

FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**ELABORACIÓN DE PAN BRIOCHE CON SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR MASA Y HARINA DE
SACHAPAPA (*Dioscorea trifida*).**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

KEYLA DENISSE ASTONITAS FERNANDEZ

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2019

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 10 de enero de 2019, a horas 4:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **ASTONITAS FERNANDEZ, Keyla Denisse**, titulada:

"ELABORACIÓN DE PAN BRIOCHE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR MASA Y HARINA DE SACHAPAPA (*Dioscorea trifida*)"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia la Bachiller, queda apta para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 23 de enero de 2019


Mg. Jorge Enrique Castro Gracey
Presidente




Ing. José Antonio Blas Matienzo
Miembro


Ing. Williams Vicente Roldán Carbajal
Miembro


Ing. Alfredo Abelardo Carmona Ruíz
Asesor

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la fe y fortaleza para perseverar y culminar mi carrera.

A mis padres JUAN ASTONITAS ESTELA Y MARÍA IRMA FERNÁNDEZ LINARES, mi eterna gratitud y respeto, de quienes siempre estaré orgullosa, que con mucho sacrificio me apoyaron en mis estudios, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mis hermanas YULISA ELIZABETH ASTONITAS FERNANDEZ, LEIDY ASTONITAS FERNANDEZ, KELSSEY ASTONITAS FERNANDEZ por su cariño y confianza que me brindaron en todo momento, y a dos seres especiales a mi sobrina MELANY y a LUKAS por llenar mi vida de alegría y travesuras.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser mi alma mater.

A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y a los maestros que impartieron sus conocimientos durante toda mi etapa estudiantil superior y a todos los docentes de la carrera.

Al Ing. Alfredo Abelardo Carmona Ruíz, Asesor por su apoyo en la conducción del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Víctor Condori, Coasesor a quien le agradezco por su apoyo y colaboración.

A la Biblioteca Central de la UNAS, al jefe, al director y personal de apoyo por su contribución en la recopilación de información.

A los jefes y personal técnico de los Laboratorios de Ingeniería de Alimentos, a los docentes de la FIIA, por su apoyo en el uso de equipos y materiales.

Al personal administrativo de la FIIA, por su apoyo durante el tiempo que pase en mis estudios.

A mis compañeros de promoción y a todos los alumnos de la FIIA, por compartir tiempo y espacio durante mi permanencia.

A todas aquellas personas que contribuyeron en mi formación y superación profesional.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Trigo	4
2.3 Harina	5
2.4 Sacha papa.....	6
2.4.1 Composición química	8
2.4.2 Harina de Sachapapa	8
2.5 Normas Peruanas sobre panificación.....	11
2.6 Proceso de producción de pan.....	11
2.6.1 Pesado	11
2.6.2 Mezclado	12
2.6.3 Amasado	12
2.6.4 Boleado	12
2.6.5 Reposado.....	13
2.6.6 Formado.....	13
2.6.7 Cortado.....	13
2.6.8 Fermentado	13
2.6.9 Horneado.....	13

2.6	Análisis de superficie respuesta	14
III.	MATERIALES Y METODOS	15
3.1	Lugar de ejecución.....	15
3.2	Materia prima e insumos.....	15
3.2.1	Materia Prima	15
3.2.2	Insumos.....	15
3.3	Materiales	16
3.3.1	Materiales de laboratorio	16
3.3.2	Materiales y equipos de procesamiento.....	17
3.3.3	Reactivos y soluciones	17
3.4	Métodos de análisis	18
3.4.1	Análisis de la variedad de sachapapa.....	18
3.4.2	Análisis en las pruebas preliminares.....	18
3.4.3	Análisis durante el proceso.....	19
3.4.4	Análisis al final del proceso	20
3.4.5	Análisis en las pruebas definitivas	20
3.5	Metodología experimental.....	21
3.5.1	Caracterización de las materias primas	21
3.5.2	Pruebas preliminares.....	22
3.5.3.	Pruebas definitivas	23
3.5.4.	Caracterización del producto terminado	24

3.6	Diseño experimental	27
3.6.1	Caracterización de la materia prima	27
3.6.2.	Pruebas preliminares	27
3.7.	Análisis estadístico	30
3.7.1.	Para las pruebas preliminares	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1	Caracterización fisicoquímica.....	32
4.2	Pruebas preliminares	34
4.3	Evaluación los porcentajes de sustitución para establecer el tiempo de amasado y fermentación óptimos	35
4.3.1	Evaluación del incremento de volumen de la masa (mL)	37
4.3.2	Evaluación del incremento de la temperatura de fermentación--	39
4.3.3	Evaluación del porcentaje de humedad, peso y volumen final	40
4.4	Evaluación de las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado.	42
4.4.1	Características organolépticas.....	42
4.4.2	Análisis fisicoquímico y microbiológico del producto terminado	44
4.5	Proceso de elaboración del pan brioche y su balance de materia	45

4.5.1	Proceso productivo definitivo	45
4.5.2	Balance de materia y rendimiento	48
4.6	Costos de producción y punto de equilibrio.....	49
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	55
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
VIII.	ANEXOS.....	62

INDICE DE CUADROS

	Página
1. Composición química del trigo y harina de trigo fortificada en 100g.....	7
2. Composición en 100g de Sachapapa.....	9
3. Cantidad requerida de insumos para elaborar pan brioche	22
4. Análisis químico proximal de la masa de dos variedades de sachapapa en g por 100g de materia seca.....	32
5. Análisis químico proximal de la harina de dos variedades sachapapa en g por 100g de materia seca.....	33
6. Optimización de la mejor variedad, tipo sustitución y porcentaje de sustitución, obtenidas mediante superficie respuesta	34
7. Optimización del incremento de volumen de la masa en mililitros durante cuatro tiempos de evaluación.....	37
8. Optimización del incremento de temperatura de fermentación durante cinco tiempos de evaluación	39
9. Análisis de superficie respuesta para la humedad, peso y volumen final del pan.....	42
10. Análisis de superficie respuesta para los atributos sensoriales del pan	43
11. Análisis fisicoquímico y microbiológico del pan con sachapapa	44
12. Cantidad requerida de ingredientes para elaborar pan brioche con sachapapa	47

13. Balance de materia del proceso de elaboración de pan brioche con sachapapa.....	49
14. Costos fijos	50
15. Costos variables	51

INDICE DE FIGURAS

	Páginas
1. Elaboración de harinas precocidas de ambas variedades de sachapapa	10
2. Diagrama de flujo tentativo para la elaboración del pan con harina y masa de dos variedades de sachapapa.....	23
3. Diseño experimental para optimizar la elaboración de pan en base a la variedad de sachapapa, tipo y porcentaje de sustitución.	28
4. Diseño experimental para optimizar los parámetros de amasado y fermentado del pan con sustitución parcial de harina de trigo según variedad, tipo y porcentaje de sustitución.	29
5. Análisis de superficie respuesta para el atributo color, (1) efectos principales (2) superficie respuesta y (3) contorno de superficie respuesta.....	36
6. Análisis de superficie respuesta del incremento de volumen de la masa al inicio, (1) efectos principales (2) superficie respuesta y (3) contorno de superficie respuesta.....	38
7. Análisis de superficie respuesta, (1) peso (2) volumen y (3) humedad	41
8. Flujograma definitivo para elaborar pan con sustitución de harina de trigo con masa cocida de sachapapa.....	46
9. Punto de equilibrio	53

RESUMEN

La presente investigación consistió en estudiar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por masa y harina de las variedades de sachapapa “Blanca” y “Morada”, en la elaboración de pan brioche. Para la fase experimental se utilizó un Diseño Completo al Azar con tres factores AxBxC, con tres repeticiones por tratamiento, con un total de 12 tratamientos y 36 unidades experimentales, para determinar el porcentaje de sustitución, tiempo de amasado y tiempo de fermentado; evaluándose el peso, volumen, color, aroma, textura, miga, sabor y aceptabilidad; estableciéndose que el mejor tratamiento fue el de 15% de sustitución de masa cocida de papa variedad “blanca”, amasado durante 20 minutos y fermentado durante 25 minutos.

Palabras claves: harina, trigo, tubérculos, harina de trigo, productos de trigo.

ABSTRACT

The present research consisted of studying the effect of the partial substitution of flour from white and purple indian yam varieties in place of wheat flour, by weight, in the elaboration of brioche bread. For the experimental phase a completely randomized design with three factors A x B x C was used, with three repetitions per treatment, with a total of twelve treatments and thirty six experimental units, in order to determine the substitution percentage, time of kneading and fermentation time. The weight, volume, color, aroma, texture, crumb, flavor and accpetability were evaluated; establishing that the best treatment was that of 15% substitution by cooked weight of the white variety, kneading for twenty minutes and fermenting for twenty five minutes.

Keywords: flour, wheat, tubers, wheat flour, wheat products

I. INTRODUCCIÓN

La sachapapa (*Dioscorea trifida*) es un alimento amazónico, envidiable desde el punto de vista de su transformación industrial. Actualmente estamos subutilizando esta materia prima y no se está desarrollando técnicas de preservación y transformación, también falta darle valor agregado en diversos productos para su comercialización, desarrollando productos nuevos y únicos, con peculiaridades originales.

El alto consumo en productos elaborados por la industria de la panificación y pastelería a nivel nacional es una razón para el desarrollo nuevos alimentos, contribuyendo en la alimentación, nutrición y reducción de costos de producción al utilizar tubérculos como la sachapapa. Por ejemplo, desde el punto de vista nutricional, podríamos utilizar la sachapapa por su alto contenido de calorías (ACEVEDO MERCADO *et al.*, 2015), por alimento funcional debido a su contenido de antioxidantes (RAMOS-ESCUADERO, MUÑOZ, *et al.*, 2010) además el uso de almidones no convencionales como los aislados de raíces y tubérculos podría proporcionar opciones para extender el espectro de propiedades funcionales deseadas, necesarias para el desarrollo de productos alimenticios de valor agregado. Debido a la gran demanda de alimentos básicos, se ha pronosticado incremento en su consumo en un 58% (de 232 TM a 635 TM), entre 1993 y 2020 (PÉREZ *et al.*, 2013).

En esta investigación se ha estudiado la incidencia de incorporación de dos variedades de sachapapa (blanca y morada), con porcentajes de 15, 20 y 25% como sustituto parcial en el proceso de elaboración de pan brioche. Realizada la sustitución se evaluaron las características organolépticas para determinar la mejor formulación, para luego estudiar el proceso de elaboración, las propiedades físicas y el análisis microbiológico. Por tales motivos se planteó los siguientes objetivos:

Estudiar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por masa y harina de sachapapa en el proceso de elaboración de pan brioche.

- Evaluar los porcentajes de sustitución para establecer el tiempo de amasado y fermentación óptimos.
- Evaluar las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas de los mejores tratamientos del producto.
- Estudiar el proceso de elaboración del pan brioche y su balance de materia.
- Determinar los costos de producción y punto de equilibrio.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes

Se sustituyó parcialmente harina de harina de trigo por harina de tapioca, determinando el valor nutricional y análisis sensorial. Se concluyó que la proporción de 50:50 dio mejores resultados respecto a otras proporciones (CHIRINOS *et al.*, 2017).

Se evaluaron panes elaborados por sustitución parcial a 25 y 50% de harina de trigo convencional por harina integral de arroz (*Oryza sativa*, L), determinando sus propiedades tecnológicas, nutricionales y sensoriales (MELLADO y HAROS, 2016).

Se calculó el nivel máximo de sustitución de la harina de trigo con harina de papa parda pastusa (*Solanum tuberosum*), como una alternativa para la elaboración de productos de panadería. Los resultados demostraron diferencias estadísticas específicas en el color, sabor y textura entre los panes al 10,20 y 30% de sustitución.(CERÓN *et al.*, 2011).

GIL *et al.* (2011), elaboraron un producto de panadería con diferentes mezclas de harina de banano verde con cáscara y harina de trigo. Se utilizó una fórmula convencional a partir de diferentes mezclas (10 a 16%); la mejor mezcla se eligió empleando un diseño experimental basado en mezclas de

vértices extremos, que obedece principalmente a la sustitución adecuada de harina de trigo por harina de banano verde con cáscara.

PASCUAL y ZAPATA (2010), analizaron la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha de la variedad Óscar Blanco en la elaboración de pan, plantearon diez tratamientos que involucraron dos métodos de panificación (directo, esponja y masa) con cinco niveles de sustitución (5%, 10%, 15% y 20%), incluyendo el testigo. Los resultados revelaron que el pan preferido se logró con el método esponja y masa para un nivel de sustitución del 10%.

2.2 Trigo

Desde hace mucho tiempo, el trigo se considera como un cultivo importante y se encuentra entre los granos más consumidos en todo el mundo. *Triticum aestivum L.* y *Triticum vulgare L.* son cereales pertenecientes a la familia Gramineae (Poaceae), El grano de trigo es ovalado y tiene un color que va del blanco al rojo. Botánicamente, el grano de trigo no es una semilla, sino una fruta particular, una cariósida. Su longitud varía de 7 a 9 mm, su ancho varía de 3 a 4 mm y tiene un grosor de 4 a 5 mm. Generalmente, su peso puede variar de 30 a 50 mg e incluye tres partes esenciales: envoltura (13 - 16% del peso total del grano), almendra harinosa (82 - 84% del peso total del grano) y el germen (2 - 3% del peso total del grano) (AMESSIS *et al.*, 2017).

El término latín *triticum*, significa quebrado, y hacen referencia a la eliminación de la cascarilla. Es un cereal ancestral y tenía un vínculo religioso en Europa y Medio Oriente, como el amaranto en los aztecas (BADUI, 2012),

sus granos son utilizados principalmente para la elaboración de harinas destinadas al consumo humano (MARTINEZ *et al.*, 2014).

Según BADUI (2012), el salvado representa el 13% del grano y está formada especialmente por celulosa y hemicelulosa, abundantes en vitaminas del grupo B, magnesio, fósforo y potasio; el germen representa el 4% del grano, contiene el material genético y reúne los lípidos, incluido la vitamina E, enzimas, y endospermo que es la reserva a base de almidón y proteínas (gluten) equivalente a 83% del grano.

La demanda de trigo requiere de calidad y adecuada aptitud industrial y no sólo interesa la cantidad de proteína en los granos sino también su calidad. Para conocer la aptitud industrial se realizan análisis de laboratorio que definen la calidad de un trigo y así se pueden satisfacer las necesidades de los diferentes eslabones de la cadena comercial (SALOMÓN *et al.*, 2013).

2.3 Harina

Producto que resulta de la molienda del grano limpio de trigo (*Triticum vulgare*, *triticum durum*) con o sin separación parcial de la cáscara (ITINTEC, 1986).

La harina es el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o la mezcla de ellos mediante la molienda en donde se separa parte del salvado y del germen, el resto se muele hasta un grado adecuado de finura (ALIMENTARIUS, 1985).

La harina de trigo tiene componentes que ayudan a la formación de masas (proteína - gluten) cuando se unen al agua originan una masa

consistente; debido al incremento de volumen del gluten; cuyas características están dadas por la elasticidad, retención de gases y mantenimiento de la forma facilitando la fabricación del pan. las proteínas y el almidón tienen una influencia sobre las propiedades funcionales del pan. La relación proporcional de amilosa - amilopectina y la estructura molecular crean las características reológicas y funcionales del almidón. La retrogradación del almidón y la formación de geles en dispersiones acuosas o soluciones son aprovechados por la industria alimentaria y también son causas de deterioro de los productos, identificados en cambios de textura en el proceso de elaboración (MONTROYA *et al.*, 2012).

2.4 Sacha papa

Disocorea trifida "sachapapa", especie prominente de la Amazonía, olvidada por la ciencia debido a la escasez de investigaciones (PÉREZ *et al.*, 2013). de origen africano y asiático, monocotiledónea, familia Dioscoreaceae, es un tubérculo. Se mencionan seis géneros, Dioscorea es la más relevante con 600 especies identificadas, existiendo 12 especies comestibles (MERCADO *et al.*, 2015). Las especies de esta familia son empleadas para múltiples propósitos. Los tubérculos de esta familia constituyen un alimento básico para más de 100 millones de personas en los trópicos húmedos y sub húmedos. Asimismo, en la selva alta y baja de nuestra amazonia *Dioscorea trifida* L.f. (PÉREZ *et al.*, 2013).

Las especies más importantes cultivadas para sus tubérculos comestibles incluyen *D. alata*, originaria de Asia, *D. cayenensis* y *D. rotundata*

de África Occidental, y *D. trifida* de América tropical. Solo *D. trifida* es originaria de Sudamérica.

Cuadro 1. Composición química del trigo y harina de trigo fortificada en 100g

Componente	Trigo	Harina de trigo
Energía (kcal)	303,00	354,00
Energía (kJ)	1267,00	1480,00
Agua (g)	11,60	10,80
Proteínas (g)	10,30	10,50
Grasa total (g)	1,90	2,00
Carbohidratos totales (g)	74,70	76,30
Carbohidratos disponibles (g)	62,50	73,60
Fibra cruda (g)	3,00	1,50
Fibra dietaria (g)	12,20	2,70
Cenizas (g)	1,50	0,40
Calcio (mg)	36,00	36,00
Fósforo (mg)	314,00	108,00
Zinc (mg)	2,98	0,70
Hierro (mg)	3,87	5,50
B caroteno (µg)	169,00	-
Vitamina A (µg)	0,00	0,00
Tiamina (mg)	0,42	0,50
Riboflavina (mg)	0,17	0,40
Niacina (mg)	3,89	4,80
Vitamina C (mg)	4,80	1,80

Fuente: REYES *et al.* (2009)

Esta especie se cultiva en la región norte del continente y en el Caribe. Produce un grupo de pequeños tubérculos de 15-20 cm de largo. La carne puede ser blanca, amarilla, rosa o morada. Los tubérculos de estas especies contienen varios nutrientes, que incluyen carbohidratos, aminoácidos, minerales, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico; (MOLLICA *et al.*, 2013).

2.4.1 Composición química

La Amazonía cuenta con recursos en variedades y cantidades, no aprovechados en su totalidad, principalmente debido a los hábitos de consumo y precios en el mercado que entorpecen su aprovechamiento por la población (SIBINA *et al.*, 2001).

2.4.2 Harina de Sachapapa

El análisis de cromatografía gas-líquido en harinas de sachapapa demostraron que contienen alta concentración de aminoácidos y en el análisis de ácidos grasos, se identificaron 11 ácidos grasos saturados, con 12 a 25 átomos de carbono, y cinco ácidos grasos insaturados, con 16, 18 o 20 átomos de carbono. Los ácidos grasos más importantes en este tubérculo son, el ácido palmítico (16: 0), ácido esteárico (18: 0), ácido oleico (18: 1), ácido linoleico (18: 2) y ácido linolénico (18: 3) (KOUASSI *et al.*, 1988). Por otro lado, desde un punto de vista industrial, los almidones de sachapapa cultivadas en Venezuela revelaron un bajo contenido de amilosa, lo cual resulta atractivo

para los procesadores de alimentos debido a sus propiedades funcionales (PÉREZ et al., 2011).

Cuadro 2. Composición en 100g de Sachapapa

Componente	Sacha papa	Sacha papa tubérculo
Energía (kcal)	112,00	141,00
Energía (kJ)	469,00	590,00
Agua (g)	72,20	62,60
Proteínas (g)	1,80	2,70
Grasa total (g)	1,50	0,10
Carbohidratos totales (g)	23,50	33,00
Carbohidratos disponibles (g)	19,40	33,00
Fibra cruda (g)	0,40	-
Fibra dietaria (g)	4,10	-
Cenizas (g)	1,00	1,60
Calcio (mg)	3,00	5,00
Fósforo (mg)	30,00	59,00
Zinc (mg)	0,28	-
Hierro (mg)	0,70	0,30
Vitamina A (µg)	7,00	-
Tiamina (mg)	0,09	0,17
Riboflavina (mg)	0,03	0,03
Niacina (mg)	0,44	-
Vitamina C (mg)	3,10	2,10

Fuente: REYES et al. (2009)

La espectrometría de masas de detección de matriz de diodos de cromatografía de líquidos de alto rendimiento permitió la detección de 12 pigmentos de antocianinas en sachapapa morada. Los compuestos identificados se derivaron de peonidina (Pn), cianidina (Cy) y pelargonidina (Pg) agliconas, la mayoría de ellos con el mismo patrón de sustitución, antocianina 3-acilglucósido-5-glucósido, donde el residuo de acilo consistía en un ácido hidroxicinámico (es decir, ácido ferúlico o ácido p- cúmico). (RAMOS, *et al.*, 2010).

SIBINA *et al.* (2001), reportaron que el rendimiento de harina de sachapapa blanca es 54% y sacha papa morada de 56%, además proponen el siguiente flujograma de operaciones para su extracción.

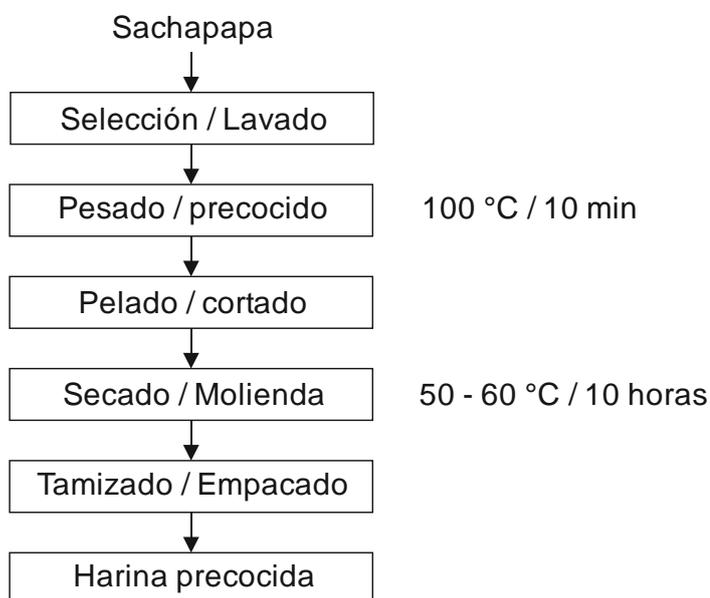


Figura 1. Elaboración de harinas precocidas de ambas variedades de sachapapa

2.5 Normas Peruanas sobre panificación

Según la norma sanitaria nacional, la elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y decretado mediante la R.M. N° 1020-2010/MINSA. Esta norma tiene la finalidad de contribuir a proteger la Salud de los consumidores disponiendo los requisitos sanitarios que deben cumplir los productos de panificación, galletería y pastelería, así mismo aplicar a los establecimientos que los fabrican, elaboran y expenden.

Sus objetivos es el de establecer los principios generales de higiene que deben cumplir los establecimientos donde se elaboran y/o expenden productos de panificación, galletería y pastelería. Así mismo establecer las características de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir los productos elaborados en panaderías, para ser considerados aptos para el consumo humano (RM1020, 2011).

2.6 Proceso de producción de pan

QUAGLIA *et al.*, (1991), indican que, durante el proceso de elaboración, el pan experimenta transformaciones físicas, químicas y biológicas, dándole al producto final sus cualidades nutritivas y organolépticas, describimos el proceso a continuación:

2.6.1 Pesado

Todo proceso de elaboración está sujeta a una formulación, por lo tanto, es muy importante conocer fehacientemente las cantidades indicadas.

2.6.2 Mezclado

La mezcla de harina de trigo, agua, levadura, sal y otros ingredientes especificados en proporciones apropiadas formándose de esta manera la masa del pan. durante el mezclado se da el desarrollo de una estructura de gluten en la masa.

2.6.3 Amasado

El amasado es el desarrollo de la estructura de la masa (gluten) mediante el "trabajo realizado" después de la mezcla inicial. Sin embargo, con varios métodos de panificación, ambos procesos tienen lugar dentro de la misma máquina mezcladora y, por lo tanto, pueden considerarse como uno en lugar de dos procesos. Esto es especialmente cierto en los procesos de masa sin tiempo y alrededor del 90% del pan final está determinado por la mecánica de la mezcla y las reacciones entre los ingredientes que tienen lugar en la batidora.

2.6.4 Boleado

La modificación de la forma de las porciones de masa dividida es común. El boleado somete la masa a tensiones y puede provocar daños en la estructura de burbujas de gas existente, sin embargo, es necesario para que los productos finales sean lisos con presentación y textura final agradables.

2.6.5 Reposado

En esta etapa se desarrolla la maleabilidad de la masa debido a la producción de CO₂ en un proceso de fermentación muy corto.

2.6.6 Formado

Las funciones básicas de esta etapa son dar forma a la masa para que se ajuste al concepto del producto y reorientar la estructura celular.

2.6.7 Cortado

El objetivo del cortado es proporcionar volumen y estética al producto final. Los cortes ayudan a que el calor se extienda a lo largo del producto durante el horneado, contribuyendo al retraso de la solidificación de la corteza.

2.6.8 Fermentado

Las levaduras actúan en los carbohidratos de la masa produciendo dióxido de carbono este es atrapado gracias al gluten formado en la masa en el amasado, la temperatura de fermentación oscila entre 28-32 °C. La enzima zimasa ayuda a la levadura en el proceso de fermentación de azúcares en forma de maltosa, glucosa, levosina y sacarosa, producidas por las enzimas diastásicas (α y β amilasas) de la harina desde el principio del amasado.

2.6.9 Horneado

Cuando el pan concluye el proceso de fermentación es horneado configurando una temperatura en el rango de 190 - 260 °C, la cocción ocurre

en tres fases bien definidas, en la fase inicial la masa sigue fermentando hasta alcanzar los 45 °C, el dióxido de carbono producido y los pequeños glóbulos comienzan a dilatarse por el calor. En la fase intermedia ocurre la formación de alveolos en la miga; paralelamente las enzimas amilásica desdoblan el almidón en dextrinas y maltosas contribuyendo en la caramelización de la corteza. Después de 70°C la masa se gelatiniza perdiendo plasticidad debido a la coagulación del gluten y gelatinización del almidón. También ocurre la evaporación del alcohol causando un incremento de volumen debido a los vapores producidos produciendo un enfriamiento natural dentro del pan. En la última fase la corteza adquiere el color característico del pan por gracias a las dextrinas localizadas en la superficie del producto. La temperatura dentro de la miga nunca supera los 90-100 °C gracias a las reacciones de evaporación de agua y alcohol.

2.6 Análisis de superficie respuesta

Este método es de gran utilidad para optimizar o reformular productos. Su objetivo es reducir costos y optimizar el tiempo de pruebas, disminuyendo el número de pruebas (WHITE *et al.*, 2010). Esta metodología es relevante a la hora de optimizar un proceso, buscando su mejor desempeño, obteniendo proceso robusto. Los procesos robustos son muy reproducibles, debido a la insensibilidad frente a los factores de ruido (DISCIPIO *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de ejecución

Universidad Nacional Agraria de la Selva – UNAS, la universidad se encuentra en la ciudad de Tingo María, capital de la provincia de Leoncio Huánuco Perú, la temperatura media anual es de 25 °C, con 82 % de humedad relativa anual.

3.2 Materia prima e insumos

3.2.1 Materia Prima

Frutos de sachapapa (*Dioscorea trifida*) en estado maduro variedad blanca y morada, se obtuvieron de la parcela del señor Amado Rengifo Guevara ubicado en el centro poblado de San Martin de Púcate, distrito de José Crespo y Castillo, región Huánuco (540 m.s.n.m,) y harina de trigo conseguida en el mercado de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

3.2.2 Insumos

Se utilizaron los siguientes insumos:

- Sacha papa de dos variedades “Blanca” y “Morada”
- Harina de trigo; marca Blanca flor

- Azúcar rubia, marca Casa grande
- Manteca vegetal, marca Nicolini
- Sal, marca Emsal
- Huevos, marca La Calera
- Levadura, marca Royal
- Margarina, marca Negrita
- Mejorador, marca Fleishmann
- Leche fresca
- Agua

3.3 Materiales

3.3.1 Materiales de laboratorio

- Termómetro de 100 °C
- Matraz de erlenmeyer de 250 mL
- Buretas
- Balones de digestión
- Vasos de precipitación de 50, 100 y 250 mL
- Crisoles de porcelana
- Fiolas de 50, 100 y 500 mL
- Vaguetas
- Pipetas graduadas de 2,5 y 10 mL.
- Placas petri
- Embudos de vidrio
- Cubetas de espectrofotómetro entre otros

3.3.2 Materiales y equipos de procesamiento

- Mesa de acero inoxidable
- Cuchillos de acero inoxidable
- Espátulas
- Ollas
- Recipientes de plástico
- Balanza digital marca BEL MG214Ai, Capacidad Max 220 g.
- Cocinas
- Estufa marca Felisa® modelo 133
- Latas para cocción de los panes 65 x 45 cm.
- Amasadora sobadora marca Nova, modelo K.25, de 25kg de capacidad.
- Divisora cortadora manual marca Nova, modelo 30 MP, capacidad: 1-3 kg.
- Cámara fermentadora marca Nova, modelo Max 1000, de 2 coches porta bandejas
- Horno a convección rotativo marca Nova, modelo Max 1000, voltios 220, año 2013
- Tamizador marca TYLER, modelo RX-29-16, 230 voltios

3.3.3 Reactivos y soluciones

Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, ácido clorhídrico (HCl) de 0,1 N, hidróxido de sodio; otros materiales necesarios para análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

3.4 Métodos de análisis

3.4.1 Análisis de la variedad de sachapapa

Químico proximal

- **Humedad:** Por el método de la estufa de aire, N° 23,003 (AOAC, 1997).
- **Cenizas:** Por el método de calcinación, N° 942,50 (AOAC, 1997).
- **Proteínas:** Por el método Kjeldahl, N°921,29 (AOAC, 1997).
- **Lípidos:** Por el método de Soxhlet, N° 948,15 (AOAC, 1997).
- **Fibra:** Método de (HART Y FISHER, 1991).
- **Carbohidratos:** Método de (HART Y FISHER, 1991).

Análisis sensorial

- **Evaluación sensorial:** método por, (ANDALZÚA, 2005).

Análisis físicos

- **Volumen:** Método por, (SINGH, 2008).
- **Peso:** Método por, (SINGH, 2008)

Análisis microbiológicos

- **Determinación de aerobios mesófilos viables:** método Recuento Estándar de Aerobios Mesófilos (ISO 4833-1: 2013).
- **Determinación de mohos:** método Recuento de mohos (ISO 21527-1: 2008).

3.4.2 Análisis en las pruebas preliminares

Análisis sensorial en base a las variables de investigación, variedades de sachapapa, tipo de sustitución y niveles de sustitución de la harina de trigo.

Las pruebas organolépticas sirvieron establecer el mejor tratamiento del total de experimentos según el diseño experimental, trece jueces semi entrenados mediante la prueba hedónica de siete puntos calificaron las 12 muestras, excluyendo los controles referenciados en la discusión y observaciones. También se evaluó el color de la corteza, olor, sabor y textura.

Fue estudiado también la adición de la harina y masa de dos variedades de sachapapa en tres proporciones diferentes para reemplazar la harina de trigo, y analizarlos sensorialmente. La hoja de evaluación (Anexo 1) fue utilizada para obtener los resultados de ésta se evaluación, posteriormente el análisis de superficie de respuesta y un ANVA factorial de 2 x 2 x 3 permitió encontrar las cantidades de sustitución más apropiadas.

3.4.3 Análisis durante el proceso

Incremento del volumen de la masa

Se realizó mediante probetas graduadas, agregando un aproximado 48 gramos de masa y posteriormente se fue registrando el incremento cada 15 minutos mientras duró todo el proceso de fermentación.

Temperatura de fermentación

La producción de CO₂ satisfactoria mediante la fermentación es una temperatura entre 27 y 30 °C. se registró la temperatura con la ayuda de un termómetro digital en intervalos de 15 minutos durante todo el proceso de fermentado (SINGH *et. al.*, 2008).

3.4.4 Análisis al final del proceso

Porcentaje de Humedad

Mediante la norma NTE INEN 266

Volumen

Determinado por el “Desplazamiento de Semillas”, se colocan semillas de linaza registrando el nivel que ocupa, luego se retira una porción de las semillas remplazándolo por pan para determinar su volumen, se recubre con las semillas hasta volver al nivel que ocupó anteriormente sin el pan, finalmente se mide el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas con una probeta, resultando el volumen del pan. Se tomaron varias repeticiones para encontrar el promedio (SINGH *et. al.*, 2008).

Peso

Tomadas al finalizar el proceso con la ayuda de una balanza digital, para establecer la variación de peso, esta operación se ejecutó al azar en todos los experimentos, (SINGH *et. al.*, 2008).

Prueba organoléptica del producto final

Se evaluó al final del procesamiento a todos los tratamientos evaluándose el color de la corteza del pan, el aroma, la consistencia al tacto, la miga en base a los alveolos, el sabor y la aceptabilidad del pan.

3.4.5 Análisis en las pruebas definitivas

Químico proximal

- **Carbohidratos:** Por el método por diferencia según MS – INN Collazo 1993.

- **Cenizas:** Por calcinación de la muestra a 600 °C por cinco horas hasta que el residuo se torne un color plomizo, N° 930.05 (AOAC, 2008).
- **Fibra:** Mediante dos digestiones, N° 930.06 (AOAC, 2008).
- **Lípidos:** Por el método de Soxhlet empleando como solvente éter de Petróleo, N° 930.09 (AOAC, 2008).
- **Humedad:** Por el método de la estufa de aire, N° 930.04 (AOAC, 2008).
- **Proteínas:** Por el método Kjeldahl, N°930.07 (AOAC, 1975).
- **Acidez:** Por el método de BERNABE et al. (2007).

Análisis microbiológicos

- **Recuento de mohos:** Según la (ISO 21527-1: 2008).
- **Aerobios mesófilos viables:** Según la (ISO 4833-1: 2013).

3.5 Metodología experimental

Fueron necesarias 4 fases, caracterización de las materias primas, pruebas preliminares, pruebas definitivas y caracterización del producto terminado.

3.5.1 Caracterización de las materias primas

Se evaluó la harina y masa de sachapapa, evaluando sus propiedades fisicoquímicas.

3.5.2 Pruebas preliminares

Los ensayos se realizaron según las operaciones descritas en Figura 2 y mediante el diseño experimental (Figura 3), se evaluó las variables variedades de sachapapa (morada y blanca), formas de sustitución (harina y masa) y niveles de sustitución de harina de trigo por sachapapa (15%, 20% y 25%).

Cuadro 3. Cantidad requerida de insumos para elaborar pan brioche

Ingredientes	Unidad	Sustituciones					
		15%		20%		25%	
		Harina	MC	Harina	MC	Harina	MC
Sachapapa	kg	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50
Harina de trigo	kg	8,50	8,50	8,00	8,00	7,50	7,50
Azúcar	kg	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Margarina	kg	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Huevos	kg	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Levadura	kg	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal	kg	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Leche	Lt	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Agua	Lt	1,50	1,00	1,50	0,75	1,50	0,60

MC: Masa cocida, HS: Harina de sachapapa

Harina y masa de las dos variedades de sachapapa

Se obtuvo la harina y se preparó la masa de las dos variedades de sachapapa, según el diseño experimental. Fueron utilizados los insumos

(Cuadro 3), donde las harinas constituyen el 100% constituyendo la base del cálculo para los demás ingredientes.

3.5.3. Pruebas definitivas

Elaboración del pan brioche

Operaciones tentativas, proceso de elaboración de pan brioche (Figura 2).

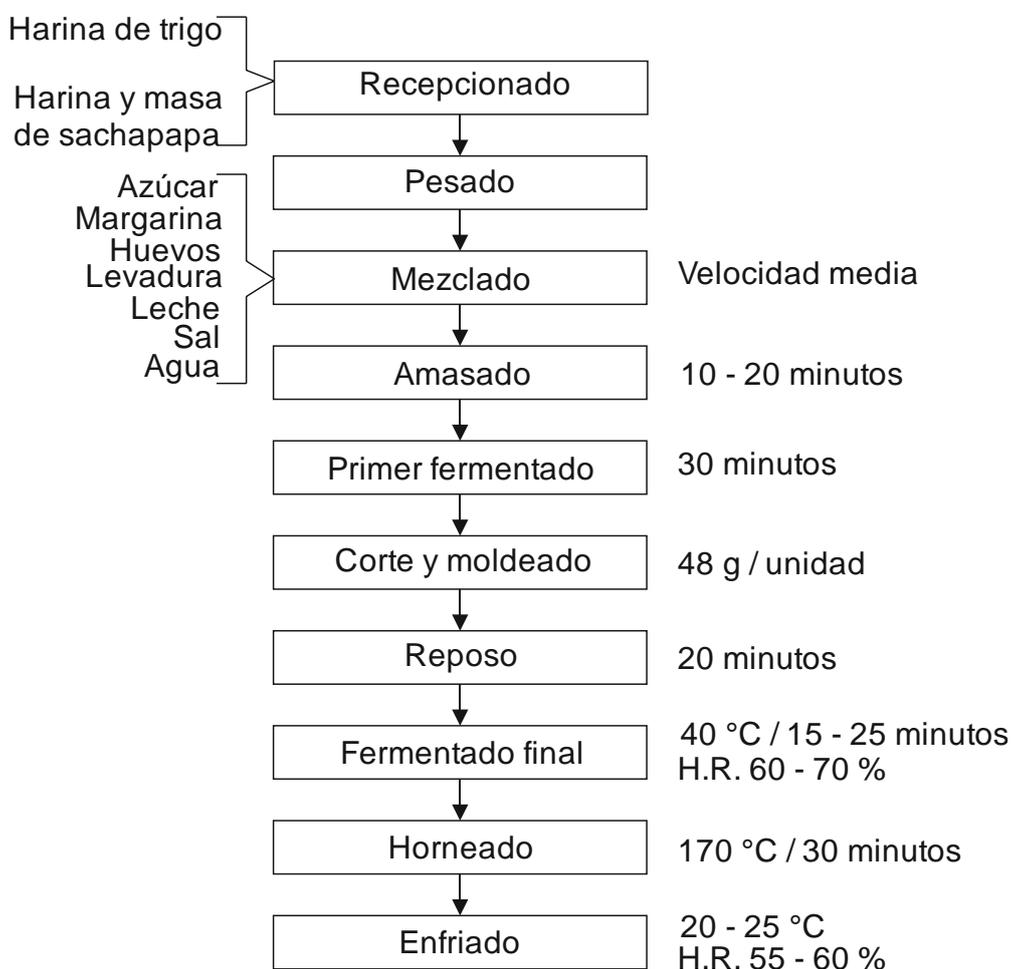


Figura 2. Diagrama de flujo tentativo para la elaboración del pan con harina y masa de dos variedades de sachapapa

3.5.4. Caracterización del producto terminado

Químico proximal

- **Carbohidratos:** Por el método por diferencia según MS – INN Collazo 1993.

- **Cenizas:** Se pesó 2 g de muestra y se colocó en el crisol de porcelana, y se llevó a mufla a 600 °C por 3 horas, se enfrió y se pesó. Los resultados se expresaron en porcentaje, dividiendo la diferencia del crisol y el peso del crisol con la ceniza, entre el peso de la muestra y multiplicado por 100.

- **Fibra:** Se pesó 3 g de muestra (residuo de la determinación de grasa), se colocó la muestra en un vaso de 500 mL con 200 mL de ácido sulfúrico al 1,25% y se llevó a ebullición por 30 minutos en el destilador de fibra. Luego se filtró y lavó con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez. Luego se colocó nuevamente el filtro el vaso con 200 mL de NaOH al 1,25% y se llevó a hervir por 30 minutos, luego se filtró al vacío lavando con agua caliente. El residuo se llevó a la estufa en un crisol por 2 horas a 105 °C, se enfrió y se pesó; luego se llevó a la mufla para eliminar la materia orgánica y obtener la ceniza enfriar y pesar nuevamente. Los resultados se expresaron en porcentaje, dividiendo la diferencia del crisol con el residuo de digestión seco y el peso del crisol con la ceniza, entre el peso de la muestra y multiplicado por 100.

- **Lípidos:** Se pesó 5 g de muestra, se colocó en papel filtro en forma de cartucho, se colocó el papel con la muestra en el aparato soxhlet con 250 ml de solvente (éter de petróleo). El solvente se calentó a 69 °C y

condensándose por refrigeración con agua, cayendo al balón, este por un tiempo de 3 horas, se retiró el balón y se evaporó el solvente restante en la estufa a 100 °C, luego se enfrió en desecador y se pesó. Los resultados se determinaron en porcentaje de extracto etéreo, dividiendo la diferencia del balón con grasa y peso del balón vacío entre peso de la muestra inicial multiplicado por 100

- **Humedad:** Se pesaron 5 g de muestra, se llevó a estufa a 105 °C x 8 horas (peso constante). Los resultados obtenidos fueron expresados en porcentaje de humedad, dividiendo la diferencia del peso inicial y el peso final entre el peso final y multiplicado por 100.

- **Proteínas:** Se pesó 0,3 g de muestra, se agregó 1 g de catalizador (sulfato de potasio+ sulfato de cobre) y 3,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se colocaron los tubos en el equipo digestor a ebullición a 300 °C por 3 horas. Se dejó enfriar y se diluyó la muestra con agua destilada, se agregó 5 mL de hidróxido de sodio (NaOH), fue colocado en un matraz conteniendo 10 mL de ácido bórico más indicador (rojo de metilo y verde de bromo cresol) para recibir el destilado. Se destiló la muestra por 5 minutos después de viraje de color y finalmente se tituló con ácido clorhídrico a 0,1 N anotando el gasto de volumen. El resultado se expresó en porcentaje de nitrógeno dividiendo el volumen de HCl por la normalidad por milequivalentes del N₂ entre el peso inicial de la muestra multiplicado por 100.

- **Acidez:** se pesó 10g de muestra y se añadió 100ml de acetona – agua (5:95) luego se disgregó la mezcla con una varilla durante 1 min hasta

su homogenización, luego se valoró con NaOH 0,1N, hasta que cambie de color. Sin embargo, antes a la solución se agregó 3 gotas de fenolftaleína.

Microbiológico

Se realizó la evaluación microbiológica al mejor tratamiento seleccionado, analizándose lo siguiente:

- **Recuento de mohos (ISO 21527-1: 2008):** El método consistió en preparar la muestra pesando 10 g de pan y 90 mL de diluyente (dilución 1/10) homogeneizar 2 minutos, con una pipeta de 1 mL diluir la muestra hasta dilución 10^{-2} utilizar dos placas de Petri vacías y estériles, añadir 1 mL de la dilución 10^{-2} , se vierten en cada placa de 12 a 15 mL de agar DG18. Luego incubar a 25 °C durante 5 a 7 días, seleccionar las placas con menos de 150 colonias de mohos y/o levaduras y realizar el cálculo para dar un resultado significativo.

- **Recuento estándar de aerobios mesófilos (ISO 4833-1: 2013):** Consistió en preparar la muestra pesando 10 g de pan y 90 mL de diluyente (dilución 1/10) homogeneizar 2 minutos, con una pipeta de 1 mL diluir la muestra hasta dilución 10^{-2} utilizar dos placas de Petri vacías y estériles, añadir 1 mL de la dilución 10^{-2} , se vierten en cada placa de 12 a 15 mL de agar PCA para recuento en placa enfriado entre 44 °C y 47 °C, mezclando de manera cuidadosa con el contenido de la placa. Se incuban las placas a 30 °C \pm 1 °C durante 72 \pm 3 h. Finalmente seleccionar preferiblemente las placas que tienen menos de 300 colonias. Se cuentan las colonias que se observan en cada placa y se calcula el número de unidades formadoras de colonias presentes en 1 ml o 1 g de muestra.

3.6 Diseño experimental

3.6.1 Caracterización de la materia prima

Ejecución de pruebas fisicoquímicas.

3.6.2. Pruebas preliminares

Las variables fueron dos variedades de sachapapa (blanca y morada), tipo de sustitución (harina y masa) y tres niveles de sustitución de harina de trigo (15%, 20% y 25%).

Se realizaron un total de 12 experimentos (Figura 3).

Donde:

A: Variedades de sachapapa

A1: Blanca

A2: Morada

B: Tipo de sustitución

B1: Harina de sachapapa

B2: Masa de sachapapa

C: Niveles de sustitución

C1: 15% de harina o masa de sachapapa

C2: 20% de harina o masa de sachapapa

C3: 25% de harina o masa de papa

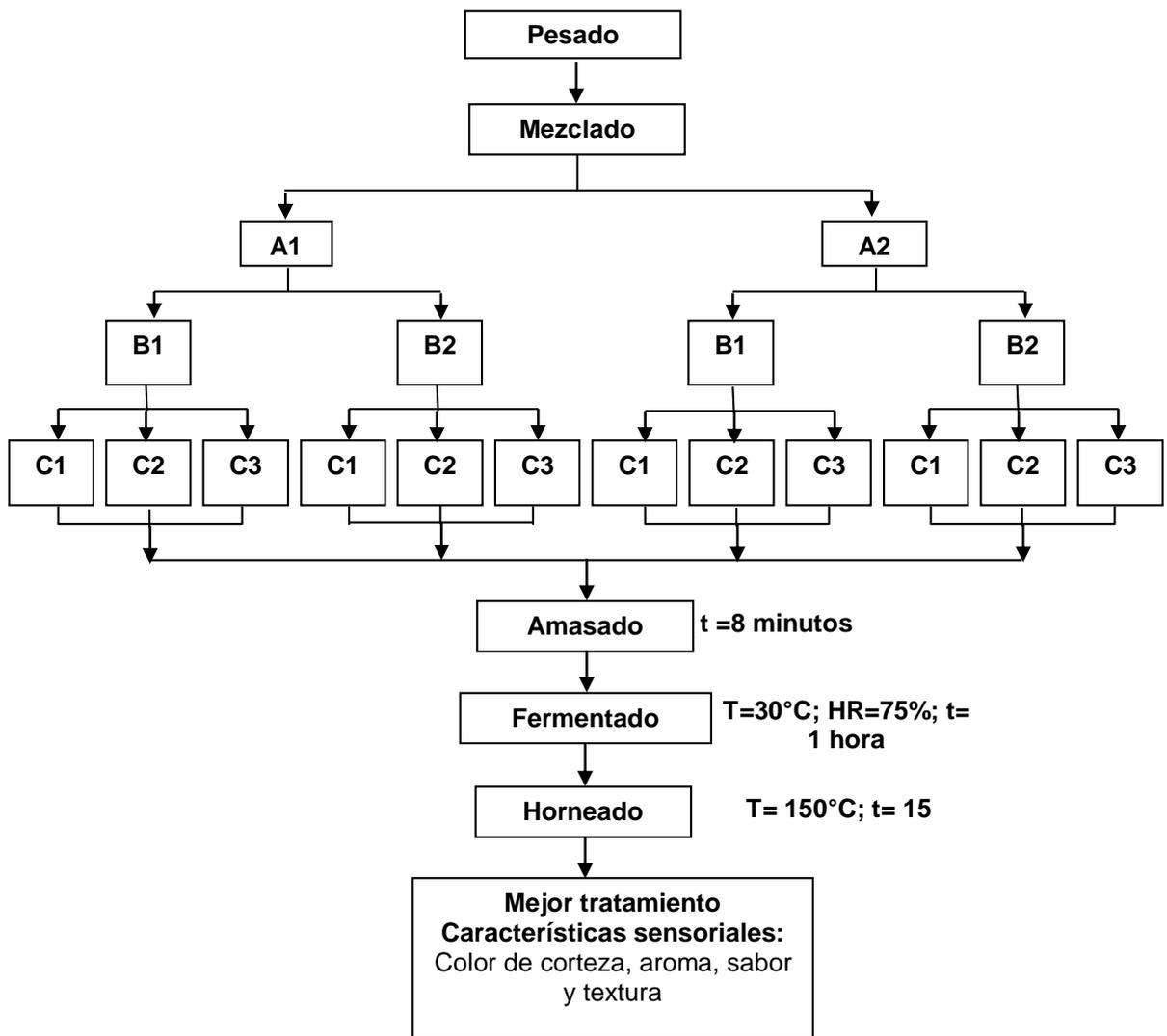


Figura 3. Diseño experimental para optimizar la elaboración de pan en base a la variedad de sachapapa, tipo y porcentaje de sustitución.

Diseño experimental para ajustar los parámetros de porcentaje de sustitución con la mejor variedad y el mejor tipo de sustitución, tiempo de masado y tiempo de fermentación (Figura 4).

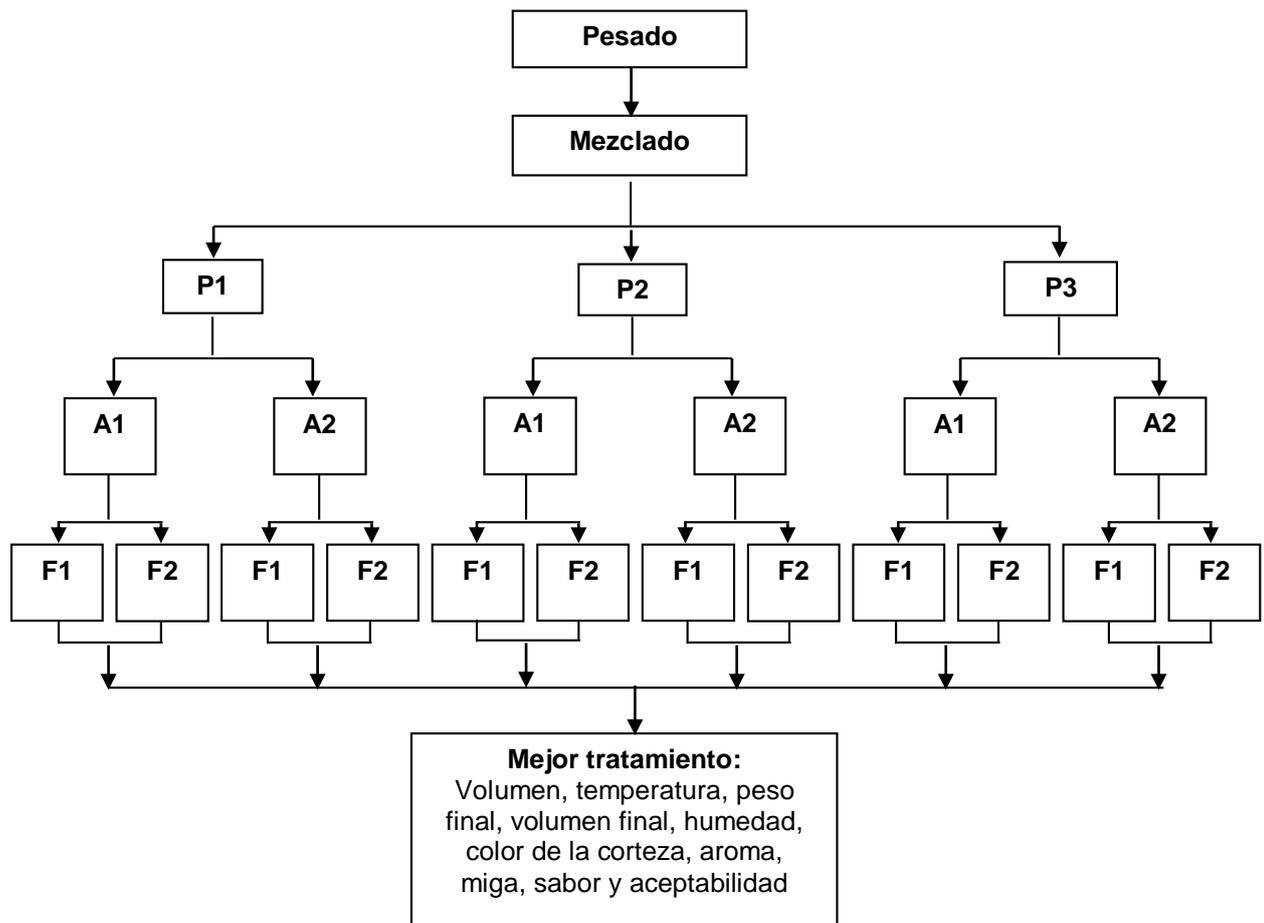


Figura 4. Diseño experimental para optimizar los parámetros de amasado y fermentado del pan con sustitución parcial de harina de trigo según variedad, tipo y porcentaje de sustitución.

Donde:

P: % de sustitución de la mejor variedad y forma como harina o masa.

P1: 15%

P2: 20%

P3: 25%

A: Tiempo de amasado

A1: 10 minutos

A2: 20 minutos

F: Tiempo de fermentado

F1: 15 minutos

F2: 25 minutos

3.7. Análisis estadístico

Dos fases de investigación fueron necesarias para realizar las pruebas estadísticas, las pruebas preliminares, aceptabilidad y preferencia del producto terminado (UREÑA, 2000).

3.7.1. Para las pruebas preliminares

Para determinar la mejor variedad de sachapapa, el mejor tipo y porcentaje de sustitución, se aplicó el ANVA diseño completo al azar factorial de 2 x 2 x 3 por triplicado, planteado por UREÑA (2000).

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + C_k + (A*B)_{ij} + (B*C)_{jk} + (A*C)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta.

U : Efecto medio de las evaluaciones.

A_i : Variedad de sachapapa blanca y morada.

B_j : Tipo de sustitución harina y masa.

C_k : % de sustitución de harina con 15%, 20%, y 25%.

E_{ij} : Error experimental.

El análisis de parámetros del porcentaje de sustitución con la mejor variedad y el mejor tipo de sustitución, tiempo de amasado y tiempo de fermentado se aplicó el ANVA diseño completo al azar con factorial multinivel de 3 x 2 x 2 planteado por UREÑA (2000), cuya ecuación matemática fue:

$$Y_{ijk} = U + P_i + A_j + F_k + (P*A)_{ij} + (P*F)_{ik} + (A*F)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta.

U : Efecto medio de las evaluaciones.

P_i : % de sustitución 15%, 20%, y 25%.

A_j : Tiempo de amasado 10 y 20 minutos respectivamente.

B_j : Tiempo de fermentado 15 y 25 minutos respectivamente.

E_{ij} : Error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización fisicoquímica

Se realizó la caracterización fisicoquímica para las dos variedades de sachapapa como se muestra en el Cuadro 4. Según MERCADO *et al.* (2015) afirma que las características cambian según la variedad cultivada, razón por la cual se evidencia ciertas diferencias entre ambas variedades.

Cuadro 4. Análisis químico proximal de la masa de dos variedades de sachapapa en g por 100g de materia seca

Componente	Variedades		REYES <i>et al.</i> (2009)
	Morada	Blanca	Sacha papa
Carbohidratos	27,96 ± 0,15	25,46 ± 0,51	33,00
Cenizas	2,60 ± 0,10	1,90 ± 0,10	1,60
Fibra	0,84 ± 0,06	0,87 ± 0,03	--
Lípidos	1,50 ± 0,10	1,40 ± 0,10	0,10
Humedad	63,16 ± 0,25	70,46 ± 0,55	62,60
Proteínas	1,83 ± 0,05	1,86 ± 0,05	2,70

Los datos reportados por REYES *et al.* (2009), en las Tablas peruanas de composición de alimentos no especifica la variedad de sachapapa estudiada, sin embargo, fue tomada como referencia por PUGA (2013).

Cuadro 5. Análisis químico proximal de la harina de dos variedades sachapapa en g por 100g de materia seca

Componente	Variedades		VARGAS (2014)
	Morada	Blanca	Sachapapa morada
Carbohidratos	88,93 ± 0,15	89,90 ± 0,10	85,62
Cenizas	3,27 ± 0,02	3,93 ± 0,06	0,94
Fibra	0,61 ± 0,02	0,33 ± 0,44	1,36
Grasas	1,30 ± 0,01	0,89 ± 0,02	0,56
Humedad	10,66 ± 0,04	10,58 ± 0,06	8,44
Proteínas	4,59 ± 0,02	4,57 ± 0,03	1,47

El análisis químico proximal de la harina extraída de la sachapapa (Cuadro 5), muestra resultados similares a los reportados por VARGAS (2014); estas diferencias pueden estar influenciadas por factores como el método de extracción, la procedencia, condiciones agronómicas y otros.

la humedad es una de las propiedades críticas en la calidad de las harinas, el Codex Standard 152-1985 permite un contenido máximo de humedad de 15,5% m/m, este contenido debe ajustarse a las condiciones reales en cada país (ALIMENTARIUS, 1985).

4.2 Pruebas preliminares

Se realizó la determinación de la mejor variedad (blanca o morada), tipo de sustitución (harina o masa) y porcentaje de sustitución (15, 20 y 25%). El estudio demuestra que se prefirió la variedad de sachapapa blanca, sustitución en forma de masa y porcentaje de sustitución del 15% (Cuadro 6). Por otro lado, el color marrón dorado, aroma levemente aromático, sabor agradable a pan, textura levemente suave y una aceptabilidad de gusta, fueron los atributos de mayor preferencia según la encuesta realizada (Cuadro 6 y Anexo 2).

Cuadro 6. Optimización de la mejor variedad, tipo sustitución y porcentaje de sustitución, obtenidas mediante superficie respuesta

Atributo	Óptimo			Valor	
	Variedad	Sust.	Por. (%)	Óptimo	Detalle
Color	Blanca	Masa	15	5,672	Marrón dorado
Aroma	Blanca	Masa	15	5,380	Levemente aromático
Sabor	Blanca	Masa	15	6,071	Agradable a pan
Textura	Blanca	Masa	15	5,413	Levemente suave
Aceptabilidad	Blanca	Masa	15	5,854	Gusta

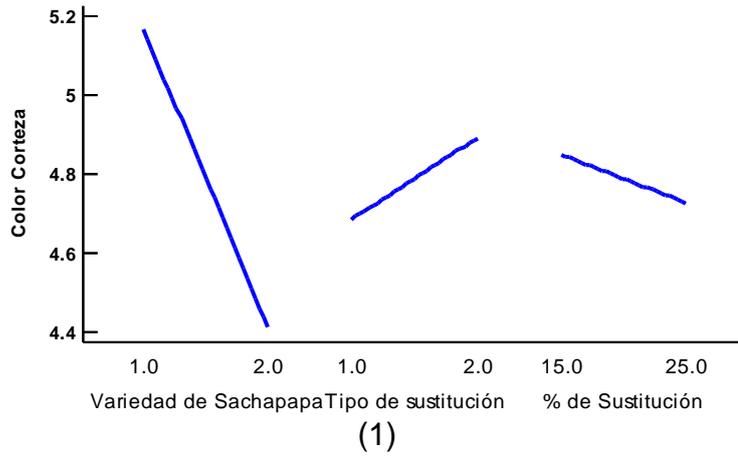
El análisis estadístico de cada atributo se muestra en el Anexo 3, revela que la variedad de sachapapa influye significativamente ($p < 0,05$) en los cinco atributos señalados (Cuadro 6); mientras que el tipo de sustitución tiene un efecto significativo en el color, sabor, textura y aceptabilidad, pero, no en el

aroma. El factor porcentaje de sustitución es significativo en el atributo de sabor y no tiene influencia en el color, aroma, textura y aceptabilidad.

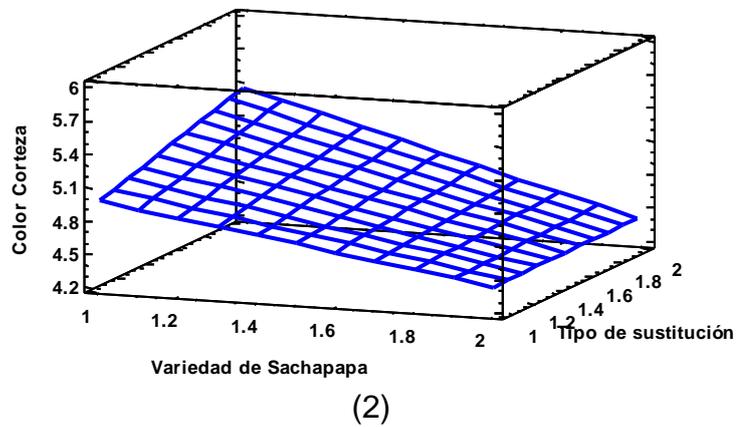
Cada atributo fue analizado mediante la técnica de superficie respuesta, los resultados de dicho análisis se mostraron en el Cuadro 6, un ejemplo de análisis gráfico se reporta (Figura 5) para el atributo color, teniendo los gráficos de efectos principales, superficie respuesta y contorno de superficie respuesta los datos se muestran en el Anexo 2.

4.3 Evaluación los porcentajes de sustitución para establecer el tiempo de amasado y fermentación óptimos

El análisis y estadístico se realizó considerando las siguientes variables: incremento del volumen de la masa, temperatura de fermentación, peso final del pan, volumen final del pan y porcentaje de humedad del producto terminado.



% de Sustitución=20.0, Repeticiones=2.0



% de Sustitución=20.0, Repeticiones=2.0

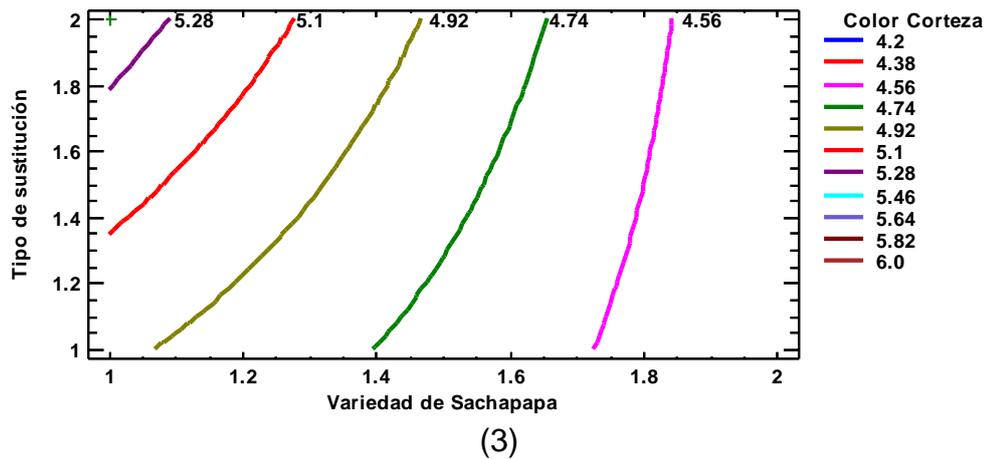


Figura 5. Análisis de superficie respuesta para el atributo color, (1) efectos principales (2) superficie respuesta y (3) contorno de superficie respuesta

4.3.1 Evaluación del incremento de volumen de la masa (mL)

El análisis de superficie respuesta en base a los datos del Anexo 4, pone en evidencia que el mejor porcentaje de sustitución fue 15%, el mejor tiempo de amasado fue de 20 minutos, sin embargo, el tiempo de fermentación desde el inicio hasta los 45 minutos fue de 25 minutos con excepción del final que fue de 15 minutos (Cuadro 7).

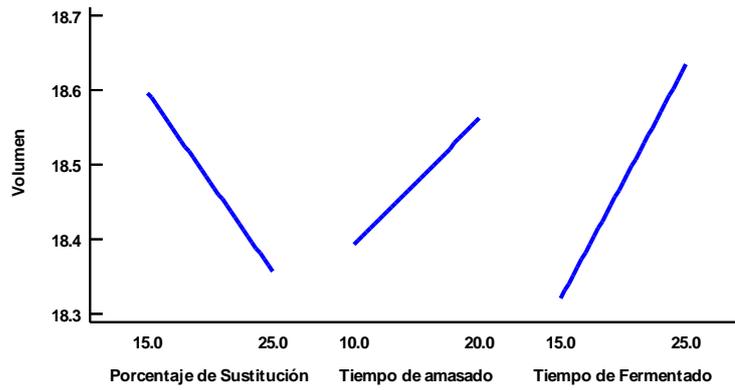
Cuadro 7. Optimización del incremento de volumen de la masa en mililitros durante cuatro tiempos de evaluación

Tiempo (min)	Óptimo			Volumen (mL)
	Por. (%)	T. A (min)	T. F (min)	
Inicio	15	20	25	19,375
30	15	20	25	22,072
45	15	20	25	28,750
Final	15	20	15	31,879

T.A. tiempo de amasado (min), T.F. tiempo de fermentación (min)

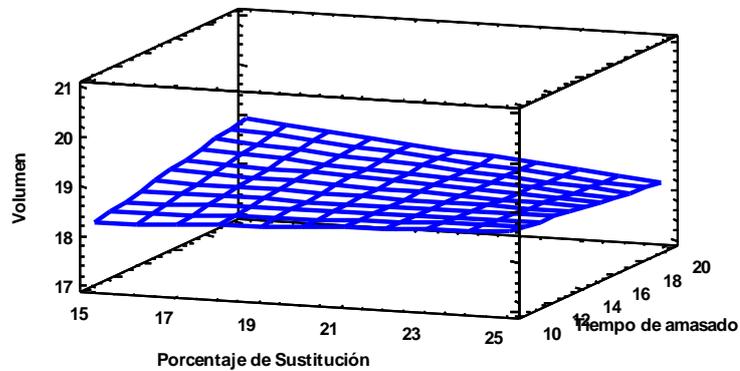
El análisis de varianza (Anexo 5) para los diferentes tiempos de fermentación revelan que el tiempo de amasado y fermentación no tienen una influencia estadística significativa ($P < 0,05$) sobre el incremento del volumen, sin embargo, el porcentaje de sustitución ejerce influencia en la variable respuesta a partir de los 30 minutos de fermentación.

La figura 6 muestra las gráficas para el análisis de superficie respuesta del inicio del proceso de fermentación.



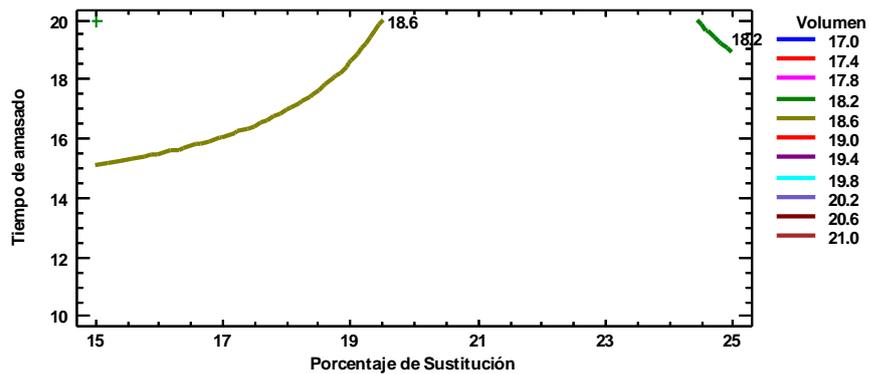
(1)

Tiempo de Fermentado=20.0



(2)

Tiempo de Fermentado=20.0



(3)

Figura 6. Análisis de superficie respuesta del incremento de volumen de la masa al inicio, (1) efectos principales (2) superficie respuesta y (3) contorno de superficie respuesta

4.3.2 Evaluación del incremento de la temperatura de fermentación

Según la optimización de la temperatura, la sustitución del 15% por masa de sachapapa con 20 minutos de amasado y 25 minutos de fermentación fueron los parámetros óptimos durante el proceso de fermentación (Cuadro 8), el porcentaje de sustitución del 15% es similar a los resultados obtenidos por GIL *et al.* (2011).

Cuadro 8. Optimización del incremento de temperatura de fermentación durante cinco tiempos de evaluación

Tiempo (min)	Óptimo			Temperatura (°C)
	Por. (%)	T. A (min)	T. F (min)	
Inicio	15	20	25	25,433
15	25	20	25	30,173
30	15	20	25	26,044
45	15	20	25	26,815
Final	15	20	25	25,640

T.A. tiempo de amasado (min), T.F. tiempo de fermentación (min)

Podemos afirmar que la velocidad de fermentación es proporcional a la temperatura. A temperaturas menores de 20 °C y superiores de 40 °C la velocidad empieza a disminuir. La fermentación se desarrolla óptimamente entre los 26 y 30 °C, mientras que la fermentación láctica es óptima a 20 °C y la fermentación butírica es mejor a 35 °C (TEJERO, 2018).

En general el análisis de varianza según el Anexo 6, ha demostrado que el incremento de la temperatura no es influenciado por ninguno de los

parámetros estudiados, durante casi todo el proceso. Un proceso enzimático es responsable de activar o inhibir la producción de gas por diversos procedimientos, el incremento de concentración de levadura, adición de azúcares, adición de preparados amilásicos, adición de estimulantes de la levadura, elevación de la temperatura hasta los 30 °C, etc. Otros factores como, temperaturas elevadas, sal y exceso de estimulantes de levadura reducen la producción de gas (GARCÍA, 1964).

4.3.3 Evaluación del porcentaje de humedad, peso y volumen final

Los datos de los resultados se muestran en los anexos 7, 8 y 9. La norma sanitaria nacional especifica que el pan común o de labranza debe tener una humedad mínima de 23% y una máxima de 35%, es evidente que el mejor tratamiento fue de 21,539% (Cuadro 9) no cumple la normatividad, sin embargo, muchos autores sostienen que se puede corregir este parámetro variando los porcentajes de algunos insumos como el azúcar, la sal y la grasa; los dos primeros incrementan la humedad debido a su naturaleza higroscópica, mientras que la grasa es un fijador de humedad (HENAO, 2004; JIMÉNEZ, 2017). Gráficos de superficie respuesta se muestran en la Figura 7.

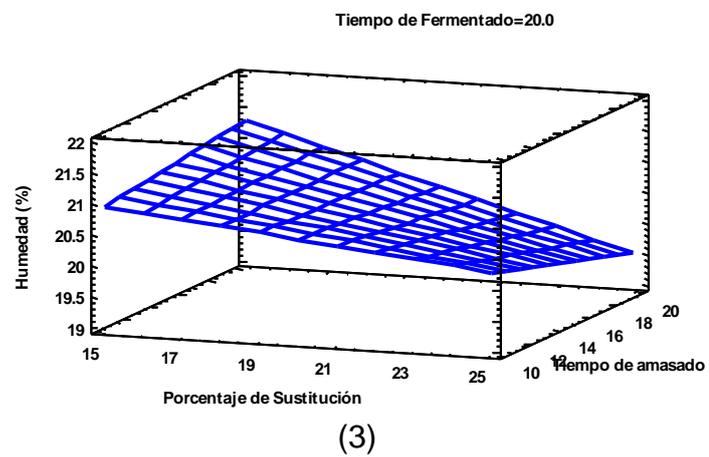
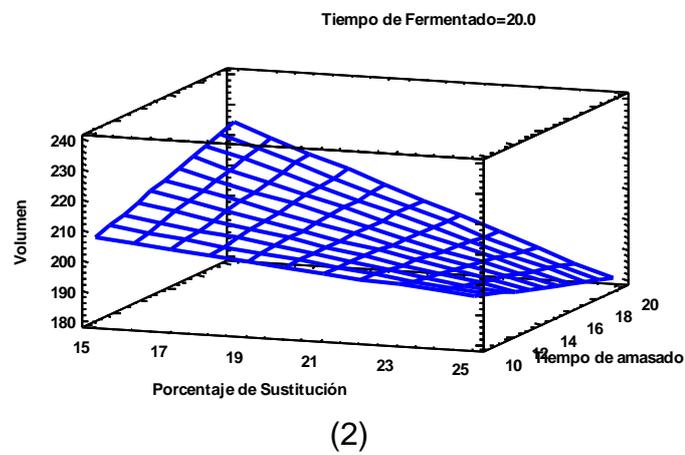
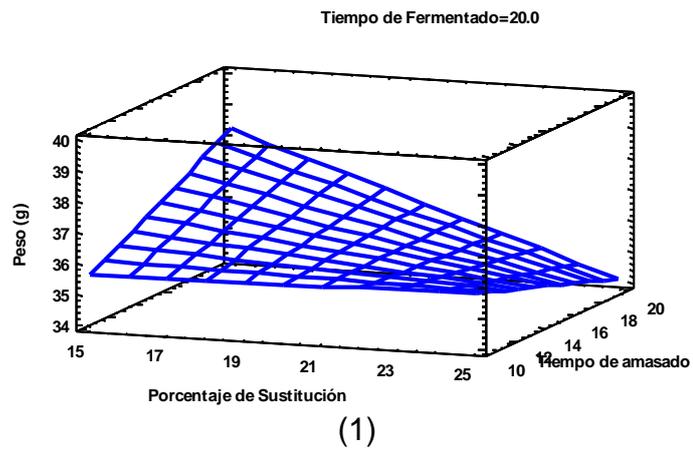


Figura 7. Análisis de superficie respuesta, (1) peso (2) volumen y (3) humedad

Cuadro 9. Análisis de superficie respuesta para la humedad, peso y volumen final del pan

Característica física	Óptimo			Valor
	Por. (%)	T. A (min)	T. F (min)	
Humedad (%)	15	20	25	21,539
Peso (g)	15	20	25	39,5026
Volumen (ml)	15	20	25	228,856

T.A. tiempo de amasado (min), T.F. tiempo de fermentación (min)

El volumen óptimo fue de 228,856 ml. (Cuadro 9) que comparado con el volumen inicial de 31,8789 ml. antes del horneado, se puede afirmar que ha aumentado 7 veces su volumen, característica que es muy deseada en el producto. El incremento del nivel de sustitución, merma la cantidad de gluten y la fortaleza para crear una matriz elástica y extensible, consecuentemente reduciendo el volumen de pan (PASCUAL y ZAPATA, 2010).

4.4 Evaluación de las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado.

4.4.1 Características organolépticas

Según el análisis de superficie respuesta los mejores atributos según el análisis sensorial fueron a 15% de sustitución, tiempo de amasado de 20 minutos y tiempo de fermentación de 25 minutos, sin embargo, en general estos parámetros no influyen significativamente con un 95% de confianza (Anexo 11) en todos los atributos, excepto el color y la consistencia que

presentaron influencia del porcentaje de sustitución (Cuadro 10). La cantidad de azúcar agregada, la composición química del alimento y la temperatura del horno durante la cocción tiene influencia sobre el color producido (SILVA, 2017).

Cuadro 10. Análisis de superficie respuesta para los atributos sensoriales del pan

Atributo	Óptimo			Valor	
	Por. (%)	T. A.	T. F.	Escala	Detalle
Color	15	20	25	5,574	Marrón dorado
Aroma	15	20	25	6,272	Aromático a pan
Consistencia	15	20	25	6,154	Suave
Miga	15	20	25	6,194	Alveolos uniformes
Sabor	15	20	25	6,096	Agradable a pan
Aceptabilidad	15	20	15	6,140	Gusta

T.A. tiempo de amasado (min), T.F. tiempo de fermentación (min)

Muchos factores tienen influencia sobre el pan, la materia prima, el método de elaboración. los insumos utilizados son algunos de los factores que inciden en la formación del aroma; a este problema se suman fenómenos de sinéresis. Por las afirmaciones anteriores es difícil afirmar la influencia directa de la presencia de la sachapapa en el aroma del pan ya que se unen diversos factores para conformar este atributo sensorial (ZAVALETA, 2013).

La sustitución de harina de trigo por sachapapa puede causar deficiencias en los contenidos del complejo proteico gliadinas-gluteninas

causantes de formar el gluten, por lo tanto, el exceso de sustitución podría desmejorar los atributos de textura del pan (ZAVALETA, 2013).

4.4.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico del producto terminado

Cuadro 11. Análisis fisicoquímico y microbiológico del pan con sachapapa

Parámetros Analizados	Unidad	Resultados
Carbohidratos	%	61,37 ± 0,31
Cenizas	%	1,30 ± 0,21
Fibra	%	0,55 ± 0,027
Lípidos	%	3,66 ± 0,026
Humedad	%	16,47 ± 0,33
Proteína	%	13,30 ± 0,20
Acidez	%	0,18 ± 0,02
Recuento mohos	UPM/g	< 90
Recuento levaduras	UPL/g	< 120

El Cuadro 11 muestra el análisis fisicoquímico del pan con sachapapa, es preciso mencionar que los datos son parecidos a los reportados por SIBINA *et al.* (2001), con excepción de la humedad debido a que su trabajo fue realizado en galletas.

4.5 Proceso de elaboración del pan brioche y su balance de materia

4.5.1 Proceso productivo definitivo

El flujograma sugerido para producir pan brioche con sustitución parcial de harina de trigo por masa cocida de sachapapa (Figura 8), se detallan a continuación.

Recepcionado

Se recibe la harina de trigo, los ingredientes y la sachapapa blanca después de lavarlos, se procede a cocerlas, durante 45 minutos a ebullición, para finalmente pelarlas, se coloca en un recipiente de acero inoxidable para convertirla en una masa homogénea.

Pesado

Se pesaron los ingredientes en base al mejor tratamiento establecido en las pruebas preliminares.

Mezclado

Se realizó en una amasadora a una velocidad media, se adicionó la masa de sachapapa cocida luego los ingredientes azúcar, margarina, sal, levadura, agua, huevo, leche y posteriormente la harina de trigo en función de las proporciones establecidas en esta investigación.

Amasado

Se realizó en una amasadora durante 20 minutos con la finalidad de hacer que la masa se homogénea y facilite la manipulación, es una operación importante puesto que permite la absorción de agua gracias a las proteínas del gluten, la masa adquiere elasticidad y extensibilidad.

Fermentado inicial

Realizado en una mesa de acero inoxidable totalmente limpia y engrasada dejando la masa en reposo total durante 45 minutos. Mediante un termómetro convencional se controló la temperatura, obteniéndose una temperatura optima de la levadura entre 26 y 30 °C .

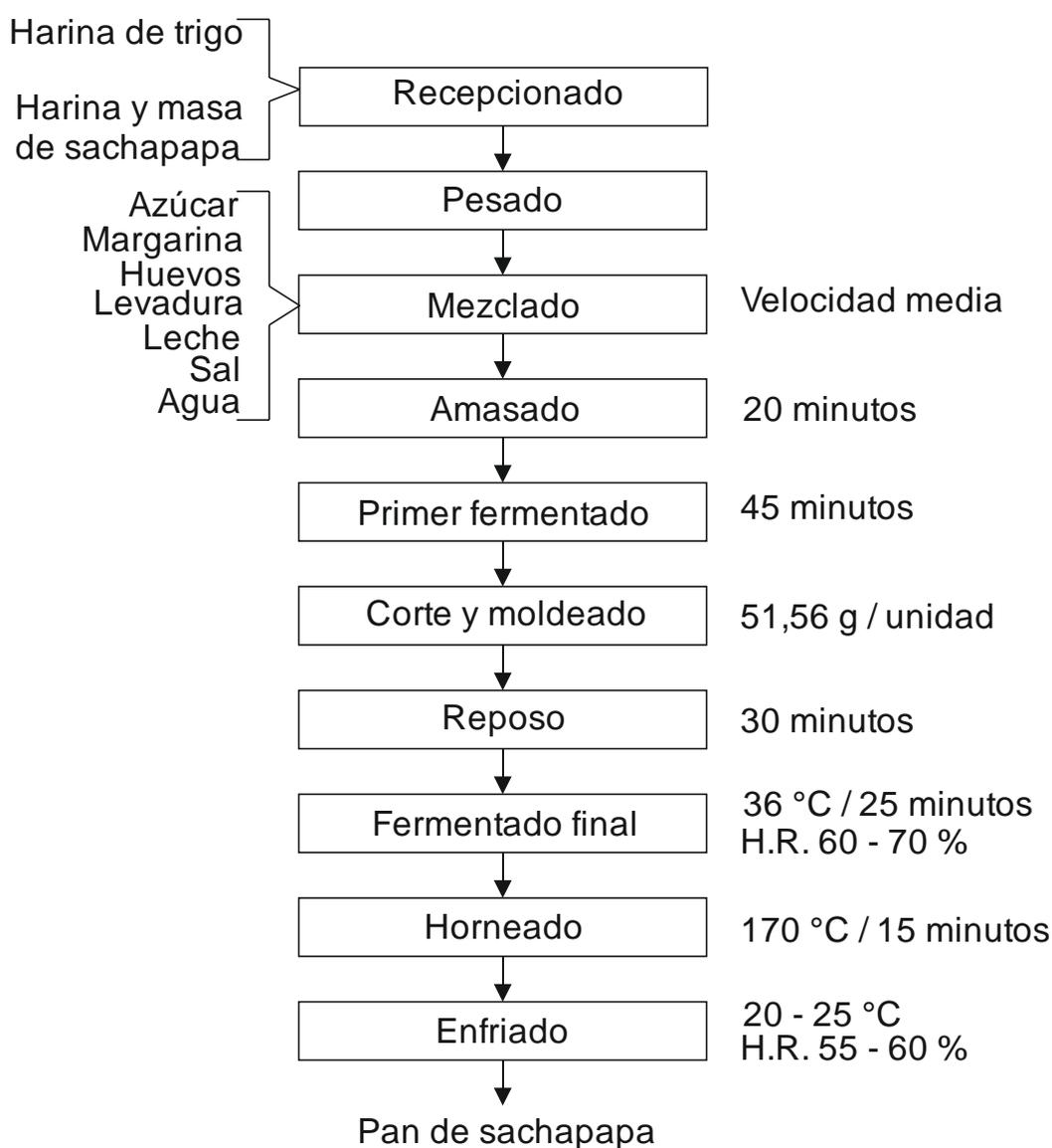


Figura 8. Flujograma definitivo para elaborar pan con sustitución de harina de trigo con masa cocida de sachapapa

Cuadro 12. Cantidad requerida de ingredientes para elaborar pan brioche con sachapapa

Ingredientes	Formula	
	Unidad	Cantidad
Masa de sachapapa	kg	1,500
Harina de trigo	kg	8,500
Azúcar	kg	2,500
Margarina	kg	1,250
Huevos	kg	2,000
Levadura	kg	0,150
Sal	kg	0,120
Leche	Lt	2,500
Agua	Lt	1,000

Cortado y moldeado

Mecánicamente se tomaron porciones de 42 - 45 gramos para moldear la masa y el boleado se realizó manualmente. Finalmente se proporcionó la forma peculiar y del producto para su expendio y comercialización.

Reposado

Moldeado los panes se dejó en reposo por 30 minutos con la finalidad que las levaduras terminen de actuar en el sustrato.

Fermentación Final

Este proceso se da en las bandejas que han sido engrasadas para evitar que el pan se pegue en la superficie y genere retrasos y pérdidas en la

producción, cada lata completa es instalada en un coche para trasladarse a la cámara de fermentación a una temperatura de 35 a 38 °C fermentación la cual está a una temperatura de 35 y 38°C, en este periodo de 25 minutos la masa se esponja a una humedad relativa de 60-70%.

Horneado

Gracias a esta operación el pan adquiere color, sabor y apariencia característicos de los productos de panificación como resultado de la transferencia de calor y masa. Se necesitan 15 minutos y 160 °C para realizarlo en las condiciones de esta investigación.

Enfriado

Se recomienda realizarlo cerca del horno durante 15 minutos, para evitar cambios bruscos de temperatura evitando que el pan caliente se torne pastoso.

4.5.2 Balance de materia y rendimiento

Balance de materia para elaborar pan brioche, teniendo un rendimiento de 74,36%, considerando que la materia prima e insumos constituye un 100 %. Tomando 8,50 kg de harina de trigo y 1,50 kg de masa cocida de sachapapa blanca, más los otros insumos totalizando 19,52 kg, entonces se podrá elaborar 400 panes de 52,125 gramos cada uno de ellos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Balance de materia del proceso de elaboración de pan brioche con sachapapa.

Operación	Entra kg	Adiciona kg	Pierde kg	Continua kg	Rendimiento	
					Operación	Proceso
					%	%
Pesado	19.52			19.52	100.00	100
Mezclado	19.52			19.52	100.00	100
Amasado	19.52		0.24	19.28	98.79	98.79
Fermentación Inicial	19.28		0.22	19.06	98.84	97.65
Cortado y Modelado	19.06		0.58	18.48	96.97	94.69
Reposado	18.48			18.48	100.00	94.69
Fermentación Final	18.48			18.48	100.00	94.69
Horneado	18.48		3.97	14.52	78.53	74.36
Enfriado	14.52			14.52	100.00	74.36

4.6 Costos de producción y punto de equilibrio

Los costos fijos no depende de los niveles de producción, los costos variables son sensibles al nivel de producción, a más producción se incrementan los costos o gastos (ROSTRAN *et al.*, 2018), Cuadros 14 y 15.

Cuadro 144. Costos fijos

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Agua	Lt	100,00	0,00236	0,236
Energía eléctrica	kW	0,50	0,65	0,325
combustible- D2	galón	0,25	13,00	3,25
Depreciación	h	0,50	1,47	0,735
Mantenimiento	h	1,00	0,74	0,74
Mano de obra indirecta	h	2000	2000	66,66
TOTAL				s/. 68,702

Cuadro 155. Costos variables

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Sachapapa	kg	1,50	4,00	6,00
Harina de trigo	kg	8,50	2,50	21,25
Azúcar	kg	2,50	3,60	9,00
Margarina	kg	1,25	9,00	11,25
Huevos	kg	2,00	7,50	15,00
Levadura	kg	1,50	11,50	17,25
Sal	Kg	0,12	0,30	0,04
Leche	Lt	2,50	3,00	7,50
Agua	Lt	1,00	1,50	1,50
Bolsas	Unidad	6,00	0,10	0,60
Mano de obra directa	día	1,00	1000	33,33
TOTAL				s/.122,723

Los costos de producción y punto de equilibrio fueron calculados mediante las siguientes ecuaciones:

El punto de equilibrio se alcanza cuando:

$$\text{Ingresos totales} = \text{Costos totales}$$

Los ingresos totales equivalen al precio de venta (P)

Multiplicado por la cantidad de producción (Q)

$$\text{Ingresos totales} = P \times Q$$

Los costos totales son iguales a la sumatoria de los costos fijos totales (CFT) más los costos variables totales (CVT)

$$\text{Costos totales} = \text{CFT} + \text{CVT}$$

Si reemplazamos tenemos:

$$P \times Q = \text{CFT} + \text{CVT}$$

También se sabe que: $\text{CVT} = \text{CVU} \times Q$

Volvemos a reemplazar y queda:

$$P \times Q = \text{CFT} + (\text{CVU} \times Q)$$

Despejamos el valor que queremos saber:

$$P \times Q - \text{CVU} \times Q = \text{CFT}$$

$$Q (P - \text{CVU}) = \text{CFT}$$

$$Q = \text{CFT} / P - \text{CVU}$$

$$Q = \frac{68,702}{0,5975 - 0,3068} = 236,33 \text{ panes}$$

$$\text{CVU} = \frac{\text{CVT}}{400} = \frac{122,723}{400} = 0,3068$$

$$\text{CT} = \text{CFT} + \text{CVT}$$

$$\text{CT} = 68,702 + 122,723 = 191,425$$

$$\text{CU} = \frac{\text{CT}}{400} = \frac{191,425}{400} = 0,478$$

Con un margen de utilidad del 25% podemos determinar el precio unitario (PU).

$$\text{PU} = 0,478 * (1 + 0,25) = 0,5975 = \text{s/. } 0,60$$

$$\text{CVT} = 0,5975 * 236,33 = 141,207$$

Al vender los 19,52kg de productos se estará recuperando los s/. 141,207 que representan los costos de producción para no ganar, ni perder.

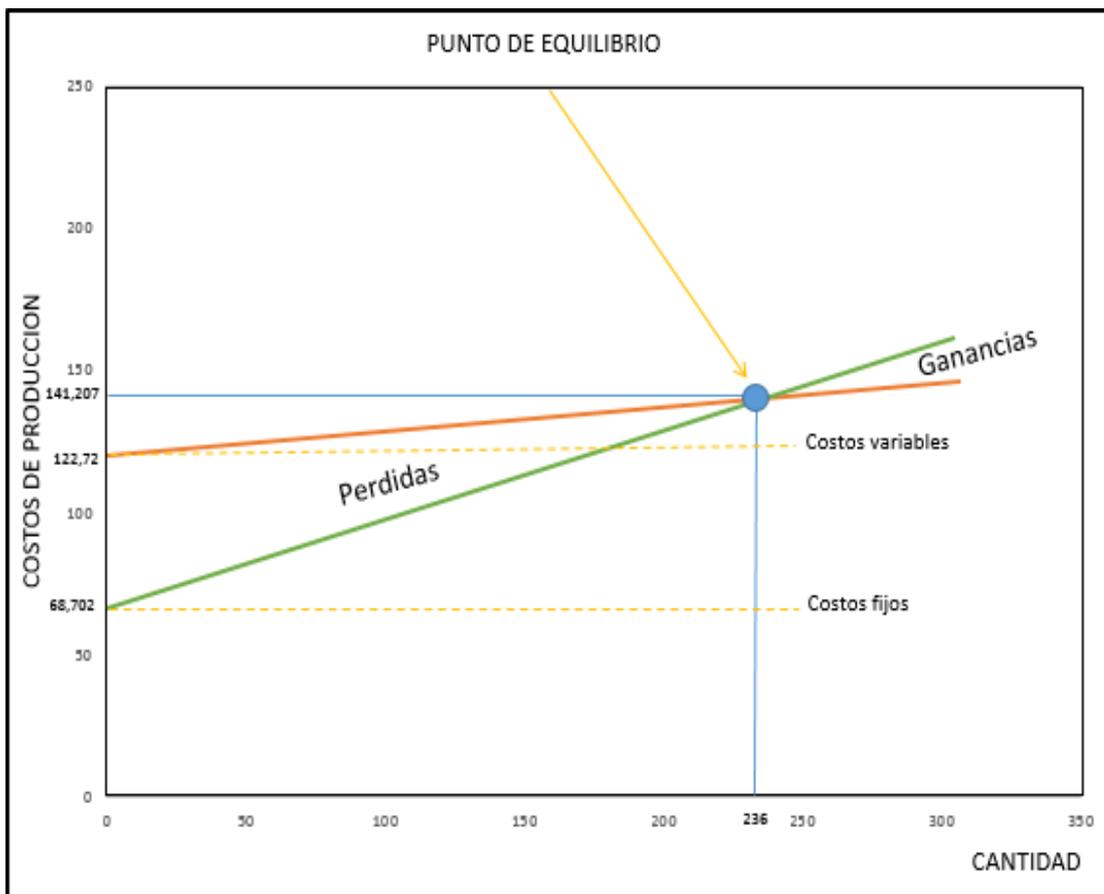


Figura 9. Punto de equilibrio

En consecuencia, se deben fabricar 236 panes para recuperar los costos de producción a un precio unitario de 0,60 céntimos.

V. CONCLUSIONES

La investigación permitió establecer las siguientes conclusiones:

- La sachapa blanca resultó ser la mejor variedad de sustitución en forma de masa y no en forma de harina.
- El porcentaje de sustitución de la harina de trigo por masa de sachapa fue del 15%, con un tiempo de amasado y fermentación de 20 y 25 minutos respectivamente.
- Las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas fueron analizadas y discutidas.
- Las operaciones y parámetros óptimos en el proceso de elaboración de pan brioche son: Recepcionado, pesado, mezclado, amasado, fermentado inicial, cortado moldeado, reposado; fermentado final; horneado y enfriado; el proceso tiene un rendimiento de 74,36%.
- El costo de producción para 19,52 kg de materia prima es de 141,207 soles y el punto de equilibrio fue de 236 unidades.

VI. RECOMENDACIONES

Se establecen las siguientes recomendaciones:

- Realizar análisis farinográfico cuyos índices normalmente son: absorción de agua, desarrollo de la masa, estabilidad y grado de ablandamiento.
- Hacer el análisis alveográfico que incluye tenacidad, elasticidad y extensibilidad de la masa.
- Investigar otras formulaciones para el aprovechamiento de la sachapapa morada en productos de panadería
- Realizar estudios del tiempo de vida útil

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO MERCADO, A. N., SANDOVAL ASSIA, I. S., y SALCEDO MENDOZA, J. G. (2015). Desarrollo y productividad de ñame (*Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*) en diferentes condiciones hídricas. *Acta Agronómica*, 64, 30-35.
- ALIMENTARIUS, C. (1985). Norma del Codex para la harina de trigo. *Codex Alimentarius*.
- AMESSIS-OUCHEMOUKH, N., OUCHEMOUKH, S., BENCHIBANE, T., HERNANZ, D., STINCO, C. M., RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J., . . . LUIS, J. (2017). Valorization of the whole grains of *Triticum aestivum* L. and *Triticum vulgare* L. through the investigation of their biochemical composition and in vitro antioxidant, anti-inflammatory, anticancer and anticalpain activities. *Journal of Cereal Science*, 75, 278-285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.04.017>
- BADUI DERGAL, S. (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica*: Pearson.
- CERÓN, A. F., HURTADO B, A., OSORIO M, O., y BUCHELY, M. (2011). ESTUDIO DE LA FORMULACIÓN DE LA HARINA DE PAPA DE LA VARIEDAD PARDA PASTUSA (*Solanum tuberosum*) COMO

SUSTITUTO PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO EN PANADERÍA.

Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 9, 105-111.

CHIRINOS LEAL, W., BRACHO ESPINOZA, H., TORRES, I., NAVAS, P., VARGAS, N., HERNÁNDEZ, R., y BARRERA, W. (2017). Valor nutritivo de panes con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de tapirama (*Phaseolus lunatus* L). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 40(1), 52-60.

DI SCIPIO, S., ESCALONA, Y., QUIJADA, K., y MILLÁN, F. (2008). Estudio del mezclado de emulsiones concentradas de aceite en agua aplicando la metodología de superficie de respuesta. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(3), 53-64.

GIL, G. M. A., VÉLEZ ACOSTA, L. M., MILLÁN CARDONA, L. D. J., ACOSTA HURTADO, M. A., DÍEZ RODRIGUEZ, A. C., CARDONA TABORDA, N., . . . VILLA MEJIA, G. C. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con alto valor nutricional a partir de la harina obtenida del banano verde con cáscara: una nueva opción para el aprovechamiento de residuos de la industria de exportación. *Producción + Limpia*, 6, 96-107.

HENAO, O. S. (2004). Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación. Tesis (Ingeniero Agroindustrial).

HARINA DE TRIGO PARA CONSUMO DOMÉSTICO Y USO INDUSTRIAL (1986).

- JIMÉNEZ, M. E. G. (2017). *Estudio del efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de arrozillo en la producción de pan*. Quito, 2017.
- MARTINEZ, M., CASTAÑARES, E., DINOLFO, M. I., PACHECO, W. G., MORENO, M. V., y STENGLEIN, S. A. (2014). Presencia de *Fusarium graminearum* en muestras de trigo destinado al consumo humano. *Revista Argentina de Microbiología*, 46(1), 41-44. doi: [https://doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70046-X](https://doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70046-X)
- MELLADO, M. D. L. M. S., y HAROS, M. (2016). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harina integral de arroz. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19.
- MERCADO, A. N. A., MENDOZA, J. G. S., y ASSIA, I. S. S. (2015). Desarrollo y productividad de ñame (*Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*) en diferentes condiciones hídricas. *Acta Agronómica*, 64(1), 30-35.
- MOLLICA, J. Q., CARA, D. C., D'AURIOL, M., OLIVEIRA, V. B., CESAR, I. C., y BRANDÃO, M. G. L. (2013). Anti-inflammatory activity of American yam *Dioscorea trifida* L.f. in food allergy induced by ovalbumin in mice. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1975-1984. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.020>
- MONTOYA-LÓPEZ, J., GIRALDO-GIRALDO, G. A., y LUCAS-AGUIRRE, J. C. (2012). Determinación del índice de blancura en harina de trigo comercial. *Vitae*, 19(1), S415-S416.

- PASCUAL , C. G., y ZAPATA, H. J. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* L. por harina de kiwicha *Amaranthus caudatus* L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(4), 377-388.
- PÉREZ ARÉVALO, J., RAMÍREZ SAAVEDRA, R., ADRIANZEN JULCA, P., COBOS RUIZ, M., y CASTRO GÓMEZ, J. (2013). Diversidad genética de *Dioscorea trifida* "sachapapa" de cinco cuencas hidrográficas de la amazonía peruana. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*; Vol. 3 Núm. 2 (2013). doi: 10.22386/ca.v3i2.55
- PÉREZ, E., ROLLAND-SABATÉ, A., DUFOUR, D., GUZMÁN, R., TAPIA, M., RAYMUNDEZ, M., . . . GIBERT, O. (2013). Isolated starches from yams (*Dioscorea* sp) grown at the Venezuelan Amazons: Structure and functional properties. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 650-658. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.06.051>
- PUGA, Z. L. E. (2013). Optimización del tiempo de proceso de pan fortificado a partir de harina de plátano "*Musa paradisiaca* L" y sachapapa morada "*Dioscórrea trífida* L.".
- QUAGLIA, G., MATEOS-NEVADO ALONSO, D., y MATEOS-NEVADO, B. (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación*: Acribia.
- RAMOS-ESCUADERO, F., MUÑOZ, A. M., ALVARADO-ORTIZ URETA, C., y YÁÑEZ, J. A. (2010). Antocianinas, polifenoles, actividad anti-oxidante de sachapapa morada (*Dioscorea trifida* L.) y evaluación de lipoperoxidación en suero humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(1), 61-72.

- RAMOS-ESCUADERO, F., SANTOS-BUELGA, C., PÉREZ-ALONSO, J. J., YÁÑEZ, J. A., y DUEÑAS, M. (2010). HPLC-DAD-ESI/MS identification of anthocyanins in *Dioscorea trifida* L. yam tubers (purple sachapapa). *European Food Research and Technology*, 230(5), 745-752.
- REYES, M., GÓMEZ-SÁNCHEZ PRIETO, I., ESPINOZA BARRIENTOS, C., BRAVO REBATA, F., y GANOZA MORÓN, L. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*: Instituto Nacional de Salud.
- RM1020. (2011). Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N 1020-2010/MINSA. Ministerio de Salud Lima-Perú 2011.
- ROSTRAN, T., DEL CARMEN, K., y RIVERA RIVAS, H. F. (2018). *Costos: Diagnóstico de los costos de producción por proceso para la panadería y repostería El Mana correspondiente al año 2015*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- SALOMÓN, N., ALDALUR, B., CUNIBERTI, M., y MIRANDA, R. (2013). Distribución de la calidad del trigo pan argentino utilizando mapas del sistema de información geográfica. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 39(1), 41-50.
- SIBINA, D. L. R., LAURA, M. I. M., ZAGACETA, C. C., ZAGACETA, F. C., y HUAYTA, L. A. (2001). Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. *Alimentaria*, 1(1), 43-48.
- SILVA, G. M. M. (2017). Optimización de cupcakes elaborado con sustitución parcial de harina de trigo por harina de algarrobo (*prosopis pallida*).

- TEJERO, F. (2018). F.T Asesoría técnica en panificación. Retrieved 05/01/2018, from <http://www.franciscotejero.com/tecnicas/la-temperatura-de-las-masas/>
- VARGAS, Z. F. (2014). Elaboración de mazamorra morada a partir de harina sucedánea de sachapapa morada (Dioscórea Trífida).
- WHITE, M. G., RODRÍGUEZ, V., y CASTILLO, C. (2010). Utilización del método de superficie de respuesta para formular una base de banano (Musa AAA) para batidos. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 081-094.
- ZAVALETA, S. M. (2013). "Elaboracion de pan labranza utilizando harina de torta qde sacha inchi (*plukenetia volubilis*) Como sustitucion parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) y evaluacion de su calidad.

VIII. ANEXOS

Anexo 1.

Guía instructiva para evaluar el “estudio de la incidencia de incorporación de harina y masas de sachapapa de dos variedades blanca y morada como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de elaboración de pan”.

Instrucciones: Lea y analice detenidamente cada una de las características organolépticas del pan descritas a continuación, para realizar las degustaciones del mismo.

Características organolépticas

COLOR: El color debe ser uniforme de dorado a ligeramente marrón, debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.

OLOR: El olor debe ser del pan recién horneado, fresco libre de olores extraños o rancios. Sin olor desagradable.

CONSISTENCIA: El migajón es húmedo y elástico, además debe existir una porosidad uniforme, no esponjosa ni desmenuzable.

MIGA: La miga debe tener alveolos uniformes, no desmigajarse.

SABOR: El sabor debe ser placentero, sin trazas de sabor agrio o levadura; es decir no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez. Sin sabor desagradable.

ACEPTABILIDAD: Se valora de acuerdo a la aceptabilidad o preferencia del producto.

5. Sabor

ALTERNATIVAS	MUESTRAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Muy agradable a pan												
Agradable a pan												
Poco agradable a pan												
Ni agradable ni desagradable												
Poco desagradable												
Desagradable												
Muy desagradable												

6. Aceptabilidad

ALTERNATIVAS	MUESTRAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gusta mucho												
Gusta												
Gusta poco												
Ni gusta ni disgusta												
Disgusta poco												
Disgusta												
Disgusta mucho												

OBSERVACIONES:.....

Anexo 2. Resultados de la evaluación sensorial preliminar

Evaluación del color de la corteza

Variedad	Tipo	Nivel	Repet	Panelistas													Σ	X
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Blanca	Harina	15	1	5	5	5	4	4	5	5	5	6	5	5	4	4	62	4.76923
		15	2	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	6	6	63	4.84615
		15	3	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	62	4.76923
		20	1	5	5	5	4	4	5	5	6	6	5	5	4	4	63	4.84615
		20	2	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	6	63	4.84615
		20	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	61	4.69231
		25	1	4	5	6	6	5	5	5	6	5	6	5	6	5	69	5.30769
		25	2	5	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	69	5.30769
		25	3	4	4	5	5	6	6	6	5	6	6	5	5	5	68	5.23077
	Masa	15	1	6	6	5	6	7	6	5	6	6	7	5	6	6	77	5.92308
		15	2	5	6	6	5	7	7	6	5	6	6	7	5	6	77	5.92308
		15	3	7	5	5	6	6	7	6	6	5	6	6	5	6	76	5.84615
		20	1	4	5	6	6	5	5	5	6	5	4	5	6	7	69	5.30769
		20	2	5	5	6	4	4	7	5	6	6	6	5	5	5	69	5.30769
		20	3	4	4	5	5	6	6	6	5	6	6	5	5	5	68	5.23077
		25	1	5	5	5	4	4	5	5	6	6	5	5	4	4	63	4.84615
		25	2	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	6	6	64	4.92308
		25	3	6	6	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	65	5
Morada	Harina	15	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	59	4.53846	
		15	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		15	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		20	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		20	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		20	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		25	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		25	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		25	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
	Masa	15	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		15	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		15	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		20	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		20	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		20	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		25	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		25	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		25	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769

Evaluación del aroma del pan

Variedad	Tipo	Nivel	Repet	Panelistas													Σ	X
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Blanca	Harina	15	1	5	5	4	4	5	5	5	6	5	5	5	4	5	63	4.84615
		15	2	5	5	4	4	4	5	5	4	5	6	5	5	5	62	4.76923
		15	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	64	4.92308
		20	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	64	4.92308
		20	2	5	5	6	4	4	5	5	5	5	6	5	5	5	65	5
		20	3	5	4	5	5	5	4	6	5	5	4	5	5	5	63	4.84615
		25	1	5	5	6	6	5	5	5	6	5	5	5	6	5	69	5.30769
		25	2	5	5	6	4	4	5	5	6	6	6	5	5	5	67	5.15385
		25	3	5	4	5	5	6	6	6	5	5	6	5	5	5	68	5.23077
	Masa	15	1	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	5	6	71	5.46154
		15	2	5	6	6	5	5	5	6	5	6	6	7	5	6	73	5.61538
		15	3	6	5	5	6	6	5	6	5	5	6	6	5	6	72	5.53846
		20	1	5	5	4	6	5	5	5	6	5	5	5	5	5	66	5.07692
		20	2	4	5	5	4	4	5	5	6	5	6	5	5	5	64	4.92308
		20	3	5	4	5	5	4	6	4	5	5	5	5	5	5	63	4.84615
		25	1	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	61	4.69231
		25	2	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	59	4.53846
		25	3	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5	60	4.61538
Morada	Harina	15	1	5	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	60	4.61538
		15	2	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	59	4.53846
		15	3	5	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5	5	5	59	4.53846
		20	1	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	61	4.69231
		20	2	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	59	4.53846
		20	3	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5	60	4.61538
		25	1	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	61	4.69231
		25	2	5	5	6	4	4	5	5	6	6	6	5	5	5	67	5.15385
		25	3	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	59	4.53846
	Masa	15	1	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	60	4.61538
		15	2	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	58	4.46154
		15	3	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	59	4.53846
		20	1	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	5	4	5	58	4.46154
		20	2	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	5	56	4.30769
		20	3	5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	3	5	4	55	4.23077
		25	1	5	5	4	4	3	5	5	4	5	4	5	4	5	58	4.46154
		25	2	5	3	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	57	4.38462
		25	3	3	4	5	5	4	4	4	5	5	4	3	5	5	56	4.30769

Evaluación del sabor del pan

Variedad	Tipo	Nivel	Repet	Panelistas													Σ	X
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Blanca	Harina	15	1	5	5	5	4	4	5	5	5	6	5	5	4	4	62	4.76923
		15	2	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	6	6	63	4.84615
		15	3	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	62	4.76923
		20	1	5	5	5	4	4	5	5	6	6	5	5	4	4	63	4.84615
		20	2	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	6	63	4.84615
		20	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	61	4.69231
		25	1	4	5	6	6	5	5	5	6	5	6	5	6	5	69	5.30769
		25	2	5	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	69	5.30769
		25	3	4	4	5	5	6	6	6	5	6	6	5	5	5	68	5.23077
	Masa	15	1	6	6	7	6	7	6	6	7	6	7	6	6	6	82	6.30769
		15	2	7	6	6	7	7	7	6	7	6	6	7	7	6	85	6.53846
		15	3	7	7	7	6	6	7	6	6	7	6	6	7	6	84	6.46154
		20	1	6	5	6	6	5	5	5	6	5	6	5	6	7	73	5.61538
		20	2	5	4	6	6	6	7	5	6	6	6	5	5	5	72	5.53846
		20	3	6	6	5	5	6	5	6	5	6	7	5	5	5	72	5.53846
		25	1	5	5	5	6	4	5	5	6	6	5	5	6	6	69	5.30769
		25	2	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	68	5.23077
		25	3	6	6	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	4	67	5.15385
Morada	Harina	15	1	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	63	4.84615	
		15	2	6	5	4	4	5	6	5	5	5	7	4	4	6	66	5.07692
		15	3	5	7	4	5	7	4	6	4	4	4	4	5	5	64	4.92308
		20	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		20	2	4	5	4	4	5	6	5	5	5	4	4	4	4	59	4.53846
		20	3	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	57	4.38462
		25	1	5	4	5	5	4	3	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		25	2	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	58	4.46154
		25	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
	Masa	15	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		15	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		15	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		20	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		20	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		20	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		25	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		25	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		25	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769

Evaluación de la textura del pan

Variedad	Tipo	Nivel	Repet	Panelistas													Σ	X
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Blanca	Harina	15	1	5	5	5	4	4	5	5	5	6	5	5	4	4	62	4.76923
		15	2	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	6	6	63	4.84615
		15	3	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	62	4.76923
		20	1	5	5	5	4	4	5	5	6	6	5	5	4	4	63	4.84615
		20	2	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	6	63	4.84615
		20	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	61	4.69231
		25	1	4	5	6	6	5	5	5	6	5	6	5	6	5	69	5.30769
		25	2	5	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	69	5.30769
		25	3	4	4	5	5	6	6	6	5	6	6	5	5	5	68	5.23077
	Masa	15	1	5	6	5	6	5	6	5	6	6	5	5	6	6	72	5.53846
		15	2	5	5	6	5	5	5	6	5	6	6	6	5	6	71	5.46154
		15	3	6	5	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6	6	74	5.69231
		20	1	4	5	5	6	5	5	5	6	5	4	5	6	7	68	5.23077
		20	2	5	5	5	4	4	6	5	6	6	6	5	5	5	67	5.15385
		20	3	4	4	5	5	6	5	5	5	6	6	5	5	5	66	5.07692
		25	1	4	5	5	4	4	5	5	6	6	5	5	4	4	62	4.76923
		25	2	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	6	6	63	4.84615
		25	3	4	6	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	63	4.84615
Morada	Harina	15	1	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	58	4.46154	
		15	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		15	3	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		20	1	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	58	4.46154
		20	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		20	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		25	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		25	2	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	58	4.46154
		25	3	5	4	4	5	4	4	5	4	6	4	5	5	5	60	4.61538
	Masa	15	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		15	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		15	3	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	57	4.38462
		20	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		20	2	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	58	4.46154
		20	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		25	1	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	59	4.53846
		25	2	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	58	4.46154
		25	3	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	57	4.38462

Evaluación de la aceptabilidad

Variedad	Tipo	Nivel	Repet	Panelistas													Σ	X
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Blanca	Harina	15	1	5	5	5	7	4	5	5	5	6	5	5	4	4	65	5
		15	2	5	4	7	5	4	5	5	4	5	5	5	6	6	66	5.07692
		15	3	5	4	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	4	65	5
		20	1	5	5	5	7	4	5	5	6	6	5	5	4	4	66	5.07692
		20	2	5	5	7	5	5	4	5	4	5	5	5	5	6	66	5.07692
		20	3	4	5	5	5	7	5	5	5	4	5	5	5	4	64	4.92308
		25	1	7	5	6	6	5	5	5	6	5	6	5	6	5	72	5.53846
		25	2	7	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	71	5.46154
		25	3	4	7	5	5	6	6	6	6	5	6	6	5	5	71	5.46154
	Masa	15	1	7	6	7	6	7	6	5	6	6	5	5	6	6	78	6
		15	2	5	5	6	7	7	7	6	5	6	6	6	5	6	77	5.92308
		15	3	6	5	7	6	6	5	6	6	7	6	6	6	6	78	6
		20	1	4	5	5	6	7	5	5	6	5	7	5	6	7	73	5.61538
		20	2	5	7	5	7	7	6	5	6	6	6	5	5	5	75	5.76923
		20	3	7	7	5	5	6	5	5	5	6	6	7	5	5	74	5.69231
		25	1	4	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6	70	5.38462
		25	2	5	6	6	5	5	5	6	6	5	5	5	6	6	71	5.46154
		25	3	6	6	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	6	69	5.30769
Morada	Harina	15	1	4	4	4	5	4	4	5	7	5	5	5	4	61	4.69231	
		15	2	4	5	4	7	5	4	5	5	5	4	4	4	60	4.61538	
		15	3	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	56	4.30769
		20	1	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	58	4.46154
		20	2	4	5	7	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	60	4.61538
		20	3	5	4	7	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	59	4.53846
		25	1	4	4	5	5	7	4	5	4	5	5	5	5	4	62	4.76923
		25	2	4	5	4	5	7	5	5	5	5	4	4	4	4	61	4.69231
		25	3	5	4	4	5	4	4	5	4	6	4	5	5	5	60	4.61538
	Masa	15	1	4	4	5	5	7	4	5	4	5	5	5	5	4	62	4.76923
		15	2	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	57	4.38462
		15	3	5	4	5	5	7	4	4	4	4	4	4	5	5	60	4.61538
		20	1	4	4	5	5	7	4	5	4	5	5	5	5	4	62	4.76923
		20	2	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	58	4.46154
		20	3	5	4	4	5	4	7	4	4	4	4	4	5	5	59	4.53846
		25	1	4	4	5	5	4	7	5	4	5	5	5	5	4	62	4.76923
		25	2	4	5	5	4	5	7	5	5	5	4	4	4	4	61	4.69231
		25	3	5	4	5	5	7	4	4	4	4	4	4	5	5	60	4.61538

Anexo 3. Análisis de Varianza del análisis sensorial preliminar

Color de la corteza del pan

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedad de Sacha papa	5.09139	1	5.09139	127.10	0.0000
B: Tipo de sustitución	0.378698	1	0.378698	9.45	0.0046
C: % de Sustitución	0.0890039	1	0.0890039	2.22	0.1469
AB	0.378698	1	0.378698	9.45	0.0046
AC	0.0890039	1	0.0890039	2.22	0.1469
BC	0.801036	1	0.801036	20.00	0.0001
Error total	1.16165	29	0.040057		
Total (corr.)	7.98948	35			

Aroma del pan

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedad sachapa	2.0618	1	2.0618	76.75	0.0000
B: Tipo de sustitución	0.0946746	1	0.0946746	3.52	0.0706
C: Porcentaje de sustitución	0.0798817	1	0.0798817	2.97	0.0953
AB	0.16831	1	0.16831	6.26	0.0182
AC	0.142012	1	0.142012	5.29	0.0289
BC	1.07396	1	1.07396	39.98	0.0000
Error total	0.779093	29	0.0268653		
Total (corr.)	4.39974	35			

Sabor del pan

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedad sachapa	6.25	1	6.25	75.77	0.0000
B: Tipo de sustitución	0.737837	1	0.737837	8.94	0.0056
C: Porcentaje de sustitución	0.568047	1	0.568047	6.89	0.0137
AB	2.25	1	2.25	27.28	0.0000
AC	0.0157791	1	0.0157791	0.19	0.6651
BC	0.521696	1	0.521696	6.32	0.0177
Error total	2.39218	29	0.0824888		
Total (corr.)	12.7355	35			

Textura del pan

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades sachapa	3.55178	1	3.55178	137.80	0.0000
B: Tipo de sustitución	0.119822	1	0.119822	4.65	0.0395
C: Porcentaje de Sustitución	0.00221893	1	0.00221893	0.09	0.7713
AB	0.102728	1	0.102728	3.99	0.0554
AC	0.0712525	1	0.0712525	2.76	0.1072
BC	0.692554	1	0.692554	26.87	0.0000
Error total	0.747452	29	0.0257742		
Total (corr.)	5.2878	35			

Aceptabilidad del pan

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedad de sachapa	6.12245	1	6.12245	223.39	0.0000
B: Tipo de sustitución	0.652367	1	0.652367	23.80	0.0000
C: Porcentaje de sustitución	0.00616371	1	0.00616371	0.22	0.6389
AB	0.497206	1	0.497206	18.14	0.0002
AC	0.0554734	1	0.0554734	2.02	0.1655
BC	0.455868	1	0.455868	16.63	0.0003
Error total	0.79479	29	0.0274065		
Total (corr.)	8.58432	35			

Anexo 4. Resultados de la evaluación del incremento de volumen

Datos del incremento de volumen (ml) al inicio de la fermentación

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	19.00	18.00	19.00	56.00	18.67
T2	P1A1F2	18.00	17.00	18.00	53.00	17.67
T3	P1A2F1	18.00	19.00	18.00	55.00	18.33
T4	P1A2F2	20.00	21.00	20.00	61.00	20.33
T5	P2A1F1	19.00	19.00	18.00	56.00	18.67
T6	P2A1F2	19.00	18.00	18.00	55.00	18.33
T7	P2A2F1	18.00	18.00	17.00	53.00	17.67
T8	P2A2F2	18.00	18.00	18.00	54.00	18.00
T9	P3A1F1	18.00	17.00	19.20	54.20	18.07
T10	P3A1F2	19.00	19.00	18.80	56.80	18.93
T11	P3A2F1	19.00	18.00	19.00	56.00	18.67
T12	P3A2F2	18.80	17.00	17.00	52.80	17.60

Datos del incremento de volumen (ml) a los 30 minutos de fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	20.00	19.00	19.00	58.00	19.33
T2	P1A1F2	21.00	20.00	20.00	61.00	20.33
T3	P1A2F1	21.00	21.00	21.00	63.00	21.00
T4	P1A2F2	22.00	23.00	22.00	67.00	22.33
T5	P2A1F1	21.00	22.00	21.00	64.00	21.33
T6	P2A1F2	20.00	20.00	19.00	59.00	19.67
T7	P2A2F1	19.00	19.00	20.00	58.00	19.33
T8	P2A2F2	20.00	19.00	19.00	58.00	19.33
T9	P3A1F1	18.00	18.00	19.00	55.00	18.33
T10	P3A1F2	19.00	18.00	18.00	55.00	18.33
T11	P3A2F1	18.00	17.00	17.00	52.00	17.33
T12	P3A2F2	17.00	18.00	19.40	54.40	18.13

Datos del incremento de volumen (ml) a los 45 minutos de la fermentación

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	27.00	28.00	28.00	83.00	27.67
T2	P1A1F2	28.00	28.00	29.00	85.00	28.33
T3	P1A2F1	28.00	28.00	29.00	85.00	28.33
T4	P1A2F2	28.00	29.00	29.00	86.00	28.67
T5	P2A1F1	28.00	29.00	29.00	86.00	28.67
T6	P2A1F2	28.00	28.00	29.00	85.00	28.33
T7	P2A2F1	28.00	28.00	27.00	83.00	27.67
T8	P2A2F2	27.00	28.00	28.00	83.00	27.67
T9	P3A1F1	27.00	28.00	27.00	82.00	27.33
T10	P3A1F2	27.00	27.00	28.00	82.00	27.33
T11	P3A2F1	27.00	27.00	26.00	80.00	26.67
T12	P3A2F2	26.00	26.00	27.00	79.00	26.33

Datos del incremento de volumen (ml) al final de la fermentación

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	30.00	29.00	29.00	88.00	29.33
T2	P1A1F2	31.00	31.00	32.00	94.00	31.33
T3	P1A2F1	31.00	32.00	32.00	95.00	31.67
T4	P1A2F2	32.00	32.00	31.00	95.00	31.67
T5	P2A1F1	30.00	30.00	31.00	91.00	30.33
T6	P2A1F2	29.00	29.00	30.00	88.00	29.33
T7	P2A2F1	29.00	29.00	30.00	88.00	29.33
T8	P2A2F2	28.00	28.00	27.00	83.00	27.67
T9	P3A1F1	26.00	27.00	27.00	80.00	26.67
T10	P3A1F2	26.00	26.00	27.00	79.00	26.33
T11	P3A2F1	26.00	26.00	25.00	77.00	25.67
T12	P3A2F2	25.00	26.00	26.00	77.00	25.67

Anexo 4. Análisis de varianza del incremento de volumen

Incremento de volumen (ml) al inicio de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	0.0908498	1	0.0908498	0.12	0.7478
B:Tiempo de amasado	0.0734875	1	0.0734875	0.09	0.7722
C:Tiempo de Fermentado	0.233938	1	0.233938	0.30	0.6090
AB	0.508803	1	0.508803	0.65	0.4578
AC	0.000918503	1	0.000918503	0.00	0.9741
BC	0.532253	1	0.532253	0.68	0.4482
Error total	3.93349	5	0.786698		
Total (corr.)	6.20737	11			

Incremento de volumen (ml) a los 30 minutos de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	12.696	1	12.696	13.26	0.0149
B:Tiempo de amasado	0.0122978	1	0.0122978	0.01	0.9142
C:Tiempo de Fermentado	0.0000690052	1	0.0000690052	0.00	0.9936
AB	2.85919	1	2.85919	2.99	0.1446
AC	0.817882	1	0.817882	0.85	0.3978
BC	0.108758	1	0.108758	0.11	0.7498
Error total	4.78871	5	0.957742		
Total (corr.)	23.6865	11			

Incremento de volumen (ml) a los 45 minutos de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	2.92113	1	2.92113	12.11	0.0177
B:Tiempo de amasado	0.423139	1	0.423139	1.75	0.2426
C:Tiempo de Fermentado	0.0284831	1	0.0284831	0.12	0.7451
AB	0.761895	1	0.761895	3.16	0.1356
AC	0.0891347	1	0.0891347	0.37	0.5698
BC	0.0000234809	1	0.0000234809	0.00	0.9925
Error total	1.20574	5	0.241148		
Total (corr.)	6.2568	11			

Incremento de volumen (ml) al final de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	47.1425	1	47.1425	57.23	0.0006
B:Tiempo de amasado	1.11214	1	1.11214	1.35	0.2977
C:Tiempo de Fermentado	0.616886	1	0.616886	0.75	0.4264
AB	4.34974	1	4.34974	5.28	0.0699
AC	1.727	1	1.727	2.10	0.2073
BC	1.26228	1	1.26228	1.53	0.2707
Error total	4.11846	5	0.823692		
Total (corr.)	57.5368	11			

Anexo 5. Resultados del incremento de temperatura

Temperatura (°C) al inicio de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	25.00	25.00	24.00	74.00	24.67
T2	P1A1F2	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T3	P1A2F1	25.00	25.00	24.00	74.00	24.67
T4	P1A2F2	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T5	P2A1F1	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T6	P2A1F2	25.00	25.00	24.00	74.00	24.67
T7	P2A2F1	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T8	P2A2F2	26.00	25.00	25.00	76.00	25.33
T9	P3A1F1	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T10	P3A1F2	26.00	25.00	25.00	76.00	25.33
T11	P3A2F1	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T12	P3A2F2	25.00	25.00	24.00	74.00	24.67

Incremento de Temperatura (°C) a los 15 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	28.00	28.00	27.00	83.00	27.67
T2	P1A1F2	29.00	28.00	29.00	86.00	28.67
T3	P1A2F1	28.00	29.00	28.00	85.00	28.33
T4	P1A2F2	28.00	29.00	30.00	87.00	29.00
T5	P2A1F1	29.00	29.00	28.00	86.00	28.67
T6	P2A1F2	29.00	29.00	29.00	87.00	29.00
T7	P2A2F1	29.00	29.00	28.00	86.00	28.67
T8	P2A2F2	30.00	30.00	29.00	89.00	29.67
T9	P3A1F1	29.00	29.00	28.00	86.00	28.67
T10	P3A1F2	30.00	30.00	29.00	89.00	29.67
T11	P3A2F1	29.00	29.00	30.00	88.00	29.33
T12	P3A2F2	30.00	29.00	29.00	88.00	29.33

Incremento de Temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T2	P1A1F2	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T3	P1A2F1	25.00	26.00	26.00	77.00	25.67
T4	P1A2F2	26.30	26.20	26.40	78.90	26.30
T5	P2A1F1	26.00	26.00	26.00	78.00	26.00
T6	P2A1F2	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T7	P2A2F1	25.00	26.00	25.00	76.00	25.33
T8	P2A2F2	25.10	25.00	25.00	75.10	25.03
T9	P3A1F1	25.00	26.00	25.00	76.00	25.33
T10	P3A1F2	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T11	P3A2F1	25.00	26.00	25.00	76.00	25.33
T12	P3A2F2	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00

Incremento de Temperatura (°C) a los 45 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	25.00	25.00	26.00	76.00	25.33
T2	P1A1F2	25.00	26.00	25.00	76.00	25.33
T3	P1A2F1	27.00	26.00	27.00	80.00	26.67
T4	P1A2F2	27.00	27.00	26.00	80.00	26.67
T5	P2A1F1	27.00	28.00	27.00	82.00	27.33
T6	P2A1F2	26.00	26.00	26.00	78.00	26.00
T7	P2A2F1	26.00	26.00	25.00	77.00	25.67
T8	P2A2F2	26.00	27.00	26.00	79.00	26.33
T9	P3A1F1	27.00	26.00	26.00	79.00	26.33
T10	P3A1F2	26.00	26.00	26.00	78.00	26.00
T11	P3A2F1	26.00	26.00	27.00	79.00	26.33
T12	P3A2F2	26.00	26.00	25.00	77.00	25.67

Incremento de Temperatura (°C) al final de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T2	P1A1F2	25.00	26.00	25.00	76.00	25.33
T3	P1A2F1	25.00	26.00	25.00	76.00	25.33
T4	P1A2F2	26.00	25.00	26.00	77.00	25.67
T5	P2A1F1	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T6	P2A1F2	25.00	26.00	25.00	76.00	25.33
T7	P2A2F1	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T8	P2A2F2	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T9	P3A1F1	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T10	P3A1F2	25.00	24.00	25.00	74.00	24.67
T11	P3A2F1	25.00	25.00	25.00	75.00	25.00
T12	P3A2F2	25.00	25.00	24.00	74.00	24.67

Anexo 6. Análisis de la varianza para la temperatura

Inicio de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de sustitución	0.137008	1	0.137008	1.08	0.3457
B:Tiempo de amasado	0.0194042	1	0.0194042	0.15	0.7115
C:Tiempo de fermentado	0.0333985	1	0.0333985	0.26	0.6293
AB	0.0613511	1	0.0613511	0.48	0.5172
AC	0.0327153	1	0.0327153	0.26	0.6327
BC	0.123762	1	0.123762	0.98	0.3680
Error total	0.632552	5	0.12651		
Total (corr.)	1.11623	11			

Incremento de temperatura (°C) a los 15 minutos de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de sustitución	1.7322	1	1.7322	40.90	0.0014
B:Tiempo de amasado	0.576338	1	0.576338	13.61	0.0142
C:Tiempo de fermentado	1.54624	1	1.54624	36.51	0.0018
AB	0.00462046	1	0.00462046	0.11	0.7546
AC	0.0030396	1	0.0030396	0.07	0.7995
BC	0.00249109	1	0.00249109	0.06	0.8180
Error total	0.211736	5	0.0423472		
Total (corr.)	3.6238	11			

Incremento de temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de sustitución	0.619257	1	0.619257	5.18	0.0719
B:Tiempo de amasado	0.00314627	1	0.00314627	0.03	0.8775
C:Tiempo de fermentado	0.127343	1	0.127343	1.07	0.3493
AB	0.337541	1	0.337541	2.82	0.1537
AC	0.252001	1	0.252001	2.11	0.2062
BC	0.0241519	1	0.0241519	0.20	0.6719
Error total	0.597548	5	0.11951		
Total (corr.)	1.7265	11			

Incremento de temperatura (°C) a los 45 minutos de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de sustitución	0.0115258	1	0.0115258	0.03	0.8754
B:Tiempo de amasado	0.0749298	1	0.0749298	0.18	0.6915
C:Tiempo de fermentado	0.0963067	1	0.0963067	0.23	0.6535
AB	0.873949	1	0.873949	2.06	0.2103
AC	0.0260916	1	0.0260916	0.06	0.8138
BC	0.291622	1	0.291622	0.69	0.4444
Error total	2.11718	5	0.423436		
Total (corr.)	3.87937	11			

Incremento de temperatura (°C) al final de la fermentación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de sustitución	0.552787	1	0.552787	20.48	0.0063
B:Tiempo de amasado	0.000194641	1	0.000194641	0.01	0.9356
C:Tiempo de fermentado	0.00350309	1	0.00350309	0.13	0.7334
AB	0.109962	1	0.109962	4.07	0.0996
AC	0.184154	1	0.184154	6.82	0.0476
BC	0.012069	1	0.012069	0.45	0.5333
Error total	0.134973	5	0.0269946		
Total (corr.)	0.910067	11			

Anexo 7. Datos y análisis de varianza del peso final del pan (g).

Datos del peso final

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	34.20	34.40	34.20	102.80	34.27
T2	P1A1F2	35.20	35.40	35.30	105.90	35.30
T3	P1A2F1	36.50	36.60	36.00	109.10	36.37
T4	P1A2F2	40.00	39.80	39.80	119.60	39.87
T5	P2A1F1	37.60	37.70	37.80	113.10	37.70
T6	P2A1F2	36.70	36.80	36.60	110.10	36.70
T7	P2A2F1	36.20	36.30	37.00	109.50	36.50
T8	P2A2F2	36.40	36.40	36.50	109.30	36.43
T9	P3A1F1	35.30	35.40	35.40	106.10	35.37
T10	P3A1F2	34.40	34.60	34.60	103.60	34.53
T11	P3A2F1	34.10	34.00	34.20	102.30	34.10
T12	P3A2F2	33.80	33.60	34.70	102.10	34.03

Análisis de la varianza para el peso final del pan (g).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	6.05475	1	6.05475	3.25	0.1311
B:Tiempo de amasado	0.774416	1	0.774416	0.42	0.5473
C:Tiempo de Fermentado	0.507104	1	0.507104	0.27	0.6240
AB	7.11068	1	7.11068	3.82	0.1080
AC	2.41401	1	2.41401	1.30	0.3064
BC	1.27023	1	1.27023	0.68	0.4464
Error total	9.30654	5	1.86131		
Total (corr.)	32.4029	11			

Anexo 8. Datos y análisis de varianza del volumen del producto terminado
Datos de volumen del producto terminado

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	200.10	200.20	200.20	600.50	200.17
T2	P1A1F2	210.10	210.40	210.20	630.70	210.23
T3	P1A2F1	220.12	221.00	220.62	661.74	220.58
T4	P1A2F2	233.80	233.90	233.80	701.50	233.83
T5	P2A1F1	210.00	210.10	210.00	630.10	210.03
T6	P2A1F2	200.00	199.80	199.00	598.80	199.60
T7	P2A2F1	198.10	198.20	198.20	594.50	198.17
T8	P2A2F2	196.40	196.50	196.30	589.20	196.40
T9	P3A1F1	194.10	194.20	194.30	582.60	194.20
T10	P3A1F2	192.40	192.20	192.20	576.80	192.27
T11	P3A2F1	190.10	190.20	190.00	570.30	190.10
T12	P3A2F2	190.00	190.00	189.00	569.00	189.67

Análisis de la varianza para el volumen del producto terminado (ml).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	1219.72	1	1219.72	26.36	0.0037
B:Tiempo de amasado	5.54632	1	5.54632	0.12	0.7433
C:Tiempo de Fermentado	5.8642	1	5.8642	0.13	0.7364
AB	399.613	1	399.613	8.64	0.0323
AC	171.212	1	171.212	3.70	0.1124
BC	1.54607	1	1.54607	0.03	0.8622
Error total	231.386	5	46.2772		
Total (corr.)	1984.32	11			

Anexo 9. Datos y análisis de varianza del Porcentaje de Humedad del pan.

Datos del porcentaje de humedad

Tratamientos	Código	Repeticiones			Suma	Promedio
		1	2	3		
T1	P1A1F1	20.70	20.60	20.80	62.10	20.70
T2	P1A1F2	20.90	20.80	20.80	62.50	20.83
T3	P1A2F1	21.00	21.10	20.80	62.90	20.97
T4	P1A2F2	22.40	21.80	21.50	65.70	21.90
T5	P2A1F1	21.00	21.10	21.10	63.20	21.07
T6	P2A1F2	20.90	20.80	20.80	62.50	20.83
T7	P2A2F1	20.00	20.10	20.80	60.90	20.30
T8	P2A2F2	20.00	20.10	20.10	60.20	20.07
T9	P3A1F1	20.10	20.00	20.10	60.20	20.07
T10	P3A1F2	20.10	20.10	20.00	60.20	20.07
T11	P3A2F1	20.00	19.90	19.80	59.70	19.90
T12	P3A2F2	19.80	19.90	19.70	59.40	19.80

Análisis de la varianza para el Porcentaje de Humedad del pan.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	2.403	1	2.403	13.94	0.0135
B:Tiempo de amasado	0.0754791	1	0.0754791	0.44	0.5374
C:Tiempo de Fermentado	0.000197475	1	0.000197475	0.00	0.9743
AB	0.466067	1	0.466067	2.70	0.1610
AC	0.258517	1	0.258517	1.50	0.2752
BC	0.00178896	1	0.00178896	0.01	0.9228
Error total	0.861761	5	0.172352		
Total (corr.)	4.18663	11			

Anexo 10. Datos del análisis sensorial del producto final

Datos variación de color del pan

Tratamientos	Panelistas													Suma	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
T1	6	6	5	5	4	4	4	5	6	6	6	4	5	66	5.08
T2	6	5	5	5	3	3	6	6	6	6	5	6	6	68	5.23
T3	6	6	5	5	4	5	6	5	5	5	6	6	6	70	5.38
T4	6	6	5	7	7	5	5	6	6	6	6	6	5	76	5.85
T5	6	5	5	6	6	5	6	5	5	5	5	5	5	69	5.31
T6	6	5	5	5	5	6	5	4	6	6	5	6	4	68	5.23
T7	6	4	5	5	6	6	4	5	6	5	5	5	5	67	5.15
T8	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	5	60	4.62
T9	4	4	6	4	3	6	6	4	4	4	5	6	6	62	4.77
T10	4	5	4	4	6	5	6	4	4	4	6	6	6	64	4.92
T11	5	5	5	4	4	4	4	6	4	5	5	6	4	61	4.69
T12	4	5	6	5	6	5	4	4	6	4	5	4	5	63	4.85

Datos de la variación de olor del pan

Tratamientos	Panelistas													Suma	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
T1	6	6	5	6	6	6	3	5	6	6	6	5	5	71	5.46
T2	6	5	5	5	6	3	6	6	6	6	5	6	6	71	5.46
T3	6	6	5	7	6	5	6	5	5	5	6	6	6	74	5.69
T4	7	6	7	7	7	6	7	6	7	7	5	6	7	85	6.54
T5	6	6	5	7	6	5	7	5	6	5	7	7	4	76	5.85
T6	6	5	5	5	6	7	4	6	6	4	7	7	4	72	5.54
T7	6	6	5	5	5	7	5	5	5	5	5	6	5	70	5.38
T8	6	5	6	5	7	5	5	6	5	5	5	5	6	71	5.46
T9	5	5	6	5	5	5	6	5	5	4	5	7	7	70	5.38
T10	4	6	5	5	6	6	5	6	5	6	5	6	5	70	5.38
T11	6	6	6	6	5	5	5	6	4	5	5	6	6	71	5.46
T12	5	6	5	5	5	5	5	6	5	5	5	4	6	67	5.15

Datos de la variación de consistencia del pan

Tratamientos	Panelistas													suma	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
T1	6	3	5	5	6	6	5	5	6	6	6	4	5	68	5.23
T2	6	5	5	5	6	7	4	6	6	6	5	6	6	73	5.62
T3	6	6	5	7	6	5	6	5	5	5	6	6	6	74	5.69
T4	7	7	5	6	5	6	5	7	7	7	7	7	5	81	6.23
T5	6	6	5	5	6	5	6	7	7	5	6	6	6	76	5.85
T6	6	5	5	5	6	5	6	7	6	6	5	6	6	74	5.69
T7	5	5	5	5	6	6	6	5	6	6	6	5	5	71	5.46
T8	5	5	5	6	5	5	6	5	6	6	5	6	5	70	5.38
T9	5	6	5	6	5	4	6	5	4	5	6	6	6	69	5.31
T10	6	4	4	6	6	5	5	6	4	6	5	6	5	68	5.23
T11	5	4	5	5	6	5	5	6	6	5	4	6	4	66	5.08
T12	6	4	6	4	4	5	6	4	4	6	4	6	5	64	4.92

Datos de la variación de la miga del pan

Tratamientos	Panelistas													Suma	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
T1	4	3	5	3	4	5	4	5	4	4	4	3	5	53	4.08
T2	4	5	5	5	4	3	4	4	4	4	5	4	4	55	4.23
T3	4	4	5	3	4	5	4	5	5	5	4	4	4	56	4.31
T4	6	6	7	7	7	7	7	6	6	7	6	6	7	85	6.54
T5	6	6	7	6	6	5	6	7	7	7	6	6	6	81	6.23
T6	6	5	7	7	6	6	6	5	6	6	5	6	6	77	5.92
T7	7	7	5	5	6	6	6	5	6	6	6	6	5	76	5.85
T8	7	6	7	6	5	6	4	7	5	4	6	4	7	74	5.69
T9	6	6	5	6	5	6	5	6	6	6	5	5	5	72	5.54
T10	6	5	4	6	6	5	5	6	6	6	5	6	5	71	5.46
T11	5	6	5	5	6	5	5	6	4	5	6	6	6	70	5.38
T12	6	5	6	5	5	5	6	4	6	4	6	6	5	69	5.31

Datos de la variación del sabor del pan

Tratamientos	Panelistas													Suma	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
T1	3	3	5	5	4	4	3	5	4	4	4	3	5	52	4
T2	4	5	5	5	3	3	4	4	4	4	5	4	4	54	4.15
T3	4	4	5	3	4	5	4	5	5	5	4	4	4	56	4.31
T4	6	7	6	7	7	5	6	7	7	6	6	6	6	82	6.31
T5	6	6	7	6	6	7	6	5	7	7	6	6	6	81	6.23
T6	6	7	7	5	7	5	6	6	6	6	7	6	6	80	6.15
T7	7	7	5	5	6	6	7	6	6	6	6	5	7	79	6.08
T8	7	5	5	6	5	6	5	7	5	6	5	5	7	74	5.69
T9	6	6	5	6	5	5	5	6	6	6	5	5	5	71	5.46
T10	6	5	6	6	5	5	5	6	6	6	5	5	5	71	5.46
T11	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5	5	6	6	69	5.31
T12	6	5	4	5	6	5	4	6	6	6	5	5	5	68	5.23

Datos de la variación de aceptabilidad del pan

Tratamientos	Panelistas													Suma	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
T1	4	4	5	3	4	5	4	5	4	4	4	4	5	55	4.23
T2	4	5	5	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	57	4.38
T3	4	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	58	4.46
T4	6	6	5	7	7	7	7	6	6	7	6	7	7	84	6.46
T5	6	6	5	6	6	7	6	7	5	5	6	6	6	77	5.92
T6	5	5	6	7	6	5	6	7	5	5	7	5	5	74	5.69
T7	5	6	5	5	6	5	6	5	6	5	6	6	7	73	5.62
T8	5	6	5	6	6	5	6	5	6	5	6	6	5	72	5.54
T9	6	6	5	5	5	6	5	6	5	6	5	5	5	70	5.38
T10	6	5	6	6	5	5	5	4	5	6	5	6	5	69	5.31
T11	5	4	5	5	6	5	5	4	6	5	6	6	6	68	5.23
T12	6	5	6	5	5	5	4	5	4	6	4	6	5	66	5.08

Anexo 10. Análisis de varianza del análisis sensorial del producto final

Color del pan.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	0.771552	1	0.771552	10.15	0.0244
B:Tiempo de amasado	0.0180326	1	0.0180326	0.24	0.6468
C:Tiempo de Fermentado	0.0147402	1	0.0147402	0.19	0.6780
AB	0.244364	1	0.244364	3.22	0.1329
AC	0.105555	1	0.105555	1.39	0.2916
BC	0.0574192	1	0.0574192	0.76	0.4245
Error total	0.380031	5	0.0760062		
Total (corr.)	1.32347	11			

Olor del pan.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	0.315619	1	0.315619	3.73	0.1114
B:Tiempo de amasado	0.0239161	1	0.0239161	0.28	0.6179
C:Tiempo de Fermentado	0.0103443	1	0.0103443	0.12	0.7410
AB	0.216959	1	0.216959	2.56	0.1704
AC	0.100776	1	0.100776	1.19	0.3251
BC	0.0672497	1	0.0672497	0.79	0.4137
Error total	0.423423	5	0.0846847		
Total (corr.)	1.35306	11			

Consistencia del pan

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	0.589972	1	0.589972	9.47	0.0276
B:Tiempo de amasado	0.0103662	1	0.0103662	0.17	0.7003
C:Tiempo de Fermentado	0.00970456	1	0.00970456	0.16	0.7094
AB	0.331859	1	0.331859	5.32	0.0691
AC	0.134729	1	0.134729	2.16	0.2015
BC	0.000388182	1	0.000388182	0.01	0.9402
Error total	0.311637	5	0.0623274		
Total (corr.)	1.44181	11			

Miga del pan.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	0.864212	1	0.864212	1.32	0.3030
B:Tiempo de amasado	0.296258	1	0.296258	0.45	0.5314
C:Tiempo de Fermentado	0.400189	1	0.400189	0.61	0.4701
AB	0.563371	1	0.563371	0.86	0.3966
AC	0.300416	1	0.300416	0.46	0.5286
BC	0.563729	1	0.563729	0.86	0.3965
Error total	3.27996	5	0.655992		
Total (corr.)	6.88116	11			

Sabor del pan.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	0.962125	1	0.962125	1.16	0.3314
B:Tiempo de amasado	0.256362	1	0.256362	0.31	0.6028
C:Tiempo de Fermentado	0.398843	1	0.398843	0.48	0.5196
AB	0.558513	1	0.558513	0.67	0.4499
AC	0.169494	1	0.169494	0.20	0.6707
BC	0.350624	1	0.350624	0.42	0.5449
Error total	4.16035	5	0.83207		
Total (corr.)	7.36243	11			

Aceptabilidad del pan.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Porcentaje de Sustitución	0.325166	1	0.325166	0.76	0.4233
B:Tiempo de amasado	0.234021	1	0.234021	0.55	0.4929
C:Tiempo de Fermentado	0.333189	1	0.333189	0.78	0.4180
AB	0.526973	1	0.526973	1.23	0.3177
AC	0.271254	1	0.271254	0.63	0.4621
BC	0.430382	1	0.430382	1.01	0.3620
Error total	2.14003	5	0.428005		
Total (corr.)	4.78649	11			