



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA AGROINDUSTRIA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO CON
DIFERENTES HARINAS DE CAMOTE Y SU EFECTO EN LA
CALIDAD PANADERA**

**AUTORAS:
INGRID IBETH BERNAL BAILÓN
GEMA FERNANDA RIVADENEIRA VERA**

**TUTOR:
ING. JOSÉ FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS, Mg. P.A**

CALCETA, AGOSTO 2015

DERECHOS DE AUTORÍA

Ingrid Ibeth Bernal Bailón y Gema Fernanda Rivadeneira Vera, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
INGRID I. BERNAL BAILÓN

.....
GEMA F. RIVADENEIRA VERA

CERTIFICACIÓN DE TUTORÍA

José Fernando Zambrano Ruedas certifica haber tutelado la tesis **SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO CON DIFERENTES HARINAS DE CAMOTE Y SU EFECTO EN LA CALIDAD PANADERA**, que ha sido desarrollada por Ingrid Ibeth Bernal Bailón y Gema Fernanda Rivadeneira Vera, previa la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. JOSÉ F. ZAMBRANO RUEDAS, MPA.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO CON DIFERENTES HARINAS DE CAMOTE Y SU EFECTO EN LA CALIDAD PANADERA**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Ingrid Ibeth Bernal Bailón y Gema Fernanda Rivadeneira Vera , previa la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. MA. ANGELINA VERA V. MG. P.A.
MIEMBRO

.....
ING EDITH MA. MOREIRA CH. MG. P.AI
MIEMBRO

.....
ING. JULIO V. SALTOS S. MG. P.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

"Aunque tenga muchos desafíos no me preocupó. Confío plenamente en Dios y mis padres, porque siempre serán la luz que ilumina mi camino" I.B.

Para comenzar quiero agradecer a papá Dios, por bendecirme y permitirme alcanzar una meta más en mi vida. A mis padres: Máximo Bernal y Katuska Bailón por su apoyo incondicional, por la confianza brindada, por existir en mi vida y ser los mejores, los amo al infinito y más allá. A Jimmy, mi compañero de vida, mi hermano, mi confidente, mi amigo... eres grande hermanito. A Yasuri, por la paciencia y comprensión de mi ausencia, eres y siempre serás mi hermanita, mi chiquita, mi bebé. A la ESPAM MFL por acogerme en sus aulas. A dirección de carrera y al Ing. Ely Sacón, por las facilidades brindadas. A nuestro Tutor el Ing. Fernando Zambrano, por el apoyo en el desarrollo de este trabajo y el aporte de sus sabios conocimientos. A nuestra facilitadora la Ing Katherine Loo y sus rúbricas, por su exigencia y buena labor este trabajo llegó a otros niveles. A los miembros de nuestro tribunal, por sus sugerencias y aportes para que este trabajo sea el mejor. A la Ing Gloria Cobeña y al INIAP por el apoyo en el desarrollo de este trabajo. A mi compañera de tesis: Gema Rivadeneira, mujer visionaria, perseverante y muy inteligente a la cual admiro tanto, gracias infinitas, esto es solo el comienzo. A Jazmín, Daniela, Karen, Gaby y Gema, mujeres increíbles que Dios puso en mi camino y han marcado mi vida con sus nobles acciones, amigas por coincidencia, hermanas por elección, las adoro. A ti J.R. por tu constante apoyo a lo largo de mi preparación, tu amor, tu actitud y tu influencia sumamente positiva en mí, es un regalo que no me alcanzará la vida para agradecerle a Dios. A mis compañeros de aula por ser más que compañeros, mis amigos, los quiero mucho. A cada uno de los docentes de la ESPAM MFL, gracias por sus conocimientos intelectuales y humanos. Y es que es tanto y a tanta gente lo que tengo que agradecer, que una hoja no bastaría para plasmar mi gratitud, solo resta decir gracias, muchas gracias a todos.

.....
INGRID I. BERNAL BAILÓN

DEDICATORIA

El esfuerzo, empeño y dedicación de este trabajo, está dedicado y con justa razón a los mentores de mi vida, mi padre el Sr. Máximo Bernal y a mi amada madre Katuska Bailón. Como dejar atrás a Jimmy y Yasuri mis hermanos, mis cómplices y apoyo en todo momento, mi familia, mi pilar... ellos son mi inspiración, mi motivación, mi vida.

.....
INGRID I. BERNAL BAILÓN

AGRADECIMIENTO

En el logro de una de mis tantas metas planteadas me da gusto agradecer infinitamente y de todo corazón:

A DIOS por haberme dado la bendición de la vida, por darme fuerzas y luz en mis buenos y malos momentos.

A mi FAMILIA por su apoyo incondicional. A mis PADRES por su confianza, por su apoyo en cada sueño y aspiración mía, por inculcarme siempre principios y valores, por enseñarme que todo se alcanza perseverando. A mis Hermanos Jonny y Fernando por ser mi ejemplo de una u otra manera.

A INGRID, mi compañera de tesis, Mujer inteligente con muchas virtudes, mil gracias por tu apoyo en estos cinco años de estudios, por siempre alentarme a seguir adelante y porque juntas hemos planificado y logrado muchas cosas. Y recuerda esto es solo el comienzo aún nos quedan muchas metas juntas por cumplir.

A la ESPAM MFL por brindarme la oportunidad de aprender y fortalecer mis conocimientos adquiridos en estos cinco años de estudios

A mis PROFESORES que a lo largo de todo este arduo camino de estudio estuvieron dispuestos a impartir sus conocimientos y formándonos como buenos estudiantes. Como Politécnicos que somos.

A mi TUTOR por su ayuda incondicional en el desarrollo de la Tesis, ya que con su apoyo y conocimientos logramos concluir nuestra tesis de la mejor manera.

A las distinguidas dignidades que conforman mi TRIBUNAL, gracias a ellos logramos realizar una tesis ejemplar en donde está plasmado conocimientos y esfuerzos.

A mis compañeros, siempre dispuestos a ayudar de una u otra manera, gracias porque durante cinco años estuvieron soportando las ocurrencias de esta niña alegre.

Mis eternos agradecimientos al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y a la Ing. Gloria Cobeña por su colaboración en cuestión de financiamiento y entrega de materiales de las distintas variedades de camote para el desarrollo de nuestra investigación.

No puedo dejar de agradecerles a ustedes Gaby, Ingrid, Karen, conocidas, mejores amigas, hermanas, nuestra amistad es algo difícil de olvidar, a pesar de todo siempre hemos estado en los buenos, malos y difíciles momentos. Gracias por cuidarme, por corregirme y por su amistad incondicional. Las amo demasiado. A mis AMIGOS porque en mis momentos de estrés y tristeza estuvieron ahí alegrándome y sacándome una sonrisa.

Finalmente mis sinceros agradecimientos a las personas que confiaron y estuvieron siempre apoyándome.

.....
GEMA F. RIVADENEIRA VERA

DEDICATORIA

Y es que el logro de un sueño, meta o aspiración no se debe solo al esfuerzo de uno, a lo largo de este camino han estado personas muy importantes en mi vida brindando y ayudando al cumplimiento de este trabajo y a culminar mi carrera universitaria, es por eso que les dedico este trabajo que refleja mi amor y esfuerzo por obtener la ingeniería:

A mis padres Brilda y Fernando les dedico con todo mi cariño y mi amor ya que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía muchas veces que no podía más. A ustedes por siempre mi corazón.

A mis hermanos Jonny y Fernando, les dedico este trabajo porque cada uno de alguna u otra manera ha sido para mí un ejemplo a seguir.

A Dios por darme la fortaleza necesaria para superar los obstáculos.

Y por último y no sin menos importancia a mis tres adorados SOBRINOS para que siempre luchen por alcanzar sus metas propuestas.

.....
GEMA F. RIVADENEIRA VERA

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	ix
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	15
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4 HIPÓTESIS.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 CAMOTE (Ipomoea Batatas).....	18
2.1.1 VALOR NUTRICIONAL DEL CAMOTE.....	18
2.1.2 PRODUCCIÓN DE CAMOTE A NIVEL MUNDIAL.....	20
2.1.3 CULTIVO DE CAMOTE EN EL ECUADOR.....	21
2.2 VARIEDADES.....	21
2.2.1 VARIEDAD CAMOTE MORADO.....	22
2.3 VARIEDAD CAMOTE CREMA.....	23
2.3.1 VARIEDAD CAMOTE ANARANJADO.....	23
2.4 TRIGO (Triticum sativum).....	24
2.5 PAN.....	25
2.5.1 MATERIAS PRIMAS PARA ELABORACIÓN DEL PAN.....	26
2.6 CALIDAD PANADERA.....	27
2.7 REOLOGÍA EN ALIMENTOS.....	28
2.7.1 EQUIPO MIXOLAB SIMULATOR.....	29
2.7.2 TEXTURÓMETRO BROKFIELD.....	30
2.8 EVALUACIONES SENSORIALES.....	30
2.8.1 PRUEBAS DE ACEPTABILIDAD.....	30
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	32

3.1	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3	FACTOR EN ESTUDIO	32
3.4	TRATAMIENTOS.....	32
3.5	DELINEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.5.1	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	33
3.5.2	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	33
3.6	VARIABLES A MEDIR	34
3.6.1	CALIDAD PANADERA	34
3.7	MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.7.1	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE CAMOTE	35
3.7.2	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE PAN A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (<i>Triticum Vulgare</i>) POR HARINA DE CAMOTE (<i>Ipomoea Batatas spp</i>).....	37
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39
3.9	TRATAMIENTO DE DATOS	39
3.10	MÉTODOS.....	39
3.10.1	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA PRUEBA ACEPTABILIDAD CON PANELISTAS NO ENTRENADOS	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		40
4.1	SUPUESTO DE NORMALIDAD.....	40
4.2	DISEÑO EXPERIMENTAL PARA VARIABLES NO PARAMÉTRICAS PARA EL COMPORTAMIENTO DE HARINAS DURANTE EL AMASADO	41
4.2.1	ABSORCIÓN DE AGUA.....	43
4.2.2	TIEMPO DE DESARROLLO.....	44
4.2.3	DEBILITAMIENTO DE LA MASA.....	45
4.2.4	ESTABILIDAD	46
4.2.5	C1: ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA.....	49
4.2.6	C2: ÍNDICE DE AMASADO.....	50
4.2.7	C3: ÍNDICE DE GLUTEN	51
4.2.8	C4: ÍNDICE DE VISCOSIDAD	52
4.2.9	C5: ÍNDICE DE AMILASAS	53
4.2.10	C6: ÍNDICE DE RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN.....	54
4.3	DISEÑO EXPERIMENTAL PARA VARIABLES PARÁMETRICAS EN HARINAS DE CAMOTE DURANTE LA FERMENTACIÓN Y HORNEADO	55
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		63

5.1	CONCLUSIONES.....	63
5.2	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	ANEXOS.....	69

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 2.1.	Datos de la composición nutricional, por 100g de la porción comestible	19
Cuadro 2.2.	Datos de la composición nutricional en porcentaje	20
Cuadro 2.3.	Parámetros que determina el equipo Mixolab	29
Cuadro 3.1.	Esquema de ANOVA en DCA	33
Cuadro 3.2.	Formulación para elaboración de pan	34
Cuadro 4.1.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para variables en estudio	40
Cuadro 4.2.	Prueba de homogeneidad de Varianzas	41
Cuadro 4.3	ANOVA de Kruskal-Wallis para el factor A	42
Cuadro 4.4.	Caracterización del comportamiento reológico de las diferentes premezclas de harinas en el Mixolab Standard	47
Cuadro 4.5.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las variables en estudio	55
Cuadro 4.6.	Prueba de Homogeneidad de Varianzas	56
Cuadro 4.7.	ANOVA de un factor para CD1	56
Cuadro 4.8.	Prueba de diferencias honestamente	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 4.9.	ANOVA de DCA de un factor para CD2	57
Cuadro 4.10.	Prueba de diferencia honestamente	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 4.11.	ANOVA de DCA para Firmeza	57
Cuadro 4.12.	Prueba de diferencia honestamente	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 4.13.	ANOVA de DCA de un factor para Masticabilidad	57
Cuadro 4.14.	Prueba de diferencia honestamente	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 4.15.	ANOVA de DCA de un factor para Volumen	58
Cuadro 4.16.	Prueba de diferencia honestamente	58

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1.	Incidencia de la absorción de agua en los tratamientos	43
Gráfico 4.2.	Incidencia del tiempo de desarrollo en los tratamientos	44
Gráfico 4.3.	Incidencia del debilitamiento en los tratamientos	45
Gráfico 4.4.	Incidencia de la estabilidad en los tratamientos	46
Gráfico 4.5.	Incidencia del Índice de Absorción de agua en los tratamientos	49
Gráfico 4.6.	Incidencia del Índice de amasado en los tratamientos	50
Gráfico 4.7.	Incidencia del Índice de fuerza del gluten en los tratamientos	51
Gráfico 4.8.	Incidencia del índice de viscosidad en los tratamientos	52
Gráfico 4.9.	Incidencia del índice de amilasa en los tratamientos	53
Gráfico 4.10.	Incidencia del índice de retrogradación del almidón en los tratamientos.....	54

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 3.1.	Diagrama de flujo para la obtención de 1Kg de harina de camote	35
Figura 3.2.	Diagrama de flujo para la elaboración de pan a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote	37

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad panadera en la elaboración de un tipo de pan a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por diferentes harinas de camote (cinco variedades), empleando para ello análisis reológicos en las premezclas identificando comportamientos característicos propios de cada variedad. Para determinar la calidad pan se procedió a medir características tales como: dureza, elasticidad, firmeza, masticabilidad y volumen del pan. Se aplicó a un panel sensorial fichas de aceptabilidad utilizando una escala hedónica para determinar así el mejor tratamiento. Entre los resultados obtenidos en cuanto análisis reológicos realizados a las premezclas de harinas, el tratamiento 1 correspondiente a la (variedad Toquecita) presentó menor actividad amilásica y bajo daño del almidón con un índice 5.6, así mismo un buen comportamiento en la etapa de amasado con un valor de 5.2, demostrando ser una harina óptima para el proceso de panificación debido a que puede llegar a soportar grandes esfuerzos mecánicos en el proceso de amasado. En cuanto a los factores en estudios del pan la variedad el tratamiento t3 (morado Ecuador) presentó mejor volumen, destacándose también en los análisis con el Texturómetro Brookfield: ciclos de dureza, masticabilidad y firmeza, factores que determinan la frescura del pan por ende la preferencia de consumo. Mientras que en los atributos: olor, color y sabor, en el panel de catación el tratamiento t2 de la variedad (Guayaco morado) fue la que destacó. Concluyendo que en cada una de las etapas de elaboración de pan, las premezclas tienden a tener comportamientos diferentes según la variedad de camote que contenga la premezcla.

PALABRAS CLAVES

Premezclas, harinas, reología, variedades de camote, calidad.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the baking quality in the development of a type of bread from the partial substitution of wheat flour by different sweet potato flour (five varieties), employing analysis rheological behaviors identifying premixes and aptitudes of each variety.

For the finished product were measured characteristics such as hardness, elasticity, firmness, chewiness and bread volume; variables that determine the quality and pattern of consumption. Was applied to a sensory panel sheets using a hedonic scale acceptability to determine the best treatment. Among the results obtained regarding the rheology analyzes premixes flours, a1 level range corresponding to the lower reflected Toquecita amylase activity and low starch damage, good performance in the kneading step, proving optimal for the process flour baking; because it can withstand high mechanical stress in this process. As for the factors in studies morado Ecuador variety bread was better treatment volume also is at one with the texture analysis Brookfield: cycles hardness, chewiness and firmness, factors determining the freshness of bread thus preference consumption. While due to attributes: smell, color and flavor, tasting panel Guayaco morado variety that was the highlight. Concluding that in each of the stages of preparation of bread premixes tend to have different behaviors depending on the variety of potato containing the premix.

KEY WORDS

Premixes, flours, rheology, sweet potato, quality

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Ecuador es un país rico en recursos agrícolas, donde el clima, humedad relativa entre otras condiciones atmosféricas favorecen su suelo haciéndolo apto para todo tipo de cultivo. Linares *et al.*, (2008), establece que el camote es un tubérculo de fácil propagación y pocos requerimientos de insumo, agua fertilizantes y como plantas anuales en nuestro país no se está aprovechando su producción.

En cuanto a contenido nutricional, la FAO (2006), indica que el camote es un alimento de alta energía, cuyas raíces tienen un contenido de carbohidratos totales de 25 a 30%, de los cuales el 98% son considerados fácilmente digeribles; por lo tanto; es ideal para elaboración de harinas como subproducto. Actualmente, se tiene caracterizada la variedad de camote morado Brasil, cuando en el Ecuador se cultivan alrededor de 17 variedades (INIAP, 2011).

Según el Instituto Nacional de investigaciones agropecuarias del Ecuador (2011), es poco el conocimiento en lo que respecta a procesos industriales a los cuales se pueden someter estas bondadosas materias primas por parte de los agricultores, según las características físico-químicas y organolépticas propias de cada variedad, en parte, debido a la poca importancia que se brindaba a su cultivo.

Debido a su alto contenido de carbohidratos, vitaminas y otros elementos, el camote (*Ipomoea Batatas*) es una materia prima ideal para la obtención de harinas, a partir de estas se puede obtener diversos productos, sin embargo el que más se destaca es el pan; alimento básico en la dieta alimenticia ecuatoriana. La variabilidad de tipos de pan en nuestro país es carente debido a la falta de innovación y estudios en cuanto al comportamiento reológico de las premezclas e harina de trigo con otras harinas de cereales y tubérculos, además de la falta de políticas públicas que fomenten la producción e

industrialización de estas harinas como fuentes alternativas en la producción de alimentos con alto contenido nutricional.

La sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de cinco variedades de camote en la elaboración de un pan, generará información con las características reológicas y su efecto en la calidad panadera de las mismas. Por este motivo se plantea la siguiente formulación del problema:

¿Cómo influirá la calidad panadera en la elaboración de un tipo de pan al sustituir parcialmente la harina de trigo por harinas de camote?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El camote es un tubérculo cuyo cultivo es de bajo costo y fácil manejo cosecha y postcosecha, por tal razón organismos gubernamentales del Ecuador como el INIAP y el Ministerio de Agricultura están incitando su cultivo a través de programas de capacitación.

Al no existir requisitos para harinas de camote que permitan la comparación de los resultados obtenidos, los análisis realizados a las harinas de las variedades de camote y unidades experimentales se regirán bajo técnicas de ensayos reológicas para determinar la calidad panadera, de la misma forma para el pan.

Es así que la presente investigación proporcionará información de las características de cinco variedades de camote y cuál de ellas es la más idónea en la industria panadera, al ser identificadas por sus características reológicas como en sus comportamientos y aptitudes; para la certificación de dichos resultados, se contará con equipos tales como el mixolab y texturómetro disponibles en nuestro país.

Mientras que en el ámbito nutricional el camote en general es fuente de betacarotenos, antioxidantes, vitaminas y minerales, por lo que su ingesta en

niños, jóvenes y adultos contribuirá en beneficio de la salud de quienes lo consuman.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad panadera en la elaboración de un tipo de pan a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por diferentes harinas de camote.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el comportamiento de las premezclas de harinas (harina de camote-harina de trigo) durante el amasado.
- Identificar las características y aptitudes de las harinas de camote durante la fermentación y horneado.
- Establecer la aceptabilidad del producto mediante evaluaciones sensoriales.

1.4 HIPÓTESIS

La calidad panadera en la elaboración de un tipo de pan a partir de harinas de camote con trigo será de similares características, comportamientos y aptitudes en las etapas de amasado, fermentación y horneado.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 CAMOTE (*Ipomoea Batatas*)

Linares *et al.*, (2008) manifiesta que la *Ipomoea batatas* es uno de los cultivos tradicionales más antiguos y valiosos, tiene alrededor de 600 especies distribuidas en los trópicos y sub trópicos de todo el mundo y es una de las ochos especies de la sección batatas nativa que abarca desde México hasta el centro de Sudamérica este tubérculo presenta raíces engrosadas comestibles por lo que ha sido muy apreciado desde la antigüedad.

Valverde y Moreira (2004) explican que actualmente el camote se siembra en todo el mundo y entre sus bondades se propaga por medio de fragmentos de guía de una longitud de 30 a 40 cm, de los cuales se entierran las dos terceras partes.

En cuanto al cultivo Fandiño *et al.*, (2011) explican que el camote se adapta a distintos tipos de suelo, en terrenos sueltos desarrolla bien su raíz, en suelos arcillosos o compactos hay que prepararlos con el arado hasta dejarlos sueltos. En suelos que se encharcan hay que hacer drenajes, porque la humedad favorece las pudriciones. Así como también la FAO (2006) resalta que el camote presenta una buena alternativa de diversificación alimenticia para los pequeños productores, tiene pocos enemigos naturales lo cual implica que usa poco pesticidas y crece en suelos con pocos fertilizantes; brindando así una serie de beneficios a los productores incluso podría llegar a producirse a gran escala para explotar su potencial de industrialización.

2.1.1 VALOR NUTRICIONAL DEL CAMOTE

La FAO (2006) explica que el camote es un alimento de alta energía, sus raíces tienen un contenido de carbohidratos totales de 25 a 30%, de los cuales el 98% es considerado fácilmente digestible, además de ser una fuente excelente de carotenoides de provitamina A, como se lo observa en el cuadro 2.1. También es una fuente de vitamina C, potasio, hierro y calcio, cabe destacar que el contenido de aminoácidos es bien balanceado, con un mayor

porcentaje de lisina que el arroz o el trigo, pero un contenido limitado de leucina.

Cuadro II.1. Datos de la composición nutricional, por 100g de la porción comestible

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	105 Kcal
Agua	72.84 g
Proteína	1.65 g
Grasa	0.30 g
Cenizas	0.95 g
Carbohidratos	24.28 g
Fibra	3 g
Calcio	22 mg
Hierro	0.59 mg
Fosforo	28 mg
Potasio	337 mg
Vitamina C	22.7 mg
Vitamina A	14.545 IU

Fuente: (FAO, 2006)

Sin embargo Linares, *et al.*, (2008) indica que el valor nutritivo del camote es mayor en comparación con el de la papa, además de ser una fuente valiosa de fibra, antioxidante y rica en vitaminas y minerales ver cuadro 2.2.

Macías (2013) manifiesta que el tipo amarillo especialmente el de pulpa con un color similar al de la calabaza tiene un contenido de beta-caroteno mayor que el de la zanahoria; bastan de tres a seis rebanadas de un camote para garantizar la cantidad de vitamina necesaria para el hombre cada día. Por esta razón, su uso como alimento-medicamento está indicado contra la deficiencia de vitamina A, reconocida por los síntomas de atraso en el crecimiento infantil, la piel áspera, la ceguera nocturna y la úlcera.

Cuadro II.2. Datos de la composición nutricional en porcentaje

COMPUESTO	CANTIDAD
Agua	74%
Fibra	1,2%
Proteínas	1,2%
Grasas	0.8g
Carbohidratos	21,5g
Azúcar	9,7g
Almidones	11,1g
Vitamina c	25mg
Vitamina a	667ui
Vitamina b1	0,1mg
Vitamina b3	52mg

FUENTE: (LINARES et al, 2008)

2.1.2 PRODUCCIÓN DE CAMOTE A NIVEL MUNDIAL

Avalos (2014) explica que si bien el Perú es el país de origen y América Latina el continente donde se consumió con gran placer y en grandes cantidades, actualmente el principal productor de camote a nivel mundial se encuentra en el continente asiático. En la actualidad, la producción mundial del camote se incrementa sostenidamente, al igual que en el Perú donde las exportaciones aumentan de año en año. Y es así que el principal destino de las exportaciones peruanas es Estados Unidos, país que consume el 74 por ciento del total de lo exportado, Le siguen Reino Unido e Italia en Europa, y Chile en nuestro continente. Lugares a los que el camote peruano se exporta fresco, refrigerado, congelado, seco y también para la siembra. Igualmente, aunque en menor escala, se le consume en harina útil para elaborar galletas, pan y fideos.

Silimox (2004) explica que el aprovechamiento de la parte aérea del camote es extenso actualmente se cuenta con el Instituto de Ciencias de tecnología Agrícola (ICTA), con material genético agronómico capaz de permitir un rendimiento adecuado que abastezca una posible demanda agroindustrial del mercado de exportación.

Figuroa *et al.*, (2011) explican que es importante destacar que ésta raíz comercial se siembra en las regiones localizadas desde la latitud 42° N hasta 35° S; desde el nivel del mar hasta los 2500 metros de altitud; en localidades

de climas diversos de la Cordillera de los Andes, Amazonía, e incluso en la costa del Pacífico

2.1.3 CULTIVO DE CAMOTE EN EL ECUADOR

Según Guanoquiza (2010) explica que en el Ecuador el camote era un cultivo alimenticio que había perdido importancia, ya que las superficies cultivadas eran mínimas. Sin embargo es un cultivo que está distribuido en todo el país y forma parte de los sistemas de explotación agrícolas de pequeños y medianos agricultores.

Mientras que Bernal (2011) manifiesta que en la actualidad el cultivo de camote está tomando importancia a nivel nacional, por las bondades nutricionales que posee y por los trabajos de investigación y promoción que el Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias, INIAP, está llevando a cabo en su Estación Experimental Portoviejo desde hace dos años, La revalorización del cultivo se debe a que la gente está tomando conciencia de las bondades nutricionales que tiene.

INIAP (2011) explica que este cultivo no requiere de suelos muy fértiles y no es muy exigente en niveles de humedad y es así como en la actualidad tenemos 62 materiales con los cuales estamos trabajando en diferentes zonas; producto de este trabajo, hoy tenemos 3 materiales seleccionados. Uno es de pulpa morada, conocido como “Guayaco” pero mejorado, otro de pulpa amarilla y de pulpa anaranjada, materiales provenientes del CIP, que se han seleccionado por su palatabilidad, adaptación y rendimiento. La provincia de Manabí es la mayor productora de camote con 399 hectáreas.

2.2 VARIEDADES

Existen numerosos cultivares las principales variedades de camote que desarrollan son la blanca, rosada, amarilla, anaranjada y morada, cada una de ellas con diferentes ciclos vegetativos (PERUECOLOGICO, 2010)

2.2.1 VARIEDAD CAMOTE MORADO

Macías *et al.*, (2011) revelan que la composición de este tubérculo es muy similar a la de la patata, si bien existen algunas diferencias, Presenta un sabor dulce debido a su elevado contenido en azúcar, que en general resulta mayor cuanto más cerca del ecuador se halle la zona de cultivo. Por su riqueza de hidratos de carbono se puede decir que es un alimento de alto valor energético. En cuanto al contenido vitamínico el mismo autor destaca que el aporte de provitamina A es muy superior al de la patata, en especial en las variedades cuyo color de la carne es de un amarillo o anaranjado intenso; Por este motivo son más nutritivas las batatas amarillas que las blancas. Otras vitaminas que se encuentran en mayor proporción en la batata con respecto a la patata son la vitamina E, la C y el ácido fólico. Además este tubérculo es buena fuente de potasio y contiene mayor cantidad de sodio que la patata.

- **VARIEDAD GUAYACO MORADO**

El mismo autor explica que el color predominante del tallo va desde totalmente morado, oscuro y verde. El color secundario del tallo es entre ápice morado, ausente y nudos morados. La pubescencia del ápice de los tallos es ausente. El color predominante de la piel es morado, la intensidad del color predominante de la piel es pálida, el color secundario de la piel es ausente. El perfil general de la hoja es triangular. Los materiales de este grupo presentan un solo lóbulo en la hoja. La forma del lóbulo central es triangular.

- **VARIEDAD MORADO BRASIL**

Así mismo en esta variedad Macías *et al.*, (2011) citan que la forma de la raíz reservante es elíptica, con defectos de hendiduras longitudinales superficiales, el grosor de la corteza es delgada (1mm). El color predominante de la piel es morado oscuro, la intensidad del color predominante de la piel es oscura, el color secundario de la piel es ausente. El color predominante de la carne es fuertemente pigmentado con antocianinas, el color secundario de la carne es morado, la distribución del color secundario de la carne cubriendo la mayor parte de la corteza. La formación de las raíces reservante es racimo abierto.

2.3 VARIEDAD CAMOTE CREMA

Espínola (1998) citado por Mantuano y Murillo (2011) indican que de acuerdo a investigaciones, 100 gramos por día de batata de pulpa de piel blanca o crema y pulpa blanca, (variedades Escobar, Cubana, Cunumí) son suficientes para reducir significativamente o eliminar la carencia de vitamina A cuya deficiencia debilita el sistema inmunológico, especialmente en los niños, es por esto que el mercado regional prefieren estas variedades.

- **VARIEDAD MORADO ECUADOR**

En cuanto a esta variedad el autor citado anteriormente dice que la forma de la raíz reservante es redonda, con defectos superficiales parecido a piel de cocodrilo, el grosor de la corteza es gruesa (3mm). El color predominante de la piel es anaranjado, la intensidad del color predominante de la piel es pálida, el color secundario de la piel es ausente. El color predominante de la carne es crema, el color secundario de la carne es ausente, la distribución del color secundario de la carne con anillo delgado en la corteza. La formación de raíces es muy dispersa.

2.3.1 VARIEDAD CAMOTE ANARANJADO

Low *et al;* (2007) explican que durante los últimos 15 años se ha ido reconociendo cada vez más el potencial de los cultivos básicos “biofortificados”: variedades producidas para tener un contenido más alto de ciertas vitaminas o minerales. Los camotes anaranjados son especialmente promisorios porque sus niveles de carotenoides provitamina A son altos y pueden ser absorbidos fácilmente por el organismo. Estos mismos autores manifiestan que el producto derivado del camote anaranjado que ha demostrado ser el más popular y rentable es el “pan dorado”, en el cual el 38 por ciento de la harina de trigo es sustituido con puré de camote anaranjado. Los consumidores prefieren el pan dorado al pan blanco por su textura más pesada y color dorado. Los análisis de laboratorio encontraron que las variedades de camote anaranjado medianamente oscuro producen un pan que es una buena fuente de vitamina A.

- **VARIEDAD INA CIP**

Macías (2011) explica que la forma de la raíz reservante es obovada, con defectos de hendiduras longitudinales superficiales, el grosor de la corteza es intermedia (2mm). El color predominante de la piel es anaranjado, la intensidad del color predominante de la piel es intermedia, el color secundario de la piel es ausente. El color predominante de la carne es anaranjado oscuro, el color secundario de la carne es ausente, la distribución del color secundario de la carne con anillo delgado en la corteza. La formación de la raíz reservante es muy dispersa.

- **VARIEDAD TOQUECITA**

Cobeña (2011) manifiesta que la forma de la raíz reservante elíptica, con defectos de constricciones horizontales superficiales, el grosor de la corteza es intermedia (2mm). El color predominante de la piel es anaranjado, la intensidad del color predominante de la piel es intermedia, el color secundario de la carne es anaranjado, la distribución del color secundario de la carne con anillos delgado en la corteza.

2.4 TRIGO (*Triticum sativum*)

Botanical-online (2013) explica que trigo es un cereal de la familia de las gramíneas, una familia a la que pertenecen otros cereales tan importantes como alimentos: arroz, el maíz, la avena, el sorgo, etc. Este mismo autor indica que en cuanto al origen siempre ha existido una gran discusión sobre el origen del cultivo. La opinión más generalizada es que este cereal comenzó a cultivarse hace unos 10.000 años a partir de las especies silvestres recolectadas por los antiguos cazadores-recolectores del sudoeste asiático.

Miranda y Montañéz (2008) explican que la mayoría de la producción del trigo mundial se destina a la alimentación. Casi un 75% de esta producción se utiliza para la producción de harina de trigo. La mayor parte de esta harina, especialmente aquella procedente de las variedades de trigo blando, se destina a la producción de pan. Las harinas que proceden de trigos duros se utilizan fundamentalmente para la confección de pasteles, galletas o harinas caseras.

Además de harina, hay que considerar que una buena proporción de grano se reserva para las nuevas siembras. Una proporción menor se utiliza para la elaboración de productos industriales, como almidón, gluten o dextrosa. Los granos de menor calidad y los subproductos de refinado se destinan también a la industria de los piensos.

Nutrición Nichese (2014) argumenta que el trigo es el cereal más utilizado para elaborar pan debido a la cantidad de gluten que contiene. El gluten aumenta la capacidad para contener gases y mejora la mezcla de la harina de trigo con la levadura, esto mejora considerablemente la textura y hace que el pan sea más esponjoso. Siempre es mejor comprar el pan integral o utilizar harina integral de trigo, ya que en el proceso de refinamiento del trigo para elaborar la harina se pierden muchas vitaminas y minerales. En el trigo integral está incluido el salvado de trigo y el germen de trigo, que nos aportara en nuestra alimentación una considerable cantidad de fibra, vitaminas y minerales. El consumo de productos que han sido elaborados con harina de trigo integral favorece la prevención de ciertas enfermedades y fortalece el sistema nervioso central. Por su alto contenido en lignanos se reduce el riesgo de padecer algunos tipos de cáncer, como el de próstata, de útero, entre otros.

2.5 PAN

Según las NTE INEN 0095 (1979) define al pan como el producto alimenticio que resulta de la cocción de la masa fermentada proveniente de la mezcla de harina de trigo y ciertos ingredientes básicos.

Sin embargo la Reglamentación Técnico Sanitaria para la Fabricación, Circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales citado por Callejo (2002) definen al pan como el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panadera, como *Saccharomyces cerevisiae*

2.5.1 MATERIAS PRIMAS PARA ELABORACIÓN DEL PAN

En base a que existen diferentes tipos de pan, Mesas y Alegre (2002) explican que se puede definir las materias primas principales utilizadas en la elaboración de panes estas son: harina, agua, sal, levaduras y otros componentes. Explicando así que el uso de las primeras cuatro conduce a la elaboración de pan común, la ausencia de algunas de ellas o la inclusión de algún componente especial conlleva a la elaboración de pan especial.

- **HARINA**

La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido u otros alimentos ricos en almidón. Por tanto, el denominador común de todas las harinas es el almidón. Se puede conseguir harina de varios cereales, como el centeno, cebada, maíz o avena, sin embargo, la más habitual es la procedente del trigo. Su elaboración no es sencilla: en ella intervienen varios factores que, controlados, permiten obtener una gran variedad de alimentos seguros, como pan, pasta o cereales (Morato, 2009).

Según el Codex Alimentario (1985) define a la harina de trigo como el producto elaborado con grano de trigo común *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host, o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

- **AGUA**

El agua es uno de los ingredientes indispensables en la elaboración del pan; su misión: activar los mecanismos de formación de la masa. El agua tiene como misión activar las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. Posee, además, la capacidad disolvente acuoso de las sustancias añadidas a la masa, siendo además necesaria para la marcha de la fermentación. (Bamforth y Calvel, 2005)

- **SAL**

Es un ingrediente opcional en algunas partes, la misión de la sal es, por una parte, la de reforzar los sabores y aromas del propio pan y, por otra, afectar a la textura final de la masa (pueden alcanzar hasta un 2% del peso total) (Bamforth y Calvel, 2005)

- **LEVADURA**

Es un conjunto de microorganismos unicelulares que tienen por objeto alimentarse del almidón y de los azúcares existentes en la harina. Las levaduras forman parte de la familia de los hongos. Este proceso metabólico da lugar a la fermentación alcohólica cuyo resultado es etanol (cuya fórmula química es: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$), dióxido de carbono (CO_2) en forma de gas. El gas liberado hace que la masa del pan se hinche, aumentando de volumen. El alcohol etílico se evapora durante el horneado del pan, debido a las temperaturas alcanzadas en su interior. A pesar de haber empleado las levaduras en la fermentación del pan desde hace ya casi más de seis mil años, fueron tan solo comprendidas hasta el advenimiento de las investigaciones realizadas por Louis Pasteur que dieron luz a la explicación científica de la fermentación como un proceso biológico (Guinet y Gordon, 1996).

2.6 CALIDAD PANADERA

Según Brach, M. (s.f.) explica que las harinas de trigo están destinadas fundamentalmente a la alimentación humana; la panificación es uno de los procesos más importantes de su utilización, y es el trigo el cereal panificable por excelencia debido a las propiedades funcionales del gluten.

La composición química del grano de trigo incluye proteínas, minerales e hidratos de carbono. Cuando la harina se mezcla con agua, dos proteínas del grano (gliadinas y gluteninas) se unen para formar una red proteica llamada gluten. Ya en el proceso de panificación, las proteínas del gluten son responsables de la elasticidad y extensibilidad de la masa, al formar una estructura impermeable a los gases. El gluten es el responsable de atrapar el

dióxido de carbono liberado durante la fermentación y provocar el “hinchamiento” de la masa.

El balance entre gliadinas y gluteninas determina, junto con el contenido total de proteínas, que la masa tenga las propiedades ideales de panificación. Cuando el balance es óptimo la masa resultante será suficientemente fuerte para atrapar las burbujas de gas que se expandirán durante el horneado, dando como resultado pan de buen volumen. Masas tenaces, que se caracterizan por ser excesivamente fuertes y pocos extensibles, se deben a una baja reacción entre gliadinas - gluteninas. En este caso el proceso de energía para realizar el amasado por lo tanto, mayor costo en la producción.

Este mismo autor concluye manifestando que en la calidad y rendimiento del trigo participan una serie de factores, algunos de ellos manejables (genética y manejo, entre otros), otros menos manejables, como son los ambientales (clima, disponibilidad de agua durante el ciclo, etc.) y finalmente, las condiciones más o menos adecuadas en el momento de la cosecha. La conjunción de estos factores determina tanto el rendimiento como la calidad; resultados que luego podrán manifestar variaciones entre años y zonas de cultivo.

2.7 REOLOGÍA EN ALIMENTOS

Sandoval *et al.*, (2005) explica que la reología de alimentos es el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados en las industrias de alimentos.

Ulloa y Castro (2001) citados por Álvarez Miryam (2012) explican que las características reológicas de una harina probablemente sean el parámetro más crítico; ya que son una indicación de cómo se comportará una determinada masa al ser procesada en la planta y están relacionadas con la calidad del producto terminado. Explican así, que hay innumerables productos de panadería y, aún muchas más, combinaciones de ingredientes y si a esto se añaden las posibles diferencias en el procesado, se obtiene un número infinito

de combinaciones que sería imposible definir individualmente en función de los parámetros de la harina. Por ello, se emplean métodos básicos de análisis como el farinógrafo, en la actualidad el mixolab, que son de gran utilidad para los molineros puesto que ayudan a entender el proceso final. La reología de una masa no obstante, es atribuible a la naturaleza de la matriz que son en este caso, las proteínas del gluten.

2.7.1 EQUIPO MIXOLAB SIMULATOR.

Para Chopin Technologies (2009) el equipo Mixolab dispone de un protocolo particular y de algoritmos de cálculo que permite obtener resultados de análisis equivalentes a los obtenidos con el Farinógrafo. Al cabo de 30 minutos de ensayo, el Mixolab indica los valores medidos sobre la curva (Nm) así como los equivalentes UF. El equipo permite medir la calidad panadera de la harina midiendo la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia. El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en unas condiciones de prueba invariables.

Según el autor citado anteriormente explica los parámetros que determina el equipo se detallan a continuación en el cuadro 2.3

Cuadro II.3. Parámetros que determina el equipo Mixolab

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
ABSORCIÓN DE AGUA	Representa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia en el amasado. Se encuentra directamente relacionada con la cantidad de pan que puede ser producida por kilo de harina, y depende de la cantidad y calidad de gluten, y la dureza de endosperma.
TIEMPO DE DESARROLLO DE LA MASA	Es el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia. En una harina fuerte, este período puede ser notablemente largo y es posible que se deba a la alta calidad del gluten.
ESTABILIDAD	Es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia. Da una idea de cuánto la masa soporta el amasado, por ejemplo, en el caso de tener una masa con alta estabilidad, significa que se le puede

	aplicar un gran esfuerzo mecánico.
CAÍDA O DEBILITAMIENTO DE LA MASA	Representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos. Se expresa en unidades farinográficas y valores elevados indican que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado

Fuente: (CHOPIN TECHNOLOGIES, 2009)

2.7.2 TEXTURÓMETRO BROOKFIELD

Brookfield (s.f.) citado por Álvarez (2012) explica que existen numerosos métodos objetivos para la estimación de la textura del pan. Todos estos métodos son, genéricamente, pruebas de compresión y cubren principalmente la determinación de la blandura o firmeza y la capacidad de recuperación o elasticidad. El Analizador de Textura es uno de los equipos que permite medir la textura, apreciar la firmeza, suavidad del pan; mediante pruebas de compresión en la que la muestra es situada entre la sonda y la sujeción inferior, y la sonda se mueve hacia abajo, presionando sobre la muestra. Los datos resultantes pueden usarse para cálculos como Dureza y Fracturas.

2.8 EVALUACIONES SENSORIALES

Alvarado y Surco (2011) manifiestan que las evaluaciones sensoriales permiten diversificar el uso de materias primas alternativas (sean originarias o introducidas), en la fabricación de nuevos productos alimentarios que enriquezcan la disponibilidad y el acceso a los alimentos. Se explica entonces que una evaluación sensorial adecuada de los nuevos alimentos es esencial, tanto para animales, como para humanos. Poco a poco la necesidad de sustituir (en menor o mayor grado) las fuentes tradicionales de alimentos es creciente; pues los actuales sistemas de producción tienen que abastecer a una población más grande y cada vez más exigente.

2.8.1 PRUEBAS DE ACEPTABILIDAD

Según Domínguez (2007) manifiesta que en este tipo de pruebas se asume que el nivel de aceptabilidad del consumidos existe en un continuo, no necesariamente hay el mismo nivel de escala entre me gusta mucho y me gusta, que entre me disgusta mucho y me disgusta. Las respuestas están

categorizadas en escalas desde gusta a no gusta, también se pueden evaluar otros atributos del alimento por ejemplo: salado, dulce, espeso, aguado, etc. Para el análisis se asigna un valor numérico a cada escala. No se debe buscar otra alternativa o alternativas intermedias, se usa las que están dadas.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de esta investigación se realizó en los laboratorios de bromatología y talleres agroindustriales de la ESPAM MFL, ubicado en el Campus Politécnico, de la ciudad de Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí y parte de los análisis de laboratorios para determinar la calidad panadera se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en la provincia de Tungurahua.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se basó en una investigación experimental para el desarrollo del producto en estudio, también presentó investigación bibliográfica e investigación descriptiva para determinar mediante fichas directas de persona a persona el tratamiento con mejores características.

3.3 FACTOR EN ESTUDIO

El factor que se manejó para determinar las características de un tipo de pan fue: la adición de harinas de cinco variedades de camote en un 30% en relación al total de la harina

Factor A: Tipos de Harinas

3.4 TRATAMIENTOS

t_1 = Harina de camote Toquecita al 30% en la pre mezcla.

t_2 = Harina de camote Guayaco Morado al 30% en la pre mezcla.

t_3 = Harina de camote Morado Ecuador al 30% en la pre mezcla.

t_4 = Harina de camote Morado Brasil al 30% en la pre mezcla.

t_5 = Harina de camote Ina al 30% en la pre mezcla.

3.5 DELINEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó en la investigación fue un DCA (diseño completamente al azar), con 5 réplicas por cada tratamiento.

Cuadro III.1. Esquema de ANOVA en DCA

FdV	GL
Total	24
Tratamientos	4
EE	20

3.5.2 UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó como unidad experimental un 1Kg de masa (ver cuadro 3.2.), a la que se le asignaron los tratamientos en una relación 30% de harina de camote de cada variedad en estudio y 70% harina de trigo. Cada pan tuvo un peso de aproximadamente 50g, se empacó en fundas y se almacenó a temperatura ambiente en un lugar fresco y seco.

Cuadro III.2. Formulación para elaboración de pan

INSUMOS		PORCENTAJE
HARINAS	TRIGO 33.25%	47.5
	CAMOTE 14.25%	
AGUA		23.75
MANTECA		7.13
MANTEQUILLA		7.13
HUEVOS		6.65
AZÚCAR		4.47
LEVADURA		2.38
SAL		0.71
TOTAL		100

3.6 VARIABLES A MEDIR

3.6.1 CALIDAD PANADERA

ANÁLISIS EN LAS ETAPA DE AMASADO Y PRODUCTO FINAL.

Simulador Farinografía:

Absorción de agua (MIXOLAB)

Tiempo de desarrollo (MIXOLAB)

Debilitamiento (MIXOLAB)

Estabilidad (MIXOLAB)

Caracterización reológica:

Absorción de agua: C1 (MIXOLAB)

Amasado C2 (MIXOLAB)

Fuerza del gluten C3 (MIXOLAB)

Viscosidad del gel C4 (MIXOLAB)

Resistencia de la amilasa C5 (MIXOLAB)

Retrogradación del almidón C6 (MIXOLAB)

Textura:

Dureza (Texturómetro Brookfield)

Elasticidad (Texturómetro Brookfield)

Firmeza (Texturómetro Brookfield)

Masticabilidad (Texturómetro Brookfield)

Volumen (NTE INEN 0530:80)

ANÁLISIS SENSORIAL (Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos, Según Domínguez (2007))

3.7 MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se la desarrolló en tres fases cada fase planteada con sus objetivos específicos. Para el cumplimiento de estas se realizó actividades. A continuación se detalla las fases y sus respectivas actividades

3.7.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE CAMOTE

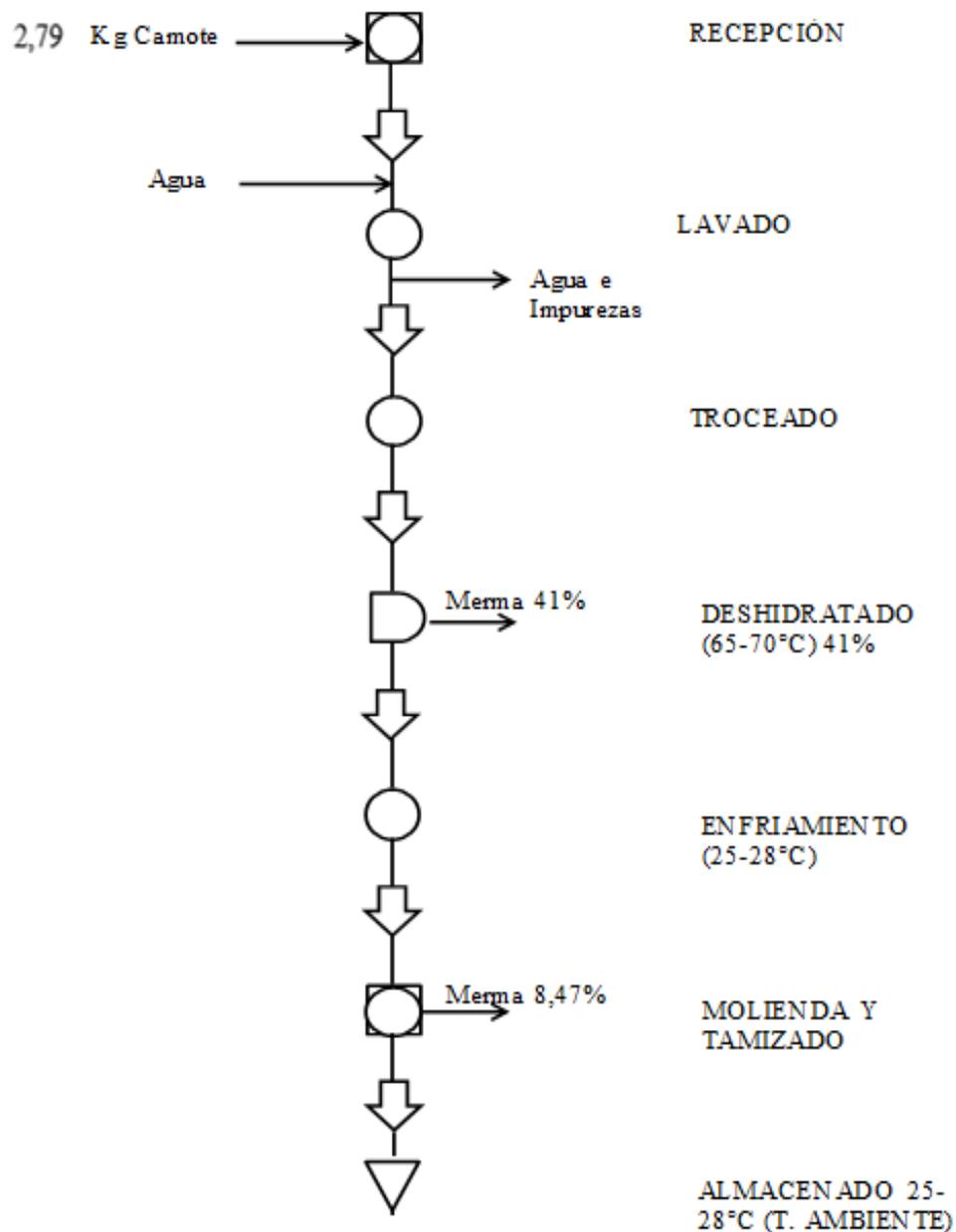


Figura III.1. Diagrama de flujo para la obtención de 1Kg de harina de camote

METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE CAMOTE **(Ver Figura 3.1)**

- **RECEPCIÓN:** Se recibió la materia prima (2,79 Kg; para obtener 1Kg de harina) y se realizó una selección de las mismas tomando en cuenta que no hayan presentado daños físicos o causados por bacterias.
- **LAVADO:** A continuación se procedió a lavar los camotes con agua purificada, extrayendo todo residuo de tierra e impureza que haya podido afectar la calidad de los mismos.
- **TROCEADO:** Se colocó en una picadora artesanal para facilitar el troceado en forma de rodajas (diámetro 1.5mm a 2mm).
- **DESHIDRATADO:** Posteriormente el secado o deshidratado se lo realizó en un horno industrial a una temperatura entre 65-70°C por 24 horas hasta una humedad final promedio de 12 – 13%.
- **ENFRIAMIENTO:** Se procedió a enfriar los camotes deshidratados a una temperatura no mayor de 25-28°C en un lugar seco y fresco
- **MOLIENDA Y TAMIZADO:** Una vez enfriado el camote se procedió a realizar la molienda en un molino industrial (tamiz de 1.5mm) para obtener finalmente las harinas.
- **ALMACENAMIENTO:** Posteriormente se almacena a temperatura ambiente 25 – 28°C en un lugar fresco y seco, hasta realizar los análisis bromatológicos y reológicos correspondientes.

3.7.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE PAN A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum Vulgare*) POR HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batatas spp*)

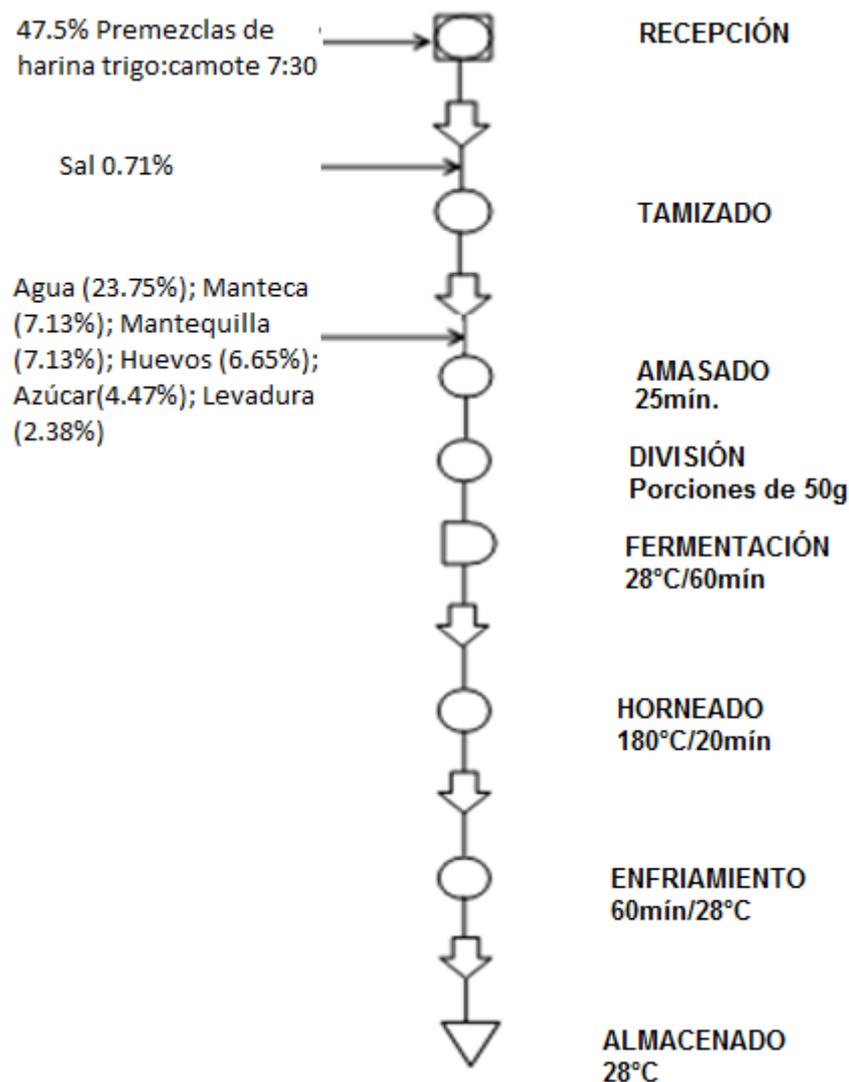


Figura III.2. Diagrama de flujo para la elaboración de pan a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PAN A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum Vulgare*) POR HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batatas spp*) (Ver figura 3.2)

- **RECEPCIÓN:** Al momento de receiptar las harinas (Camote; Trigo) se controló el buen estado de estas para así evitar cualquier riesgo en el proceso de elaboración de pan.

- **PESADO:** Se procedió a pesar en una balanza digital las harinas de trigo y camote en una relación 70:30 respectivamente, así como también se pesaron los demás ingredientes (Ver Cuadro 3.2.)
- **AMASADO:** El mezclado y amasado se lo realizó en una amasadora (marca, revoluciones), con la pre mezcla en el equipo se procedió a incorporar el agua con la levadura, sal, azúcar, huevos y conforme se fue homogenizando la mezcla se incorporó manteca y mantequilla. Posteriormente se amasó de manera manual energéticamente por 10 minutos y se dejó reposar por 15 minutos.
- **DIVISIÓN:** Luego se dividió la masa en porciones iguales de 50 g con la finalidad de asegurar el peso constante del pan y se procedió a ubicar en bandejas (latas).
- **FERMENTACIÓN:** Las porciones de masa redondeadas se someten a un periodo de fermentación a 28°C durante 60 minutos.
- **HORNEADO:** Se coloca la lata con las divisiones de masa en el horno precalentado a una temperatura de 180°C por un periodo de 15-20 minutos o hasta que estén ligeramente dorados.
- **ENFRIAMIENTO:** Se deja enfriar a temperatura de 28°C por 60 minutos.
- **ALMACENAMIENTO:** Posteriormente se almacena a temperatura ambiente 25 – 28°C en un lugar fresco y seco, hasta realizar los análisis reológicos correspondientes.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables en estudio se utilizó las siguientes pruebas:

- a) Análisis de varianza (ANOVA): Permite determinar la homogeneidad de las varianzas.
- b) Coeficiente de variación (CV): Permite analizar la variabilidad de los datos obtenidos con respecto de las variables.
- c) Prueba de Tukey: Permite determinar la magnitud de las diferencias entre tratamientos. Se analizará el 5% de probabilidad, de acuerdo a los grados de libertad (gl.) del error.

3.9 TRATAMIENTO DE DATOS

Para realizar los respectivos análisis de datos se utilizó el software estadístico SPSS versión libre.

3.10 MÉTODOS

3.10.1 MÉTODO DE ENSAYO PARA LA PRUEBA ACEPTABILIDAD CON PANELISTAS NO ENTRENADOS

Para realizar la prueba de aceptabilidad se contó con 75 panelistas no entrenados, para esto se ubicó los tratamientos de izquierda a derecha con sus respectivos códigos, posterior los panelistas procedieron a realizar la degustación y a calificar según su criterio. (Ver Anexo 1)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SUPUESTO DE NORMALIDAD

Para de determinar la normalidad de los datos se realizó los supuestos del ANOVA (Ver cuadro 4.1.). Posterior se detalla la prueba de normalidad (Kolmogorov Smirnov), con su respectivo estudio de hipótesis.

H_0 = Los datos analizados no difieren de la distribución normal

H_1 = Los datos analizados difieren de la distribución normal

Contraste de la hipótesis si $P < 0.05$

Cuadro IV.1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para variables en estudio

	AA	TD	Debilit.	Estab.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	G.H	
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Parámetros	Media	65.288	8.572	29.240	18.064	8.200	2.760	3.400	1.720	2.540	2.780	19.736
normales ^{a,b}	Desviación típica	3.038	1.884	17.965	3.127	0.408	1.283	2.231	0.434	2.071	1.561	3.86047
Diferencias	Absoluta	0.325	0.219	0.307	0.332	0.488	0.363	0.259	0.420	0.188	0.196	0.294
más	Positiva	0.325	0.219	0.175	0.332	0.488	0.363	0.259	0.260	0.171	0.193	0.206
extremas	Negativa	-0.160	-0.166	-0.307	-0.171	-0.312	-0.277	-0.198	-0.420	-0.188	-0.196	0.294
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.623	1.096	1.533	1.658	2.439	1.815	1.295	2.101	0.939	0.980	1.471
Sig. asintót. (bilateral)		0.010*	0.181NS	0.018*	0.008NS	0.000NS	0.003NS	0.070NS	0.000*	0.341NS	0.292NS	0.026*

*Difieren de la distribución Normal Sig. 0.05.

NS no difieren de la distribución Normal

Tomando en cuenta el valor de probabilidad de Kolmogorov Smirnov 0.181 para la variable TD (Tiempo de desarrollo), 0.70 para la variable C3 (Fuerza del gluten), 0.341 para la variable C5 (Resistencia de la amilasa) y 0,292 para la variable C6 (Retrogradación del almidón), resultando así estos valores mayores que la significancia de la prueba (0.05), se procedió a aceptar la hipótesis nula (H_0), lo que significa que las variables antes mencionadas proviene de una distribución normal, a excepción de las variables AA (Absorción de agua) con un valor de 0.010 , Debilitamiento con un valor de 0.018, Estabilidad 0,008, C1 (Índice de absorción de agua) con un valor de 0.000, C2 (Amasado) 0.003, C4 (Viscosidad del gel de almidón) con un valor de 0.000 y GH (gluten húmedo) con un valor de 0.026, debido a que estos valores son menores que la

significancia del valor $P < 0.05$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la alternativa

Para los datos en la que los valores se presentan de manera normal se procedió a la prueba de Levene (Homogeneidad), la misma que se detalla a continuación con su estudio de hipótesis.

H_0 = Las variables en estudio no difieren de la homogeneidad

H_1 = Las variables en estudio difieren de la homogeneidad

Contraste de la hipótesis si $P < 0.05$

Cuadro IV.2. Prueba de homogeneidad de Varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
TD	26.931	4	20	0.000**
C3	12.789	4	20	0.000**
C5	6.364	4	20	0.002**
C6	7.033	4	20	0.001**

**Difieren de la Homogeneidad al 0.05

Debido al valor de probabilidad del Estadístico de Levene (Ver Cuadro 4.2.) 0.000 para las variables TD (tiempo de desarrollo), C3 (Fuerza del gluten) y 0.002 para C5 (Resistencia de la amilasa), 0.001 para C6 (Retrogradación del almidón), siendo estos valores menores que la significancia $P < 0.05$ se rechazó la hipótesis nula y se determinó que las varianzas de las variables mencionadas no son iguales.

4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA VARIABLES NO PARAMÉTRICAS PARA EL COMPORTAMIENTO DE HARINAS DURANTE EL AMASADO

Para realizar las pruebas no paramétricas se procedió a realizar un ANOVA de Kruskal-Wallis para el factor establecido.

Cuadro IV.3 ANOVA de Kruskal-Wallis para el factor A

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de AA es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de TD es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de Debilitamiento es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de Estabilidad es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
5	La distribución de C1 es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
6	La distribución de C2 es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
7	La distribución de C3 es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
8	La distribución de C4 es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,001	Rechazar la hipótesis nula.
9	La distribución de C5 es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
10	La distribución de C6 es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,016	Rechazar la hipótesis nula.
11	La distribución de G.H es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,112	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tomando en cuenta los valores de probabilidad de Kruskal-Wallis (Ver cuadro 4.3.), 0.112 para la variable G.H (gluten húmedo) siendo este valor mayor que la significancia de la prueba $P < 0.05$, aceptando así la hipótesis nula (H_0), en cuanto a los valores 0.000 para las variables AA (Absorción de agua), TD (Tiempo de desarrollo), Debilitamiento, Estabilidad, C1 (Índice de absorción de agua), C2 (Índice de amasado), C3 (Fuerza de gluten), C5 (Resistencia de la amilasa), 0.001 para la variable C4 (Viscosidad del gel del almidón) y 0.16 para C6 (retrogradación del almidón) siendo estos valores menores que la significancia del valor $P < 0.05$ se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la alternativa. Procediendo a comprobar cuál de los niveles difieren entre sí.

4.2.1 ABSORCIÓN DE AGUA

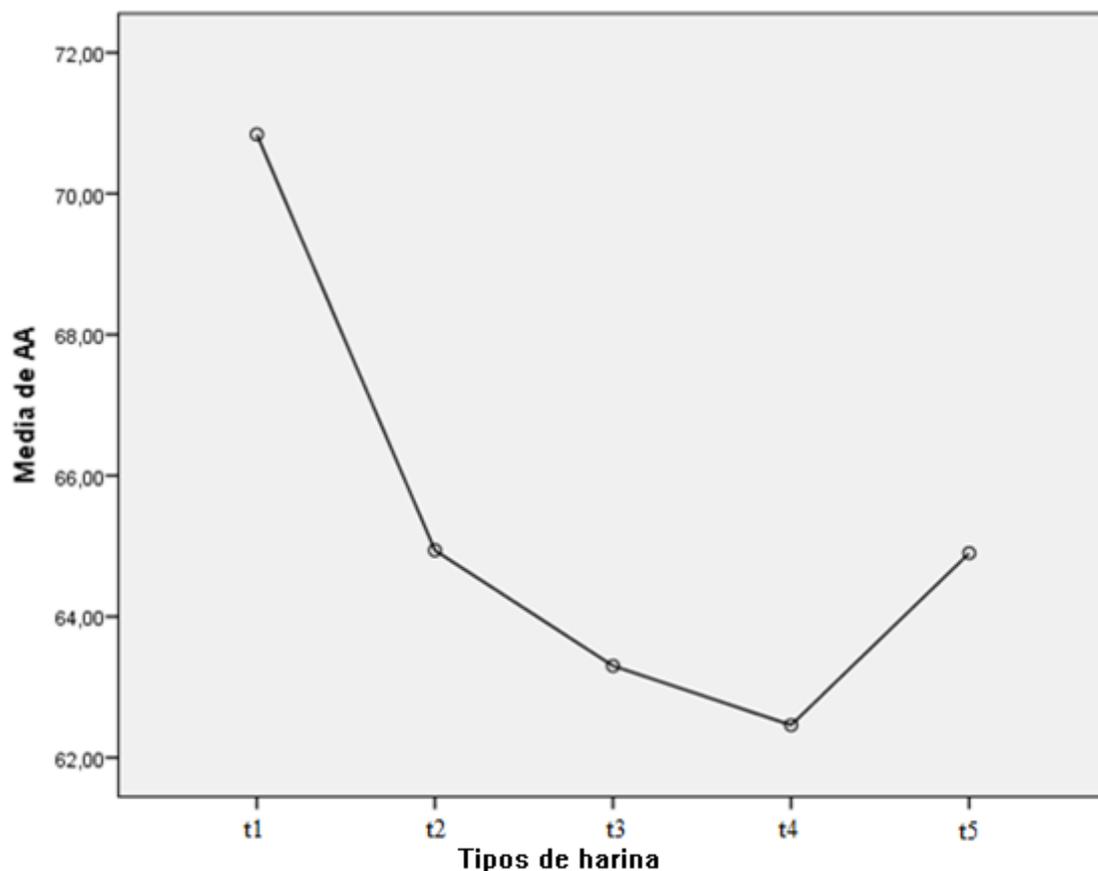


Gráfico IV.1. Incidencia de la absorción de agua en los tratamientos.

Los resultados del gráfico 4.1. En el factor A ubica a t4 (variedad Morado Brasil) con el porcentaje óptimo de absorción de agua, con un valor de 62,45

siendo este muy cercano a los establecidos en un estudio realizado por Henao y Aristizábal (2009) donde explican que la absorción de agua es un valor de gran importancia en panificación, cuyos valores típicos se encuentran entre 59 y 62%.

4.2.2 TIEMPO DE DESARROLLO

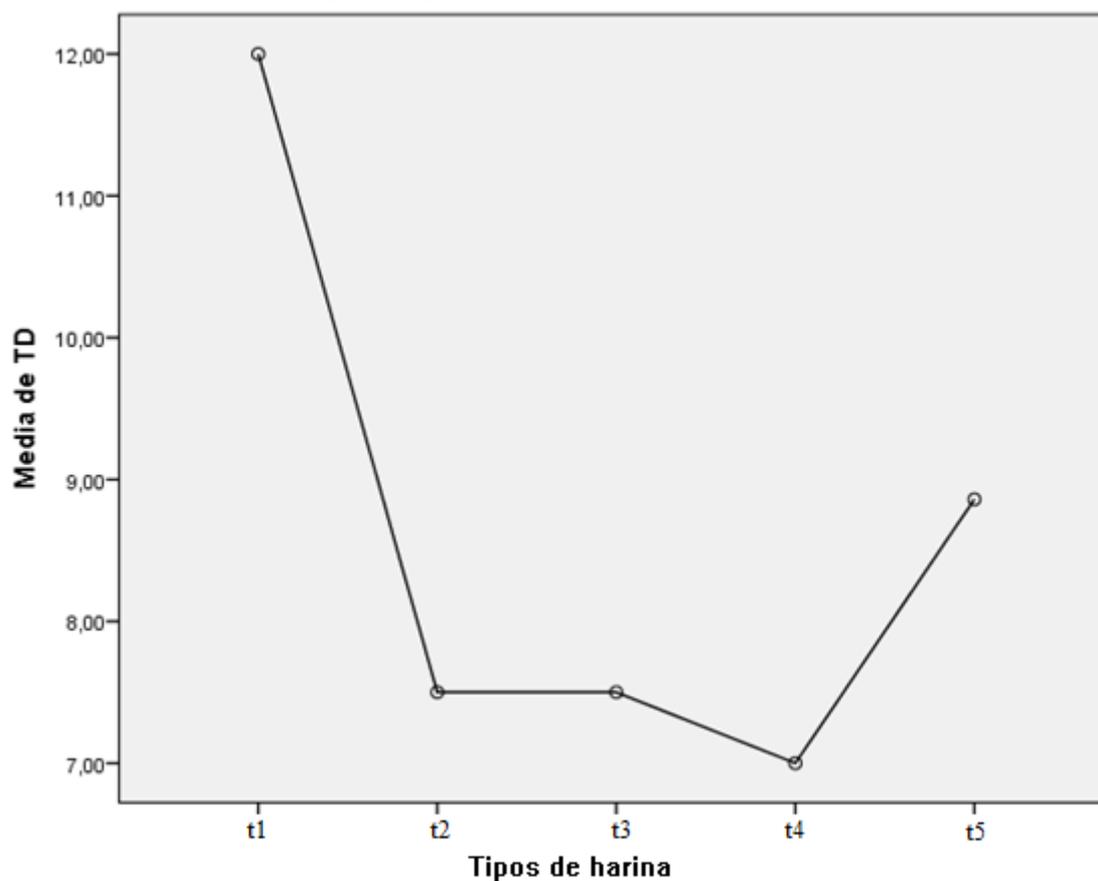


Gráfico IV.2. Incidencia del tiempo de desarrollo en los tratamientos

Los resultados del gráfico 4.2 en el factor A ubica a t1 (toquecita) con un tiempo de 12 minutos, siendo este valor muy cercano al establecido por Cazares (2011) donde en su investigación reporta valores promedios con un mínimo de 2.5 y 4.7 minutos de Tiempo de Desarrollo, para una harina utilizada en panificación.

4.2.3 DEBILITAMIENTO DE LA MASA

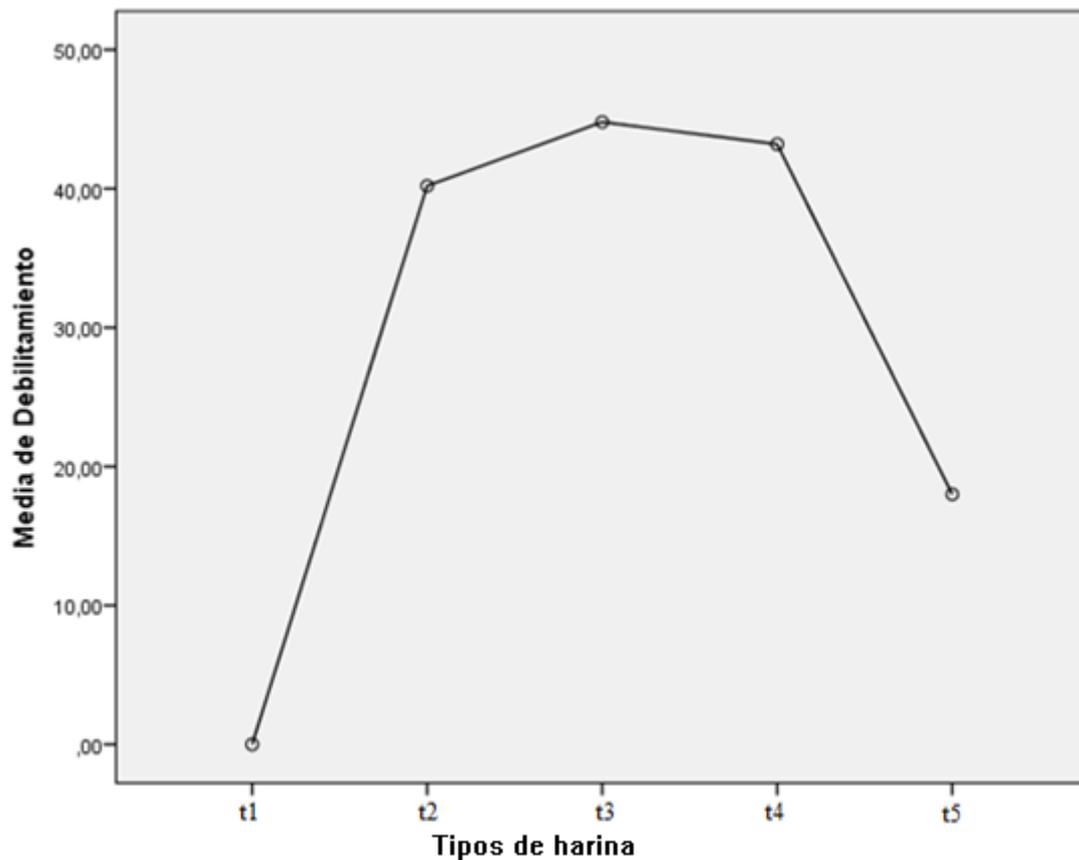


Gráfico IV.3. Incidencia del debilitamiento en los tratamientos.

Los resultados del gráfico 4.3 en el factor A ubica a t1 (variedad toquecita) con 0 UF, siendo este valor el más óptimo según lo especificado por CHOPIN TECHNOLOGIES (2009) donde explica que valores muy elevados pueden indicar que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado.

4.2.4 ESTABILIDAD

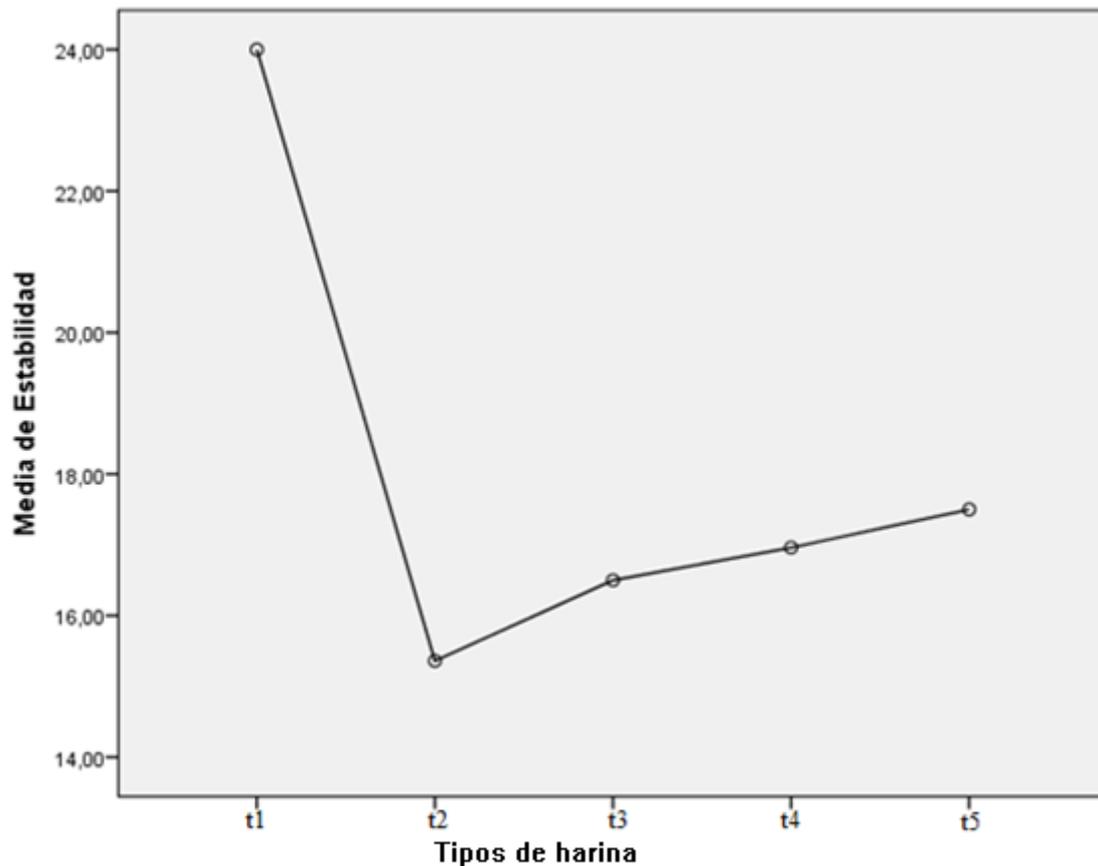


Gráfico IV.4. Incidencia de la estabilidad en los tratamientos

Los resultados del gráfico 4.4 en el factor A ubica a t1 (toquecita) con un tiempo de 24 minutos de estabilidad, siendo este valor el más óptimo según lo especificado por CHOPIN TECHNOLOGIES (2009) donde explica que una masa con alta estabilidad, ayuda a aplicar un gran esfuerzo mecánico.

CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE LAS DIFERENTES PREMEZCLAS DE HARINAS EN EL MIXOLAB STANDARD

En el cuadro 4.4 se presenta el comportamiento reológico realizado en el mixolab de las diferentes premezclas

Cuadro IV.4. Caracterización del comportamiento reológico de las diferentes premezclas de harinas en el Mixolab Standard

CARACT.	t1		t2		t3		t4		t5	
A.A (%)	70,84		64,94		63,29		62,45		64,89	
ESTAB. (min)	24		15		17		17		18	
	Tiempo (min)	Par (Nm)								
C1	7,14	1,12	4,14	1,13	4,77	1,06	4,90	1,06	4,58	1,09
C2	17,17	0,40	17,43	0,40	17,33	0,42	17,43	0,41	17,30	0,35
C3	23,43	1,47	23,62	1,33	23,63	1,34	23,62	1,37	23,83	1,29
C4	27,72	1,35	28,58	1,07	26,87	1,07	28,53	0,26	29,48	1,04
C5	45,04	1,94	45,04	1,54	45,04	0,01	45,04	0,56	45,04	1,66

C1: Desarrollo de la masa; C2: debilitamiento de las; C3: Gelatinización del almidón; C4: Actividad amilásica; C5: gelificación del almidón

Absorción de Agua de la masa – C1

Esta curva brinda un valor similar al que se obtendría en un farinograma, permite adquirir características del amasado, tiempo de amasado y la estabilidad que presenta la masa. En cuanto al Par en la primer curva Toaquiza (2011) indica que este deberá ser de 1.1, ya que este valor sería igual a obtener 500 UB (unidades brabender) que son las unidades del farinograma.

Los resultados obtenidos en esta primera curva favorecen al nivel a1 con un tiempo de 7,14 y un Par de 1,12 por lo que demuestra ser una harina fuerte con características apropiadas para panificación. Sin embargo vale recalcar que las demás harinas también demuestran buen valor de Par, es decir que también son harinas fuertes.

Calidad de la proteína – C2

Esta curva se relaciona con el debilitamiento de las proteínas; Según Pineda (2013) indica que en este caso el Par deberá bajar hasta 0,5 Nm ya que así se proporcionará una masa de tenacidad adecuada y panes voluminosos. Pero si el número es superior a 0,6 Nm proporcionará una tenacidad de la masa elevada y un pan de poco volumen.

La masa que registra un valor cercano al establecido por el autor mencionado anteriormente corresponde al nivel a3, por lo que indica que su contenido de proteína débil pero el volumen final del pan no será tan bajo como el de las otras masas.

Gelatinización del almidón – C3

Pineda (2013) explica que en esta curva hay un incremento de temperatura lo que simula que el pan ya está dentro del proceso de horneado, y se procede a efectuar la gelatinización del almidón por lo que se produce un aumento en el Par debido a que aumenta la viscosidad de la masa y está bastante ligado a la calidad de almidón que se encuentra en las harinas.

Dentro de los resultados se puede decir que el nivel a1 presentó bajo daño de almidón.

Actividad amilasa – C4

Pineda (2013) indica que la amilasa es un enzima que va a cortar y desdoblar el almidón en dextrinas que son moléculas más pequeñas, las dextrinas empezarán a actuar durante la gelificación del almidón donde al enfriarse la masa aumenta su consistencia y también influirá en el volumen de la masa, es decir que si hay gran cantidad de esta enzima el pan se desbordará y tendrá consistencia casi líquida y por lo contrario si la actividad es muy baja no habrá volumen del pan y la miga será muy rígida .

Para este caso el valor del Par que indica una actividad amilásica débil corresponde a t1 (Toquecita).

CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE LAS DIFERENTES PREMEZCLAS DE HARINAS EN EL MIXOLAB PROFILER

4.2.5 C1: ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA

Pineda (2013) explica que el potencial de hidratación de las harinas se ve reflejado en su capacidad de absorber agua hasta formar una masa visco elástica

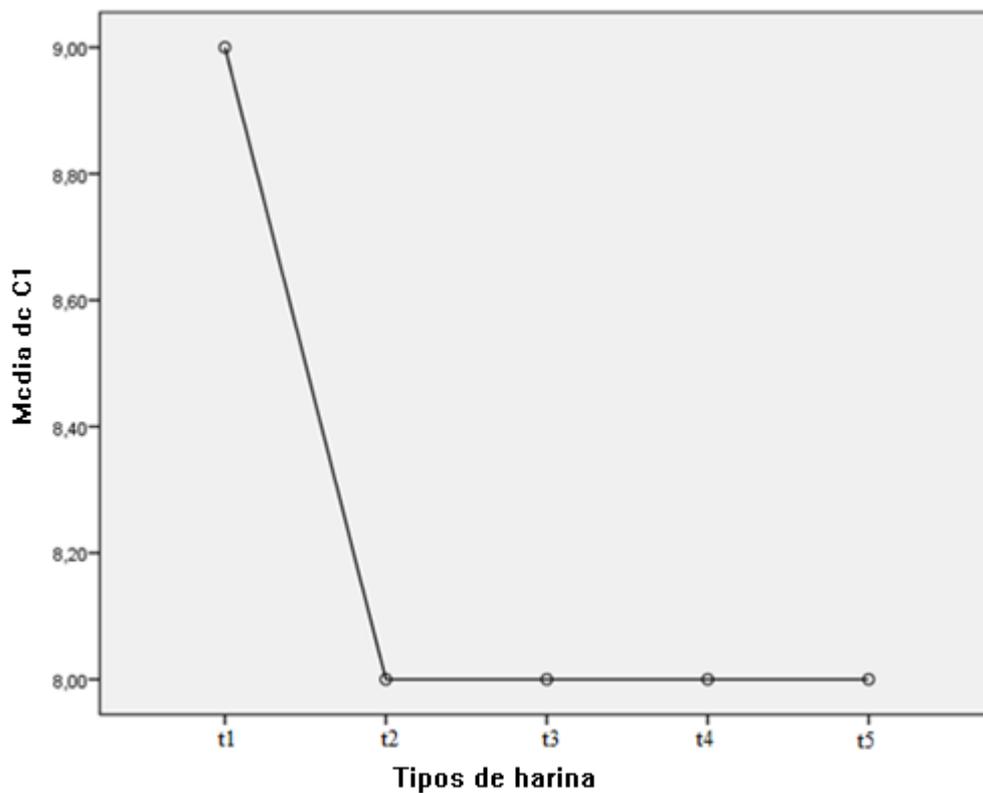


Gráfico IV.5. Incidencia del Índice de Absorción de agua en los tratamientos

Los datos del gráfico 4.5 ubican a t1 (variedad toquecita) con un índice de 9, este valor se encuentra relacionado con el establecido por CHOPIN TECHNOLOGIES (s.f) donde registra valores de 5mín y 7máx, indicando que a mayor valor del índice, la harina absorbe más agua; Cabe recalcar que los tratamientos 2, 3, 4, 5 se ubican dentro del rango establecido. Demostrando ser harinas de buen rendimiento en el proceso de panificación

4.2.6 C2: ÍNDICE DE AMASADO

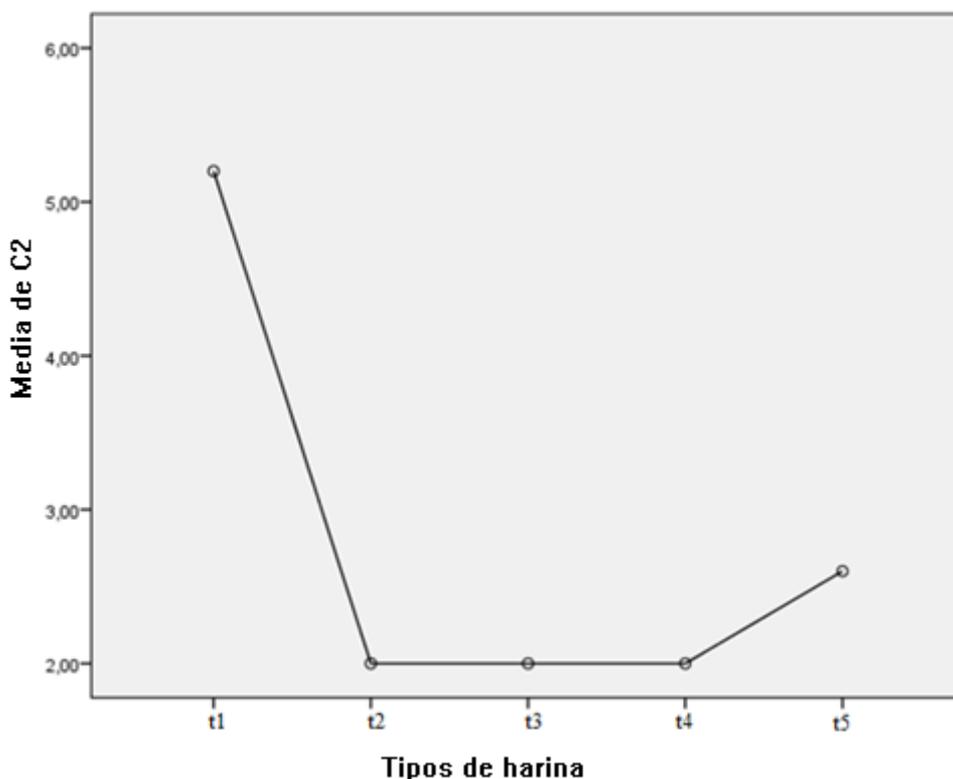


Gráfico IV.6. Incidencia del Índice de amasado en los tratamientos

Según el gráfico 4.6 demuestra que el mayor índice de amasado corresponde a t1 (toquecita) con un valor de 5,2 encontrándose dentro del rango establecido por CHOPIN TECHNOLOGIES (s.f) donde registra 5mín y 7máx, indicando que a mayor valor, la harina es más estable durante el amasado. Sin embargo los tratamientos 2, 3, 4, 5, presentaron los menores índices lo que indica que contienen proteína débil que provoca baja tenacidad y así mismo alto almidón dañado.

4.2.7 C3: ÍNDICE DE GLUTEN

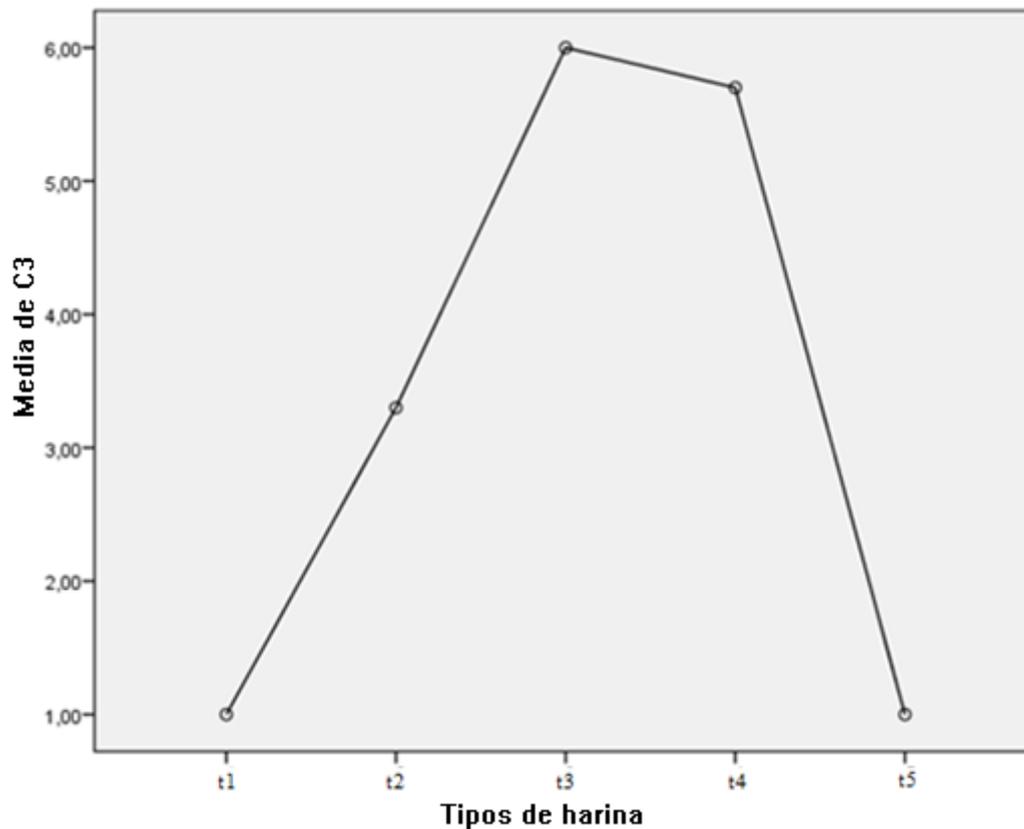


Gráfico IV.7. Incidencia del Índice de fuerza del gluten en los tratamientos

Según los resultados del gráfico 4.7 ubica a t3 (Morado ecuador) con un índice de 6.0 y t4 y (Morado Brasil) con un índice de 5.7 reflejando un contenido de gluten muy alto, valores que se encuentran dentro del rango establecido por CHOPIN TECNOLOGIES (s.f) en el que registra para este índice valores de 5mínimo y 6máximo, explicando que a mayor valor, el gluten resiste más calor. Desfavoreciendo así a t1 (Toquecita), t5 (INA) con índices de 1, y t2 (guayaco morado) con un índice de 3.3, reflejando bajo contenido de gluten.

4.2.8 C4: ÍNDICE DE VISCOSIDAD

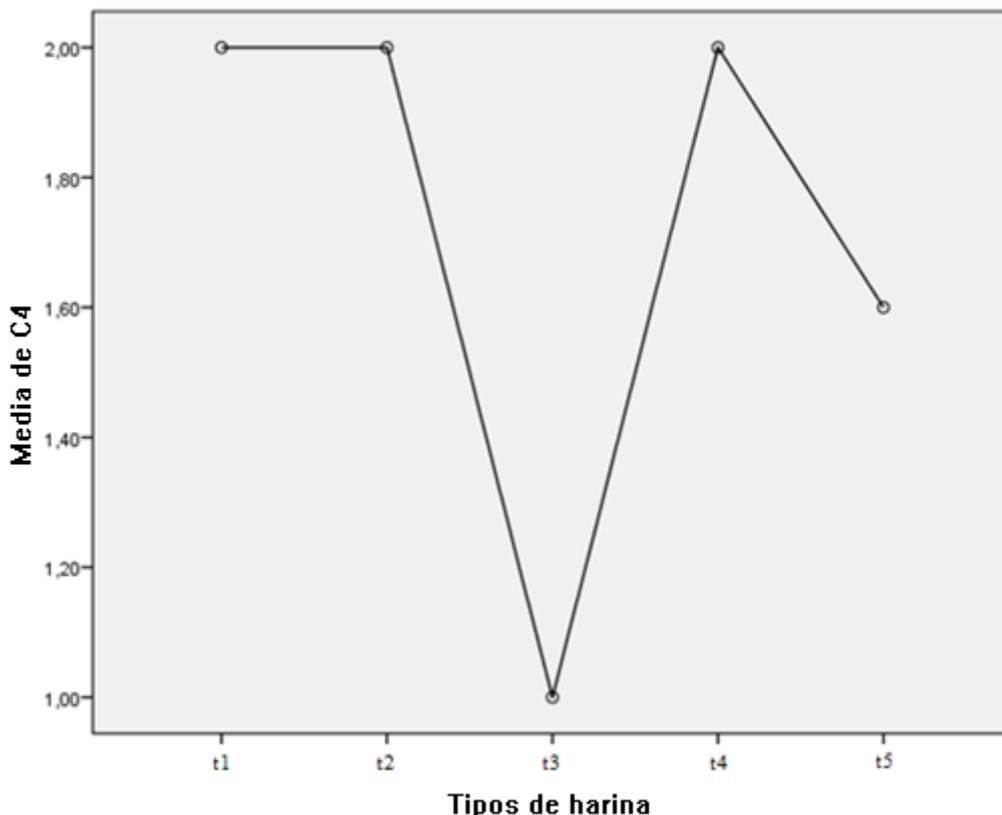


Gráfico IV.8. Incidencia del índice de viscosidad en los tratamientos

Según los datos del gráfico 4.8 ubica a t1, t2 y t4 (toquecita, guayaco morado, morado Brasil, respectivamente) con un índice de 2. Este valor se encuentra fuera del rango establecido por CHOPIN TECHNOLOGIES (s.f) donde registran índices de 5mín y 6máx, explicando que a mayor valor aumenta la viscosidad de la masa ante el calor.

4.2.9 C5: ÍNDICE DE AMILASAS

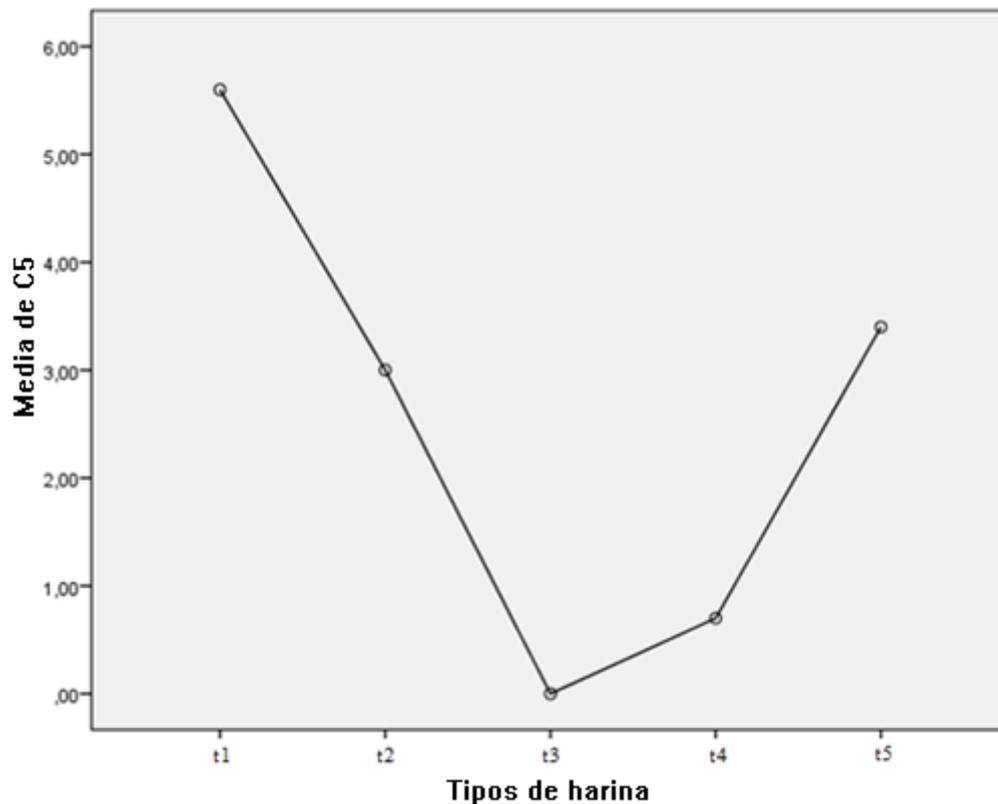


Gráfico IV.9. Incidencia del índice de amilasa en los tratamientos

El gráfico 4.9 ubica a t1 (Toquecita) con un índice de 5.6, reflejando baja actividad amilásica y bajo daño del almidón. Este valor se encuentra cercano al establecido por CHOPIN TECHNOLOGIES (s.f) donde registra valores de 4mínimo y 6máximo, indicando que a mayor valor, la actividad amilásica es más baja. Desfavoreciendo a t2(Guayaco morado) con un índice de 3, t3 (Morado Ecuador) con un índice de 0, t4 (Morado Brasil) con un índice de 0.7 y t5 (INA) con un índice de 3.4, ya que aunque presentaron una débil actividad amilásica, reflejaron demasiado daño del almidón.

4.2.10 C6: ÍNDICE DE RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN

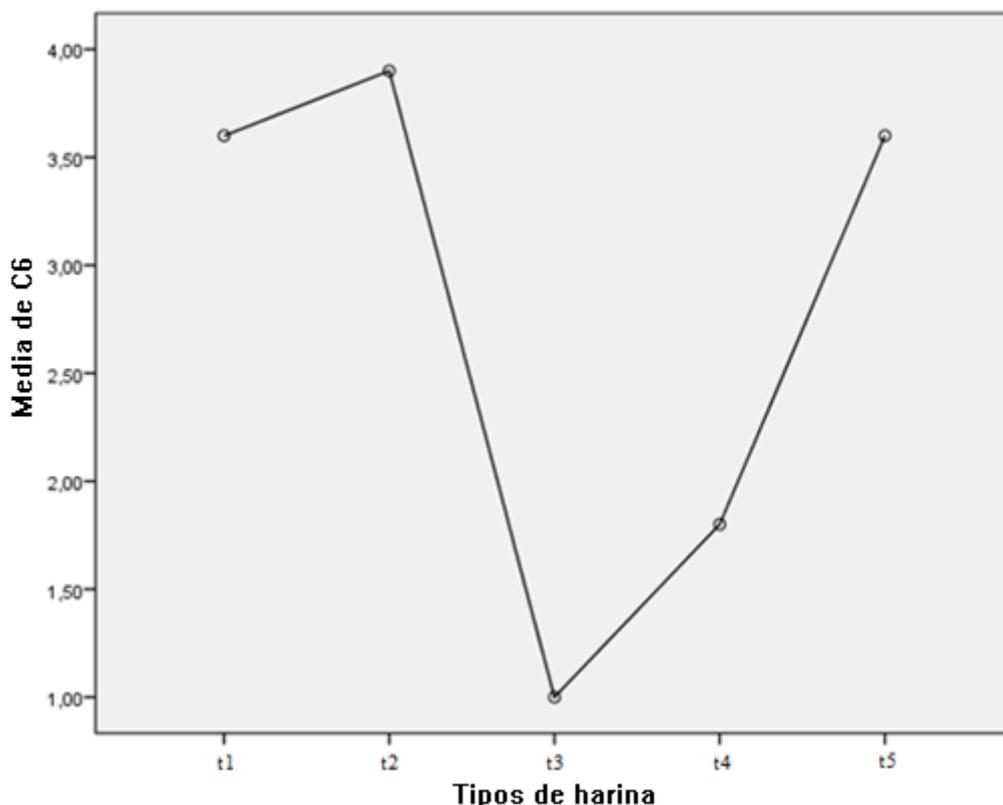


Gráfico IV.10. Incidencia del índice de retrogradación del almidón en los tratamientos.

El gráfico 4.10 refleja que el mayor índice de retrogradación de almidón corresponde al t2 (Guayaco Morado) con un índice de 3.9. Este valor se encuentra dentro del rango establecido por CHOPIN TECHNOLOGIES (s.f) donde registra valores de 3mín y 4máx, indicando que a mayor valor, se reduce el tiempo de duración de conservación del producto.

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA VARIABLES PARÁMETRICAS EN HARINAS DE CAMOTE DURANTE LA FERMENTACIÓN Y HORNEADO

Para determinar la normalidad de los datos se realizó los supuestos del ANOVA (Cuadro4.5.). Posteriormente, se detalla la prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov, con su respectivo estudio de hipótesis.

H_0 = los datos analizados no difieren de la distribución normal

H_1 = Los datos analizados difieren de la distribución normal

Cuadro IV.5. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las variables en estudio

		CD1	CD2	ELASTICIDAD
N		25	25	25
Parámetros normales ^{a,b}	Media	1815.36	1552.76	6.38
	Desviación típica	1066.56	892.95	4.08
	Absoluta	0.21	0.22	0.30
Diferencias más extremas	Positiva	0.21	0.22	0.30
	Negativa	-0.12	-0.13	-0.24
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.05	1.11	1.52
Sig. asintót. (bilateral)		0.21	0.16	0.01

*Difieren de la distribución Normal Sig 0.05

NS no difieren de la distribución

		FIRMEZA	MASTICABILIDAD	VOLUMEN
N		25	25	25
Parámetros normales ^{a,b}	Media	1182.76	55.15	92.60
	Desviación típica	724.31	45.75	1.68
	Absoluta	0.23	0.20	0.16
Diferencias más extremas	Positiva	0.23	0.20	0.12
	Negativa	-0.14	-0.18	-0.16
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.16	1.02	0.80
Sig. asintót. (bilateral)		0.13	0.24	0.53

*Difieren de la distribución Normal Sig. 0.05.

NS no difieren de la distribución Normal

Según los valores de probabilidad de Kolmogorov Smirnov de 0.216 para la variable CD1 (capacidad de dureza 1), 0.164 para la variable CD2 (capacidad de dureza 1), 0.134 para la variable firmeza, 0.248 para la variable masticabilidad y 0.538 para la variable volumen, siendo estos mayores que la significancia de la prueba (0.05), se aceptó la hipótesis nula (H_0), lo que

demuestra que las variables mencionadas provienen de una distribución normal, a excepción de la variable elasticidad ya que el valor de probabilidad de Kolmogorov Smirnov 0.019 es menor que la significancia del valor P 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la alternativa.

Para los datos en la que los valores se presentan de manera normal se procedió a la prueba de Levene (Homogeneidad), la misma que se detalla a continuación con su estudio de hipótesis.

H_0 = Las variables en estudio no difieren de la homogeneidad

H_1 = Las variables en estudio difieren de la homogeneidad

Contraste de la hipótesis si $P < 0.05$

Cuadro IV.6. Prueba de Homogeneidad de Varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CD1	2.191	4	20	0.107
CD2	2.596	4	20	0.067
FIRMEZA	2.052	4	20	0.125
MASTICABILIDAD	2.157	4	20	0.111
VOLUMEN	1.411	4	20	0.267

**Difieren de la Homogeneidad al 0.05

Según los valores de probabilidad del Estadístico de Levene (Ver Cuadro 4.6), 0.107 para la variable CD1, 0.067 para la variable CD2, 0.125 para la variable firmeza, 0.111 para la variable masticabilidad y 0.267 para la variable volumen, siendo estos mayores que la significancia P 0.05, se acepta la hipótesis nula.

CICLO DE DUREZA 1

Cuadro IV.7. ANOVA de un factor para CD1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor_A	335169.76	4	83792.44	0.06	0.99
Error	26966338.00	20	1348316.90		
Total corregida	27301507.76	24			

Según el ANOVA de un factor para la variable CD1 (ciclo de dureza 1) (Cuadro 4.7), no presentó diferencia significativa alguna en el Factor A (0.992), por el cual los tratamientos no difieren uno del otro.

CICLO DE DUREZA 2

Cuadro IV.8. ANOVA de DCA de un factor para CD2
Variable dependiente: CD2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor_A	907983.360	4	226995.840	0.249	0.907
Error	18228813.200	20	911440.660		
Total corregida	19136796.560	24			

En el Cuadro 4.8 se puede observar que no presentó diferencia significativa alguna en el Factor A (0.907), por el cual los Niveles no difieren entre ellos.

FIRMEZA

Cuadro IV.8. ANOVA de DCA para Firmeza

Origen	Suma de cuadrados tipo III	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor_A	527328.160	4	131832.040	0.219	0.925
Error	12063950.400	20	603197.520		
Total corregida	12591278.560	24			

El Cuadro 4.9, no presentó diferencia significativa alguna en el Factor A (0.992), por el cual los tratamientos no difieren entre sí.

MASTICABILIDAD

Cuadro IV.10. ANOVA de DCA de un factor para Masticabilidad

Variable dependiente: MASTICABILIDAD

Origen	Suma de cuadrados tipo III	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor_A	15295.702	4	3823.926	2.188	0.107
Error	34955.696	20	1747.785		
Total corregida	50251.398	24			

El Cuadro 4.10, no presentó diferencia significativa alguna en el Factor A (0.992), por el cual los tratamientos no difieren entre sí.

VOLUMEN

Cuadro IV.11. ANOVA de DCA de un factor para Volumen

Variable dependiente: VOLUMEN

Origen	Suma de cuadrados tipo III	de Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor_A	35.600	4	8.900	5.494	0.004
Error	32.400	20	1.620		
Total corregida ⁹	68.000	24			

El cuadro 4.11, presentó diferencia altamente significativa en el Factor A (0.004), por el cual se debe realizar la prueba de Diferencia Honestamente Significativa (DHS), la misma que se detalla en el Cuadro 4.16

Cuadro IV.12. Prueba de diferencia honestamente significativa según Tukey

DHS de Tukey^{a,b}

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
t2	5	90.6000 ^a	
t4	5	92.2000ab	92.2000ab
t1	5	92.6000ab	92.6000ab
t5	5		93.6000b
t3	5		94.0000b
Sig.		0.134	0.207

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente

Según Tukey al 0.05 de probabilidades de error

Realizada la prueba (DHS) de Tukey en el Cuadro 4.12, se ubicó al tratamiento t2 del Factor A en primera categoría estadística, ya que presentó una media de (90.6000) con menor volumen mientras que los tratamientos t4 y t1 comparten las mismas categorías estadísticas, y los niveles t5 y t3 destacándose en segunda categoría con 93.6000 y 94.0000 respectivamente, resultando así los tratamientos que obtuvieron mejor volumen por tanto representa mayor rendimiento.

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA VARIABLE NO PARÁMETRICA DEL PRODUCTO ELABORADO O PRODUCTO FINAL

Para realizar las pruebas no paramétricas se procedió a realizar un ANOVA de Kuskal Wallis para el factor establecido

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de ELASTICIDAD es la misma entre las categorías de Factor_A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,008	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Debido al valor de probabilidad de ANOVA Kruskal Wallis (Cuadro...) 0.008 para la variable Elasticidad siendo este valor menor que la significancia de la prueba (P 0.05), indica que el Factor A, a los tratamientos utilizados tiende a modificar significativamente la Elasticidad, el cual se detalla en el Grafico 4.11.

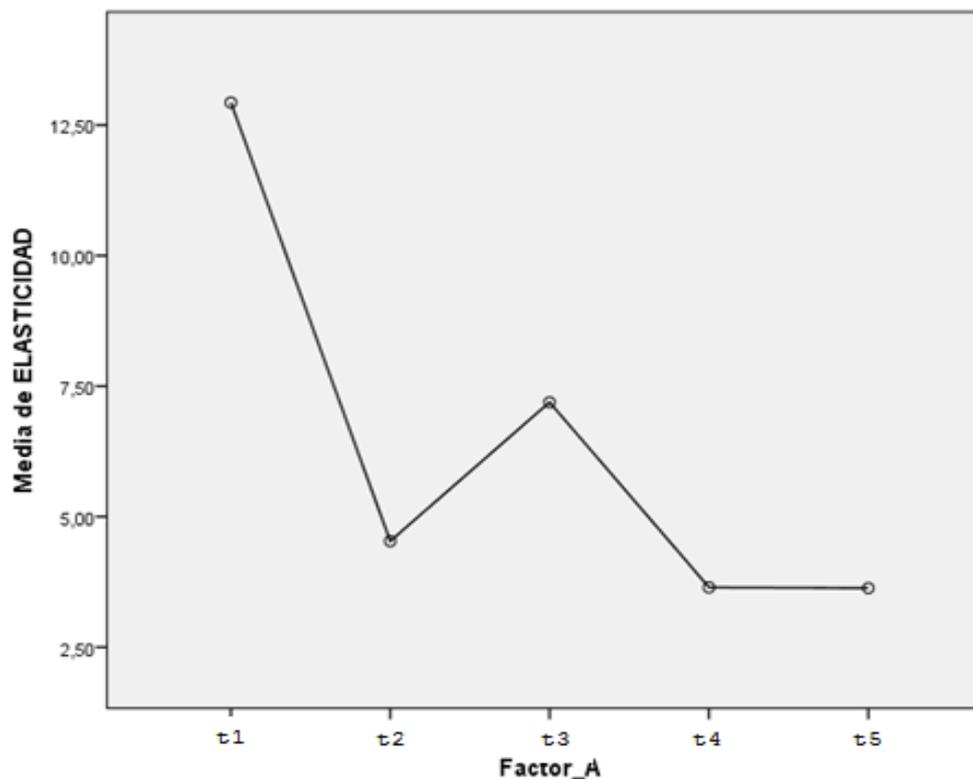


Gráfico IV.11. Incidencia de la elasticidad en los tratamientos

En el Gráfico 4.11 se observa al tratamiento t1 como el tratamiento más destacado en cuanto elasticidad seguida del tratamiento t3, este factor está estrechamente ligado al volumen y frescura del pan.

ANÁLISIS DE PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

Del análisis estadístico de los resultados según el panel sensorial en cuanto a los aspectos evaluados demuestran que difieren uno de otro.

Atributo: Color

El análisis del gráfico 4.12 demuestra que entre los tratamientos existe una significancia, indicando así que los panelistas tuvieron mayor aceptación con el tratamiento T2 que corresponde a la variedad Guayaco Morado, siguiendo el orden correspondiente T5, (variedad Ina); T4, (variedad Morado Brasil); T1, (Toquecita) y en último lugar T3 correspondiente a la variedad Morado Ecuador.

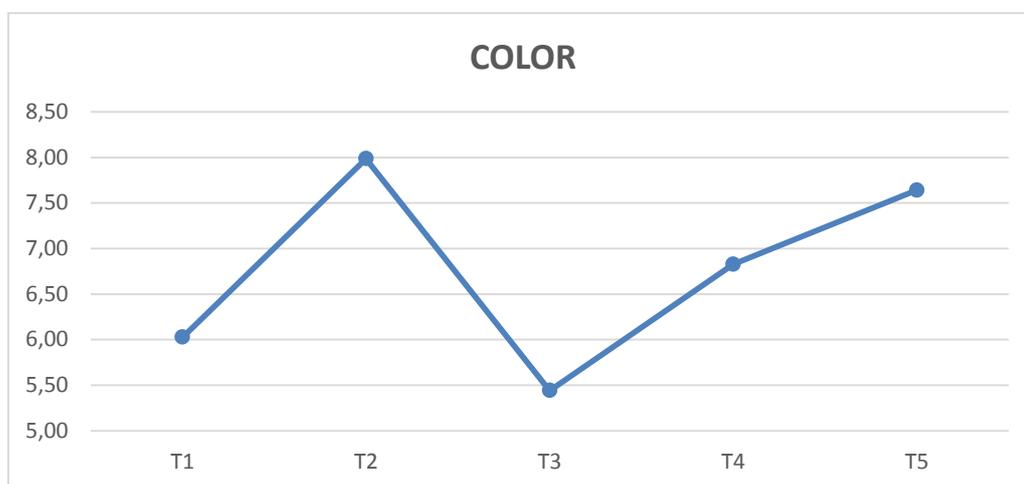
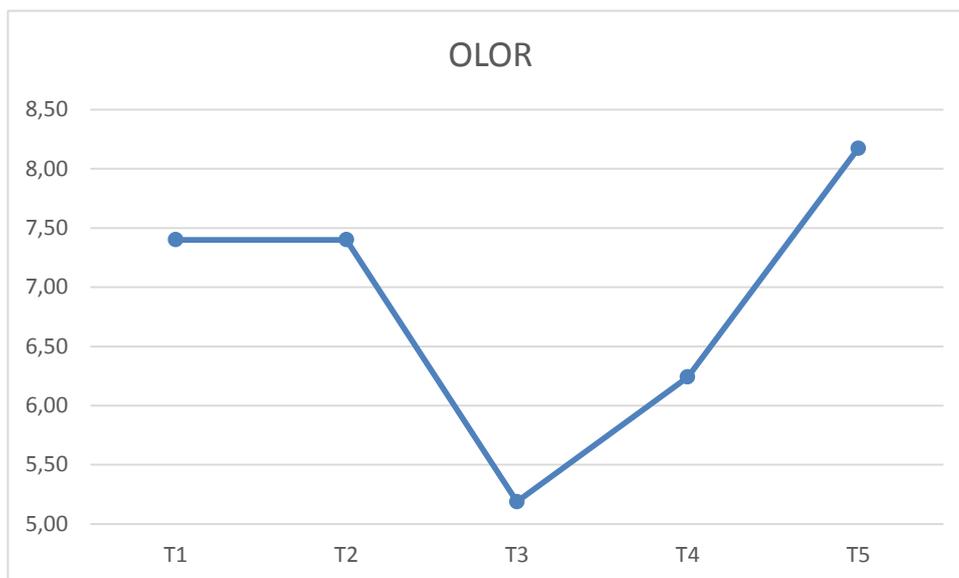


Gráfico IV.12. Descripción lineal de los valores según el análisis estadística en el Atributo Color

Atributo: Olor

El contenido del gráfico demuestra que entre los tratamientos existe una significancia, indicando así que los panelistas tuvieron mayor aceptación con el tratamiento T5 que corresponde a la variedad Ina, teniendo un empate el T2, (variedad Guayaco Morado) y T1, (variedad Toquecita); quedando como menos preferidos T4, (morado Brasil) y en último lugar T3 correspondiente a la variedad Morado Ecuador.

**Atributo: Sabor**

El gráfico 4.14. demuestra que entre los tratamientos existe una significancia, indicando así que los panelistas tuvieron mayor aceptación con el tratamiento T2 que corresponde a la variedad Guayaco Morado, seguido por el T1,(Toquecita);T3, variedad Morado Ecuador); T4, (morado Brasil) y en último lugar T5 correspondiente a la variedad Ina, Ver Gráfico 4.14.

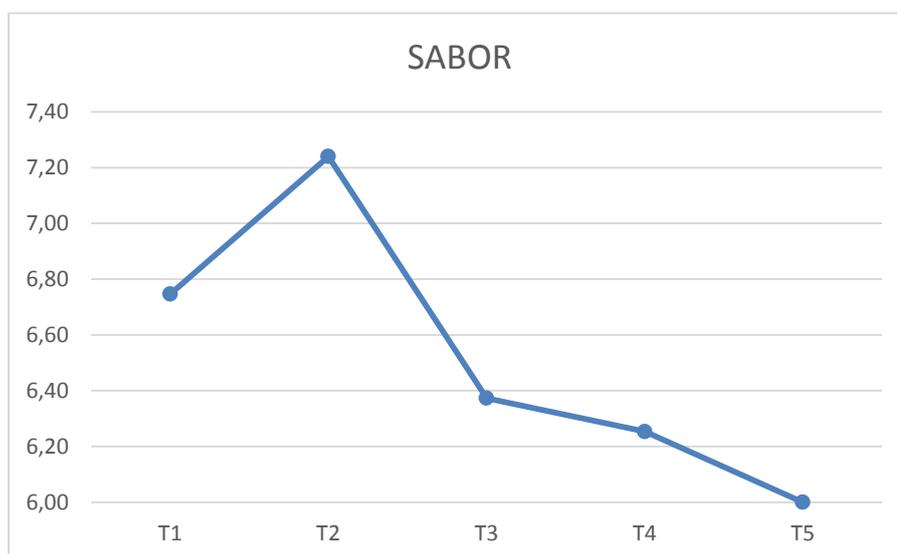


Gráfico IV.13. Descripción lineal de los valores según el análisis estadístico en el atributo Sabor.

Atributo: Textura

Los resultados del gráfico 4.15. reflejan que entre los tratamientos existe una notable variación, indicando así que los panelistas tuvieron mayor aceptación con el tratamiento T4 que corresponde a la variedad Morado Brasil, seguido por el T3, (Morado Ecuador); T1, variedad Toquecita); T2, (Guayaco Morado) y en último lugar T5 correspondiente a la variedad Ina, Ver gráfico 4.15.

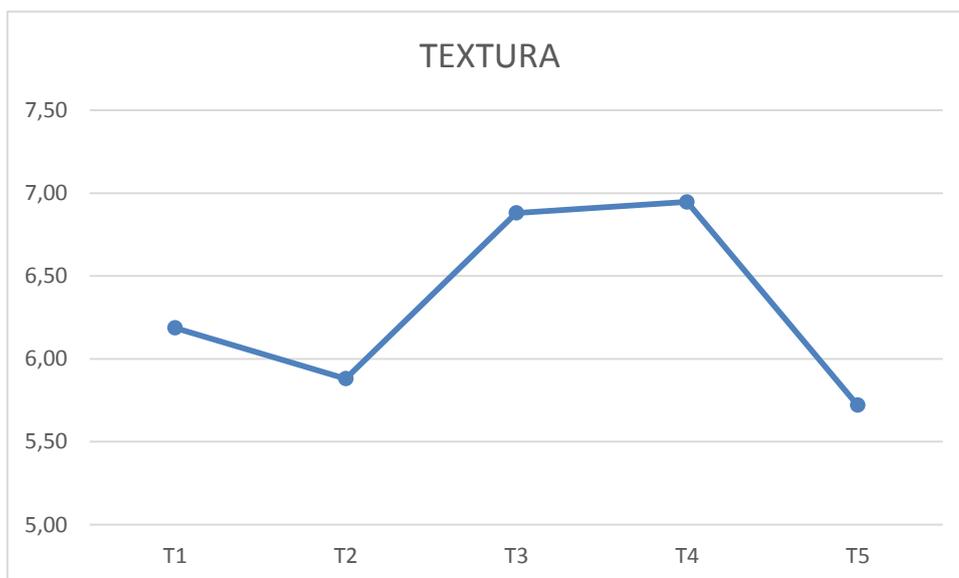


Gráfico IV.14: Descripción lineal de los valores según el análisis estadístico en el atributo Textura.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En cuanto a los análisis reológicos realizados a las premezclas de harinas el tratamiento 1 correspondiente a la variedad Toquecita reflejó un buen comportamiento en la etapa de amasado, demostrando ser una harina óptima para el proceso de panificación ya que puede llegar a soportar grandes esfuerzos mecánicos en el proceso de amasado. Así mismo manifestó menor actividad amilásica y bajo daño del almidón favoreciendo un eficiente proceso al momento de su uso.

Los resultados brindados por el Texturómetro de Brookfield realizados a los panes, apuntaron al tratamiento t3 perteneciente a la variedad (morado Ecuador) como el mejor en poseer atributos de textura: masticabilidad, firmeza y ciclos de dureza.

El tratamiento t3 de la variedad morado Ecuador fue el que bajo la técnica de la norma INEN 0530 obtuvo el mejor volumen; cabe resaltar que en los análisis reológicos el tratamiento t3 también sobresalió en la calidad proteica en la harina por lo que estos factores están estrechamente ligados.

En cuanto al panel sensorial, el tratamiento con mayor aceptabilidad corresponde a la variedad Guayaco morado (t2). El olor, sabor y color fueron los más valorados por los panelistas, mientras que la textura que más sobresalió fue la variedad (Morado Ecuador) perteneciente al tratamiento t3, lo cual guarda estrecha relación a los datos obtenidos por el Texturometro de Brookfield.

5.2 RECOMENDACIONES

Para las premezclas de harinas, se sugiere que el tipo de harina de trigo empleado, este destinado a la elaboración de pan.

Para mayor veracidad de datos obtenidos en los análisis realizados a las muestras de pan, se sugiere frescura en el producto, homogeneidad en el tamaño y aplicar un tiempo y temperatura constante en la etapa de horneado.

Para obtener una textura deseable en el producto se puede adicionar mejoradores de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J. y Surco, J. 2011. Estudio Estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificación. BOLIV. Revista Boliviana de Química. Vol 28. P 86-87.
- Álvarez, M. 2012. Utilización de mejoradores en la harina de trigo nacional (*Triticum aestivum*) para la elaboración de pan. (En línea). EC. Consultado el 17 de Agosto. 2014. Formato PDF.
- Avalos, C. 2014. Camote, Raíz prodigiosa. (En Línea). PE. Consultado el 26 de abril. 2014. Formato HTML. Disponible en <http://www.generacion.com>
- Bamforth, C y Calvel, R. 2005. Alimentos, fermentación y microorganismos. Zaragoza, España.
- Bernal, M. 2011. Cultivo de camote se incrementa en el País. El Telégrafo, Guayaquil, EC, dic, 8.
- Botanical-online. 2013. Características del trigo. (En línea). Consultado el 02 de jul. 2014. Formato HTM. Disponible en <http://www.botanical-online.com/bibliografia.htm>
- Brach, M. s.f. Factores que determinan la variación de la calidad panadera en trigo. (En línea). Consultado el 02 de jul. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.aaprotrigo.org/documentos/trigointa.pdf>
- Callejo, M. 2002. Industrias de Cereales Y Derivados. Mad. Ed AMV.
- Cazares, M. 2011. Evaluación Físico—química y farinográfica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida en los pasajes de molienda de la industria "Molinos Miraflores". EC. Formato PDF.
- Cazares, T. s.f. Evaluación físico-química y farinográfica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida ene los pasajes de molienda de la industria "MOLINOS MIRAFLORES". Tesis Ing. Alimentos. UTA. Ambato. EC.
- CHOPIN TECHNOLOGIES. 2009. "Mixolab: Modo de empleo". (En línea). FR. Consultado, 18 de Dic. 2014. Formato PDF
- Codex Alimentario, 1985. Norma del CODEX para la harina de trigo Codex Standard 152-1985.

- Cobeña, G. 2011. Taller Evaluación de estrategias de alimentación basados en el uso de camote en sistemas de producción animal, modelos y simulación. EC. Formato PDF.
- Domínguez, M. 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. PE. Formato PDF.
- Fandiño, J; Vallecillo, R; Campo, M. 2011?. El camote, un producto rendidor. NI. Revista enlace. Vol. 85
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura). 2006. Características generales del Camote. (En línea). Consultado el 24 de abril. 2014. Formato HTML. Disponible en http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/CAMOTE.HTM
- Figueroa, M; Cobeña, R; Álvarez, H; Castro, L; Cárdenas, F. 2011. Caracterización agronómica de germoplasma de camote (*Ipomoea batatas L.*) en Manabí. Calceta-Manabí, EC. Revista EspamCiencia. Vol 2.
- Guanquiza, P. 2010. Estudio del camote, usos, aplicaciones y propuesta gastronómica. Tesis. Gastronomía. UTE. Quito- Pichincha. EC. p 1.
- Guinet, R. Gordon, B. 1996. La panificación, Barcelona, España: Ed. Montagut.
- Henao, S y Aristizábal, J. 2009. Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. CO. Revista ingeniería e investigación. Vol. 29. p 42.
- INIAP (Instituto nacional de investigaciones agropecuarias, EC). 2011. INIAP evalúa materiales de camote en la Provincia de Manabí. Programa Yuca-Camote. Disponible en: http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=106:yuca-y-camote&catid=6:programas&Itemid=12
- Linares, E; By e, R; Ramírez, D; Pereda, R. 2008. El camote. CONABIO. (En línea) MX. Consultado, 26 de abril. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv81art3.pdf>
- Low, J; Arimond, M; Osman, N; Cunguara, B; Zano, F; Tschirley, D. 2007. Una experiencia en Mozambique: Camotes Anaranjados para mejorar la salud.AF. Consultado, 09 May. 2014. Formato PDF. Disponible en: http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-salud-y-agricultura-diciembre-2007/una-experiencia-en-mozambique-camotes-anaranjados/at_download/article_pdf.

- Macías, C. 2013. El Camote un cultivo rendidor. ME. Revista enlace. Vol. 85.
- Macías, F. 2011. Caracterización morfológica, agronómica, molecular y química de germoplasma de camote (*Ipomoea batatas L.*) para consumo humano y animal en la provincia de Manabí. Tesis Ing. Agropecuario. UNESUM. Jipijapa-Manabí. EC.
- Macías, C; Cobeña, G; Álvarez, H; Castro, L; Cárdenas, F. 2011. Caracterización agronómica de germoplasma de camote (*Ipomoea Batatas L.*) en Manabí. EC. Revista EspamCiencia. Vol. 2. P. 37-39
- Mantuano, M y Murillo, M. 2011. Optimización del método de elaboración de harina a partir del germoplasma de Camote (*Ipomoea batatas L.*) del INIAP. Tesis. Ing. Agroindustrial. ESPAM MFL. Calceta-Manabí. EC p 9.
- Mesas, M y Alegre, M. 2002. El pan y su proceso de elaboración. Méx. Redalyc.org. Vol. 3, núm.: 5, p. 307-313. (En línea). Consultado el 27 de abril.2014. Formato PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/724/72430508.pdf>
- Miranda, G; Montañéz, A. 2008. Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro. ME. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Vol. 9. P 22.
- Morato, N. 2009. Del grano a la harina. (En Línea). Consultado el 26 de Abr. 2014. Formato en PDF. Disponible en: <http://www.adiveter.com/ftp/articles/A3020409.pdf>
- NTE INEN 0518. 1981. Determinación de humedad en harinas de origen vegetal. (En Línea). EC. Consultado, 17 de Ago. 2014. Formato en PDF.
- NTE INEN 0519. 1981. Determinación de proteínas en harinas de origen vegetal. (En Línea). EC. Consultado, 17 de Ago. 2014. Formato en PDF.
- NTE INEN 0530. 1980. Harina de trigo, ensayo de panificación (En Línea). EC. Consultado, 09 de May. 2014. Formato en PDF. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0530.1981.pdf>
- Nutrición Nichese. 2014. El trigo y sus propiedades (En línea) Consultado el 02 de jul. 2014. Formato HTML. Disponible en <http://nutricion.nichese.com/trigo.html>
- Perúecológico. 2010. Variedades de camote. (En línea). Consultado el 26 de Abr. 2014. Formato PDF. Disponible en: <http://www.peruecologico.com>.

- Pineda, S. 2013. Utilización de la harina de malanga (*xanthosona sagittifolium*) en la obtención de productos de panificación. Tesis Ingeniera en Alimentos. UTE. Quito- EC.
- Rubio, A; MacRitchie, F; Gandikota, S; Hou, G. 2005. Relaciones de la composición proteínica y mediciones reológicas en masa con la calidad panadera de harinas de trigo. MEX. Revista Fitotec. Vol 28. p 243-251.
- Sandoval, E; Fernández, A; Ayala, A. 2005. Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz.CO. Red de revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Vol. 25. P 72-78.
- Silimox, J. 2004. Camote su valor y su sabor. Centro Peruano de Estudios Sociales CEPES. PE. Revista agraria. Vol. 59.
- Toaquiza, M. (2011). Evaluación del efecto de enzimas (gluco-oxidasas, hemicelulasas) y emulsificante en la calidad de pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo nacional variedad Cojitambo. Universidad Técnica de Ambato. Ambato – EC.
- Valverde, R; Moreira, M. 2004. Identificación de virus en el cultivo de camote (*Ipomoea Batatas*).Agronomía Mesoamericana. CR. Red de revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Vol. 15. P 5.

ANEXOS



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
"MANUEL FÉLIX LOPEZ"

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

Estimado panelista, frente a ud va a encontrar cinco muestras de pan de harina de cinco variedades de camote, para lo cual se le solicita la seriedad del caso ya que su criterio contribuirá en los resultados de la tesis denominada: SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO CON DIFERENTES HARINAS DE CAMOTE Y SU EFECTO EN LA CALIDAD PANADERA, con el objetivo de conocer su aceptabilidad

Siga las instrucciones expuestas a continuación:

- Ud contara con cinco hojas en la cual tendrá que calificar 5 aspectos: color, olor, sabor, esponjosidad y textura
- Observe y pruebe cada muestra de pan, yendo de izquierda a derecha, como aparece en la ficha. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, haciendo una marca en la línea correspondiente a las palabras apropiadas en cada columna de código: |

COLOR				
Código: 080	Código: 251	Código: 455	Código: 670	Código: 852
___ Me gusta muchísimo				
___ Me gusta mucho				
___ Me gusta moderadamente				
___ Me gusta poco				
___ No me gusta ni me disgusta				
___ Me disgusta muchísimo				
___ Me disgusta moderadamente				
___ Me disgusta mucho				
___ Me disgusta poco				

**ANEXO 1. Ficha de aceptabilidad para
análisis sensorial con escala hedónica**



ANEXO 2. Troceado del camote para la deshidratación



ANEXO 3. Deshidratación del camote



ANEXO 4. Molienda del camote deshidratado



ANEXO 5. Premezclas de harinas



ANEXO 6. Incorporación de ingredientes para elaboración de pan



ANEXO 7. Amasado



ANEXO 8. Reposo de la masa



**ANEXO 9. Segmentación de la masa
(Boleado)**



ANEXO 10. Etapa de leudado



**ANEXO 11. Panes con diferentes
harinas de camote**



ANEXO 12. Panel sensorial de los productos



ANEXO 13. Panel sensorial de los productos



ANEXO 14. Panel sensorial de los productos.



ANEXO 15. Degustación del producto en Feria del INIAP Pichilingue