85 ^a
T ₁ muestra 79	2,32 ^a
T ₂ muestra 81	2,23 ^a
T ₃ muestra 83	2,60 ^a

¹ Letras diferentes indican diferencia significativa.

De la comparación de rangos realizado para el atributo aroma, se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, por ello todos los valores de los rangos presentan la misma letra.

4.3.3. Atributo sabor.

En los Cuadros 19 y 20 se muestra el análisis de varianza por rangos de Friedman y la respectiva prueba de Friedman para el atributo sabor.

Cuadro 19: Prueba de Friedman.

N	30
Chi-cuadrado	1,700
Gl	3
Significación (Pv)	0,637

En el Cuadro 19 se observa que no hay diferencia significativa ($P_v > 0,05$) entre los tratamientos para el atributo sabor, lo que se corrobora con el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 20, donde se decide aceptar la hipótesis nula, que consiste en que la distribución de los tratamientos es igual.

Cuadro 20: Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo sabor.

Tratamientos	Hipótesis	Significación	Decisión
T ₀ = 77 Testigo T ₁ = 79 muestra 10% T ₂ = 81 muestra 15% T ₃ = 83 muestra 20%	H ₀ : Las distribuciones de los tratamientos son las mismas.	0,637	Aceptar la hipótesis nula

El nivel de significación es de 0,05.

En el Cuadro 21 se reporta la prueba de comparación de rangos de Bonferroni.

Cuadro 21: Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo sabor.

Tratamientos	Rango promedio ¹
T ₀ = muestra 77	2,65 ^a
T ₁ = muestra 79	2,60 ^a
T ₂ = muestra 81	2,37 ^a
T ₃ = muestra 83	2,38 ^a

¹ Letras diferentes indican diferencia significativa.

De la comparación de rangos realizado para el atributo sabor, observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por ello todos los valores de los rangos presentan la misma letra. Sin embargo, la muestra 77 (Testigo) y la muestra 79 (Tratamiento 10% de sustitución) son los que tuvieron los mayores valores del rango.

4.3.4. Atributo textura.

En los Cuadros 22 y 23 se muestra el análisis de varianza por rangos de Friedman y la respectiva prueba de Friedman para el atributo textura.

Cuadro 22: Prueba de Friedman.

N	30
Chi-cuadrado	7,200
Gl	3
Significación (Pv)	0,066

En el Cuadro 22 se observa que no hay diferencia altamente significativa ($Pv > 0,05$) entre los tratamientos para el atributo sabor, lo que se corrobora con el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 23, donde se decide aceptar la hipótesis nula, que consiste en que la distribución de los tratamientos es igual.

Cuadro 23: Análisis de varianza por rangos de Friedman para el atributo textura.

Tratamientos	Hipótesis	Significación	Decisión
T ₀ = 77 Testigo T ₁ = 79 muestra 10% T ₂ = 81 muestra 15% T ₃ = 83 muestra 20%	H ₀ : Las distribuciones de los tratamientos son las mismas.	0.066	Aceptar la hipótesis nula

El nivel de significación es de 0.05.

En el Cuadro 24 se reporta la prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo textura.

Cuadro 24: Prueba de comparación de rangos de Bonferroni para el atributo textura.

Tratamientos	Rango promedio
T ₀ = muestra 77	2,90 ^a
T ₁ = muestra 79	2,57 ^a
T ₂ = muestra 81	2,37 ^a
T ₃ = muestra 83	2,17 ^a

De la comparación de rangos realizado para el atributo textura de los panes, se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por ello todos los valores de los rangos presentan la misma letra. Sin embargo, se puede observar que la muestra 77 (Testigo) y la muestra 79 (Tratamiento 10% de sustitución) son los que tuvieron los mayores valores del rango.

4.4. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LOS PANES ENRIQUECIDOS CON FIBRA AL TRATAMIENTO CON MAYOR ACEPTACIÓN.

En el Cuadro 25 se muestra los resultados del análisis químico proximal realizado a los panes elaborados con el 10% de sustitución (T₁: muestra 79).

Cuadro 25: Análisis químico proximal a los panes elaborados con 10% de sustitución.

Ensayo	Unidades	Resultado
Sólidos totales	%	70.18
Humedad	%	29.82
Proteína	%	8.72
Grasa	%	8.35
Fibra	%	1.13
Fibra dietaria	g/100 g	2.99
Volumen	m ³ /kg	3.65

Fuente: Resultados obtenidos en los laboratorios de la UNALM.

Se observa que la humedad de los panes elaborados con el 10% de sustitución es mucho mayor a lo reportado en la Tabla de Composición de Alimentos para el pan de labranza (17,3%) y pan de molde (20,8%).

El mayor contenido de humedad en los panes elaborados con el 10% de sustitución podría deberse a la pectina contenida en los panes provenientes de la harina de cáscara de cacao, toda vez que la pectina presenta propiedades de retención de humedad.

En cuanto al contenido proteico, los panes elaborados con el 10% de sustentación presentan valores cercanos a lo reportado en la Tabla de Composición de Alimentos para el pan de labranza (9,60%) y pan de molde (6,80%).

El contenido fibra dietaria para los panes elaborados con el 10% de sustitución presentan valores de 2,99 g/100 g de muestra, superiores a lo reportado en el Cuadro de Composición de Alimentos para el pan de labranza (0 g) y pan de molde (2,4 g), lo que nos indica que el pan elaborado con harina de cáscara de cacao, ha hecho que se incremente en cuanto al contenido de fibra, respecto a los panes molde y labranza. De la misma forma con la tabla de composición de alimentos para el pan molde fue de (6g) siendo este valor menor al pan elaborado con 10% de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de cacao.

En el Cuadro 26 se muestra la característica sensorial de los panes elaborados con el 10% de sustitución.

Cuadro 26: Característica sensorial de los panes de la muestra 79 o T1.

Ensayo	Resultado
Color	Corteza dorada Miga marrón claro
Textura	Suave al comprimir con los dedos

Fuente: Resultados realizados en los laboratorios de la UNALM.

Observamos que la corteza dorada es propia de productos de panificación, debido al pardeamiento no enzimático ocurrido durante proceso de horneado (alta temperatura).

En el Cuadro 27 se reporta los resultados del análisis microbiológico realizado a los panes elaborados con el 10% de sustitución (muestra 79).

Cuadro 27: Análisis microbiológico de los panes de la muestra 79 o T1.

Ensayo	Unidades	Resultado
Numeración de mohos	UFC/g	< 10
Numeración de <i>E. coli</i>	NMP/G	< 3
Numeración de <i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	< 10x10 Estimado

Fuente: Resultados realizados en los laboratorios de la UNALM.

Se observa que los resultados de la muestra analizada, en cuanto a la numeración de mohos, *E. coli* y *Bacillus cereus* estos cumplen con la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (MINSa, 2010).

V. CONCLUSIONES.

De la realización del presente estudio se pueden destacar las siguientes conclusiones:

1. La densidad aparente de los panes está entre $0,241267 \pm 0,0033 \text{ g/cm}^3$ y $0,257333 \pm 0,0038 \text{ g/cm}^3$. Siendo los tratamientos T_0 y T_1 los que tienen menor densidad y ofrecen mejores características en cuanto a volumen del pan, siendo el volumen para los panes del T_1 : $119,67 \text{ cm}^3$ y para el T_0 : $121,67 \text{ cm}^3$.
2. Respecto al color del pan, las muestras que presentaron las mejores tendencias de coloración característico de un pan fueron los tratamientos T_0 (L^* : 97,7067, a^* : -0,30 y b^* : 2,95333) y T_1 (L^* : 83,7533, a^* : 8,35667 y b^* : 31.6467) según sus parámetros.
3. Respecto a la textura de los panes, los valores de fuerza fluctuaron entre $0,7236 \pm 0,0368 \text{ kN}$ y $0,9165 \pm 0,0619 \text{ kN}$, a mayor porcentaje de sustitución se incrementa mayor el valor de la textura, los tratamientos T_0 (Muestra 77) y T_1 (Muestra 79), fueron los que presentaron valores menores, indicadores de suavidad, por consiguiente, mejores texturas.
4. Los tratamientos que tuvieron mayor aceptación fueron el T_0 (Testigo) y el T_1 (10% de harina de cáscara de cacao), cuyos valores promedio fueron, para el color: 4.10 – 3.63, aroma: 4.03 – 3.67, sabor: 3.87 – 3.77 y textura: 4.07 – 3.70, que representan BUENA aceptación.
5. Los panes enriquecidos con harina de cáscara de cacao y que tiene mejor aceptación fue el Tratamiento T_1 (10 %). El análisis de químico proximal del tratamiento con 10% de harina de cáscara de cacao fue de sólidos totales 70,18%, humedad 29,82, proteína 8,72%, grasa 8,35, fibra dietaria 2,99 g/100g, fibra 1,13%.

VI. RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda lo siguiente:

- 1.** La elaboración de panes utilizando como sustituto harina de cáscara de cacao al 10% de sustitución en harina de trigo.
- 2.** Replicar el presente trabajo de investigación en la elaboración de panes, utilizando harinas obtenidas a partir solo del mesocarpio de la cáscara del cacao.
- 3.** Desarrollar trabajos de investigación utilizando otras cáscaras de frutas y hortalizas por su gran contenido de fibra y vitaminas que estas poseen.
- 4.** Realizar un análisis económico del costo de producción en la elaboración de panes con sustitución parcial de trigo con harina de cáscara de cacao.

VII. LITERATURA CONSULTADA.

- Arteaga, P. y Silva, A. 2015. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L) por harina de tarwi (*Passiflora edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes. Chimbote. Perú. Universidad Nacional del Santa.
- Astete, K. 2019. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L) por la mezcla de harina de sachapapa morada (*Dioscorea trifida* L) y harina de soya (*Glycine max* L.) en la elaboración de panes en Pucallpa. Pucallpa. Perú. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Ucayali.
- Cerna, B. 2007. Agrotecnia sostenible. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Consultado ene. 23 de 2022. Disponible en: <http://www.upao.edu.pe/fondoeditorial/pdf/agrotecnia.pdf>
- Cobaquil Gómez, L. C. 2014. Diseño de investigación en la determinación del balance de masa y energía en la panificadora la corona como herramienta de ingeniería para aumentar la productividad. Tesis Ing. Química. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado 27 ene 2022. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1466_Q.pdf
- CODEX. 1985. Norma del codex para la harina de trigo. Codex Alimentarius. ESTAN 152.
- Condor Conde, A. E. 2013. Evaluación del efecto del enriquecimiento con lactosuero y puré de alcachofa (*Cynara scolymus*) en el contenido proteico y grado de aceptabilidad del pan. Tesis Ing. Alim. Huancayo, Perú. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2671>
- Dostert, Roque, Cano, La Torre y Weiend. 2012. Hoja botánica: cacao. Primera edición. Ed. Giacomotti Comunicación gráfica S.A.C. Lima. Perú.

- El Comercio. 2014. El cacao CCN 51 paso de patito feo a cisne de la producción ecuatoriana. Diario. Recuperado de:
http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios_cacao-ccn-51-paso-dehtml.
- García, L. 2011. Estudio agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután y California del departamento de Usulután en el Salvador. Tesis. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antiguo Cuscatlán.
- González, A. 2019. Elaboración de pan especial con adición de pasta de cacao, con características de un alimento funcional en Pucallpa. Pucallpa. Perú. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Ucayali.
- Ibáñez Peña, A. 2014. Constatación del cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la elaboración de pan de labranza en las panaderías de la ciudad de Huancabamba durante el periodo enero – agosto 2014, mediante la Norma Técnica Sanitaria NTS 088-Minsa/DIGESA- C . I. Aprobada por RM N° 1020 – 2010. Tesis Ing. Agroind. Piura, Perú. Disponible en:
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/664>
- León, J. V. 2014. Elaboración y control de calidad de pan enriquecido con fibra de cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*) y espinaca (*Spinacea oleracia*). Retrieved from.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3733/1/56T00476%20UDCTFC.pdf>
- Mesas, J. M.; Alegre, M. T. 2002. El pan y su proceso de elaboración. Reynosa, México. Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1135-8122. Vol. 3, No. 5, pp. 307-313. Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/11358120209487744>

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2016. Estudio del cacao en el Perú y el mundo. Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015. Lima. Perú.
- MINSA (Ministerio de Salud). 2010. Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de panificación, Galletería y Pastelería. RM N° 1020-2010/MINSA. Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud. 51 p.
- Mora, A., Ruano, T. 2012. Incidencia de la masa OCA (*Oxalis tuberosa*) como sustituto parcial de la harina de trigo (*Triticum sp*) para la elaboración de pan dulce. Tesis Ing. Agroindustrial, Ibarra, Ecuador. Escuela técnica del Norte. Disponible en:
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2132>
- Murillo, B. 2018. Características fisicoquímicas, sensoriales y compuestos bioactivos de galletas dulces elaboradas con harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis doctorado. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima. Perú.
- Pacheco-Delahaye, E., & Testa, G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. Asociación interciencia.
- SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje, Colombia). 1985. Balanceamiento de fórmulas. Bogotá, Colombia. Dirección General Subdirección técnico – pedagógica. p. 5-22.
- Silva, C. 2016. Elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo. Guayaquil. Ecuador. Universidad de Guayaquil.
- Velásquez, M. y Obando, L. 2017. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soya en la elaboración de pan molde. Chimbote. Perú. Universidad Nacional del Santa.

- Veloz, E. M. 2010. Evaluación del potencial nutritivo y nutracéutico de donas elaboradas con una mezcla de harina de quinua (*Chenoponium quinoa willd*) y harina de trigo (*Triticum aestivum*).
- Villamizar, J. 2016. Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN 51.
- Villar, J.; Espinoza, S. & Espinal, R. 2014. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote (*Ipomoea batatas* var. Bush buck) en las características físicos-químicas y sensoriales del pan blanco. Zamorano. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana.
- Villarroel, M.; Acevedo, C. & Yañez, E. 2003. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Scielo*.
- Yupa, M. 2013. Elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan.

VIII. ANEXO.

Cuadro 1A: Evaluación de los atributos COLOR y SABOR de los panes enriquecidos con fibra de cáscara de cacao.

PANELISTA	COLOR				AROMA			
	77	79	81	83	77	79	81	83
1	1	1	1	1	3	3	3	3
2	3	3	3	3	2	4	3	3
3	5	4	4	3	4	3	4	4
4	4	3	4	4	3	3	3	3
5	5	3	4	3	2	5	4	5
6	5	3	4	3	3	4	3	5
7	4	4	4	4	4	4	3	4
8	4	4	4	3	4	3	4	4
9	4	4	4	4	4	5	4	4
10	5	4	3	4	5	3	3	5
11	5	4	4	3	5	4	3	2
12	4	4	2	3	3	5	4	4
13	4	4	3	2	3	3	4	4
14	3	4	2	3	4	2	3	2
15	5	3	4	2	5	2	2	2
16	5	3	4	5	5	4	3	5
17	5	4	3	3	5	5	4	4
18	3	3	3	3	4	3	3	4
19	5	1	2	2	4	1	2	3
20	3	4	4	3	5	5	5	5
21	4	4	3	3	3	4	4	3
22	4	4	3	3	4	3	4	4
23	4	3	4	2	4	4	4	4
24	4	3	3	4	5	4	4	4
25	4	5	5	5	5	4	5	5
26	4	4	3	4	4	3	4	4
27	4	3	4	4	4	3	3	4
28	5	4	3	3	5	3	3	4
29	5	5	5	5	4	4	5	5
30	3	5	4	3	4	4	4	3

Cuadro 2A: Evaluación de los atributos SABOR y TEXTURA de los panes enriquecidos con fibra de cáscara de cacao.

PANELISTA	SABOR				TEXTURA			
	77	79	81	83	77	79	81	83
1	1	1	1	2	1	1	4	4
2	3	4	4	3	3	4	5	4
3	4	5	4	4	5	4	4	4
4	5	3	4	3	4	4	5	3
5	3	3	3	2	4	4	4	2
6	4	3	3	3	3	4	3	3
7	4	5	5	4	3	4	3	4
8	4	4	4	4	4	3	3	4
9	4	4	4	5	5	4	4	4
10	4	3	4	4	5	3	3	4
11	5	4	3	2	5	3	3	1
12	4	3	3	4	5	5	2	4
13	4	4	3	3	4	3	3	4
14	2	4	4	4	3	4	3	4
15	5	3	3	2	5	4	4	3
16	4	1	5	4	4	2	4	5
17	5	3	2	3	5	3	4	3
18	3	4	3	4	3	4	3	3
19	4	4	4	4	5	2	2	1
20	4	4	4	3	4	4	4	4
21	4	4	3	2	4	4	2	3
22	4	4	5	5	4	3	4	3
23	5	4	4	3	4	4	3	3
24	3	4	4	4	4	4	4	3
25	5	4	5	5	5	4	5	5
26	4	4	4	4	4	3	3	4
27	4	4	4	5	4	5	4	3
28	5	4	4	4	5	4	4	2
29	3	5	4	5	4	5	5	5
30	3	4	4	4	4	5	4	3

Cuadro 3A. Parámetros descriptivos de los tratamientos.

Tratamientos	Media	Mediana	Varianza	Desviación	Mínimo	Máximo	Rango
Color							
Testigo	4,1000	4,0000	0,852	0,92289	1,00	5,00	4,00
Sustitución 10%	3,6333	4,0000	0,723	0,85029	1,00	5,00	4,00
Sustitución 15%	3,3667	3,0000	0,792	0,88992	1,00	5,00	4,00
Sustitución 20%	3,1333	3,0000	0,809	0,89955	1,00	5,00	4,00
Aroma							
Testigo	4,0333	4,0000	0,654	0,80872	2,00	5,00	3,00
Sustitución 10%	3,6667	4,0000	0,713	0,84418	2,00	5,00	3,00
Sustitución 15%	3,5667	4,0000	0,599	0,77385	2,00	5,00	3,00
Sustitución 20%	3,8000	4,0000	0,993	0,99655	1,00	5,00	4,00
Sabor							
Testigo	3,8667	4,0000	0,878	0,93710	1,00	5,00	4,00
Sustitución 10%	3,7667	4,0000	0,668	0,81720	1,00	5,00	4,00
Sustitución 15%	3,6333	4,0000	0,861	0,92786	1,00	5,00	4,00
Sustitución 20%	3,6333	4,0000	0,999	0,99943	1,00	5,00	4,00
Textura							
Testigo	4,0667	4,0000	0,823	0,90719	1,00	5,00	4,00
Sustitución 10%	3,7000	4,0000	0,907	0,95231	1,00	5,00	4,00
Sustitución 15%	3,6000	4,0000	0,662	0,81368	2,00	5,00	3,00
Sustitución 20%	3,4000	4,0000	1,076	103,724	1,00	5,00	4,00

Cuadro 4A: Pruebas de normalidad.

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Color Testigo	0,257	30	0,000	0,796	30	0,000
Sustitución 10%	0,300	30	0,000	0,828	30	0,000
Sustitución 15%	0,228	30	0,000	0,881	30	0,003
Sustitución 20%	0,259	30	0,000	0,893	30	0,006
Aroma Testigo	0,250	30	0,000	0,845	30	0,000
Sustitución 10%	0,220	30	0,001	0,873	30	0,002
Sustitución 15%	0,246	30	0,000	0,860	30	0,001
Sustitución 20%	0,280	30	0,000	0,858	30	0,001
Sabor Testigo	0,290	30	0,000	0,837	30	0,000
Sustitución 10%	0,379	30	0,000	0,738	30	0,000
Sustitución 15%	0,287	30	0,000	0,860	30	0,001
Sustitución 20%	0,276	30	0,000	0,876	30	0,002
Textura Testigo	0,271	30	0,000	0,798	30	0,000
Sustitución 10%	0,290	30	0,000	0,858	30	0,001
Sustitución 15%	0,288	30	0,000	0,856	30	0,001
Sustitución 20%	0,252	30	0,000	0,879	30	0,003

Cuadro 5A: Valores de peso, volumen y densidad de cada tratamiento.

	Peso (g)			Volumen (mL)			Densidad (g/mL)		
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃
T₀	29.3900	29.3545	29.3125	120	122	123	0.2449	0.2406	0.2383
T₁	29.1700	29.1886	29.0691	120	121	118	0.2431	0.2412	0.2463
T₂	29.4808	29.0763	29.1466	115	117	114	0.2564	0.2485	0.2557
T₃	29.0297	29.0823	29.1138	112	115	112	0.2592	0.2529	0.2599

Cuadro 6A: ANOVA para DENSIDAD por TRATAMIENTO.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
Tratamientos	0.00053897	3	0.000179657	13.86	0.0016
Error Experimental	0.000103707	8	0.0000129633		
Total	0.000642677	11			

Cuadro 7A: Medias para DENSIDAD por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.

Tratamiento	Casos	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
T ₀	3	0.241267	0.00207873	0.236561	0.245972
T ₁	3	0.243533	0.00207873	0.238828	0.248239
T ₂	3	0.253533	0.00207873	0.248828	0.258239
T ₃	3	0.257333	0.00207873	0.252628	0.262039
Total	12	0.248917			

Cuadro 8A: Verificación de Varianza.

	Prueba	Pv
Levene's	0.0520754	0.983195

Cuadro 9A: Pruebas con el colorímetro.

Tratamiento	Parámetros colorimétricos		
	L*	a*	b*
T ₀	97.98	-0.19	3.71
	98.00	-1.53	2.16
	97.14	0.82	2.99
T ₁	83.81	8.09	31.54
	82.50	8.67	31.31
	84.95	8.31	32.09
T ₂	60.79	22.50	42.26
	60.32	26.10	43.89
	58.71	24.68	42.84
T ₃	51.95	27.05	42.32
	52.92	27.50	44.99
	51.26	26.08	43.93

Cuadro 10A: Medias para L por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.

Tratamiento	Casos	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
T ₀	3	97.7067	0.549947	96.3538	99.0595
T ₁	3	83.7533	0.549947	82.4005	85.1062
T ₂	3	59.94	0.549947	58.5872	61.2928
T ₃	3	52.0433	0.549947	50.6905	53.3962
Total	12	73.3608			

Cuadro 11A: Valores para L por TRATAMIENTO.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
Tratamientos	4005.83	3	1335.28	1471.66	0.0000
Error Experimental	7.2586	8	0.907325		
Total	4013.09	11			

Cuadro 12A. Verificación de Varianza.

	<i>Prueba</i>	<i>Pv</i>
Levene's	0.371774	0.77575

Cuadro 13A: Medias para a por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.

Tratamiento	Casos	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
T ₀	3	-0.3	0.663965	-1.93332	1.33332
T ₁	3	8.35667	0.663965	6.72335	9.98999
T ₂	3	24.4267	0.663965	22.7933	26.06
T ₃	3	26.8767	0.663965	25.2433	28.51
Total	12	14.84			

Cuadro 14A: ANOVA para a por TRATAMIENTO.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
Tratamientos	1524.12	3	508.039	384.14	0.0000
Error Experimental	10.5804	8	1.32255		
Total	1534.7	11			

Cuadro 15A: Verificación de Varianza.

	Prueba	Pv
Levene's	1.12989	0.393331

Cuadro 16A: Medias para b por TRATAMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%.

Tratamiento	Casos	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
T ₀	3	2.95333	0.520603	1.67268	4.23399
T ₁	3	31.6467	0.520603	30.366	32.9273
T ₂	3	42.9967	0.520603	41.716	44.2773
T ₃	3	43.7467	0.520603	42.466	45.0273
Total	12	30.3358			

Cuadro 17A: ANOVA para b por TRATAMIENTO.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
Tratamientos	3275.0	3	1091.67	1342.63	0.0000
Error Experimental	6.50467	8	0.813083		
Total	3281.5	11			

Cuadro 18A: Verificación de Varianza.

	Prueba	Pv
Levene's	0.65531	0.60189

Determinación de la dureza del pan con el Texturómetro Brookfield CT3

Para determinar la dureza de las muestras, previamente se realizaron rebanadas individuales de 25 mm de espesor de cada pan. Las rodajas fueron cortadas con un cuchillo especial para el pan, se eliminó una rebanada por cada muestra, pero no las costras. La prueba se realizó con una sonda cilíndrica de 38,1 mm de diámetro y posteriormente se configura el test, en modo normal a una velocidad de ensayo de 2 mm / s, y una distancia de 10 mm, con una carga inicial de 0,05 N. La muestra se sometió entonces a 40% de deformación y la carga de compresión a 25% de deformación; los registros se hicieron en Newton.

Cuadro 19A: Resumen estadístico para la textura del pan.

Tratamiento	Recuento	Promedio	Varianza	SD	SE	Rango
T ₀ – 0% de sustitución	3	0.72360	0.001354	0.03680	0.021246	0.0736
T ₁ – 10% de sustitución	3	0.81713	0.004727	0.06876	0.039698	0.1374
T ₂ – 20% de sustitución	3	0.87520	0.002569	0.05069	0.029264	0.1000
T ₃ – 30% de sustitución	3	0.916467	0.003835	0.06193	0.035756	0.1146
Total	12	0.83310	0.0079881	0.08938	0.025802	0.2734

Cuadro 20A: ANOVA para Textura por Tratamiento.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M	Fc	Pv
Tratamientos	0.0629028	3	0.0209676	6.72	0.0141
Error Experimental	0.024973	8	0.00312163		
Total	0.0878758	11			

Cuadro 21A: Verificación de Varianza.

	Prueba	Pv
Levene's	0.163238	0.91814



Figura 1A: Recolección de materia prima.



Figura 2A: Elaboración de harina de cáscara de cacao.



Figura 3A: Elaboración de panes.



Figura 4A: Prueba sensorial a los panelistas.



Figura 5A: Análisis físicos del pan.