

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA HARINA**  
**DE MAÍZ CRIOLLO (*Zea mays amylacea*) Y SU**  
**APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PAN**

**TESIS**

*Para Optar el Título Profesional de*

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Presentado por el Bachiller**

**JAILER JAVIER PINO GUTIÉRREZ**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:**

-----  
Ing. M.Sc. Epifanio E. MARTINEZ MENA

  
**PRESIDENTE**

-----  
Ing. Enrique TERLEIRA GARCIA

  
**MIEMBRO**

-----  
Ing. M.Sc. Wilson E. SANTANDER RUIZ

  
**SECRETARIO**

-----  
Ing. Dr. Abner F. OBREGON LUJERIO

  
**ASESOR**

TARAPOTO – PERÚ  
2011

## DEDICATORIA

- Al Creador Dios Todopoderoso de todo mi corazón, quien me dio la vida y fuerzas al culminar mi carrera profesional.
- A mi queridísima esposa Vany Socré De Pino, por haber sido siempre mi brazo derecho en innumerables aspectos. Asimismo su amor incondicional y ánimo me ayudaron a persistir mis objetivos profesionales.
- A mis queridos padres Aquilino Pino y Lorenza Gutiérrez quienes con su apoyo y amor incondicional me impulsaron a culminar mis estudios superiores.
- A mis hermanos Victor Thony, Ronald Eduand, Miguel Ángel, Elio Rubén.

## **AGRADECIMIENTO**

- Al Ing. Dr. Abner Félix Obregón Lujerio, por sus orientaciones y asesoramiento brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A la Sra. Dolly Flores Dávila, por la valiosa colaboración brindada durante los análisis de laboratorio.
- Al Sr. Pepe Torres, por las facilidades brindadas durante las pruebas preliminares en la panadería Torres.
- Al Sr. Felipe Luna por su apoyo en las pruebas finales realizadas en la panadería de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial – UNSM – T.
- A todos aquellos que colaboraron en mi formación profesional y apoyaron decididamente en la culminación de esta investigación.

# INDICE

	Págs.
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCION.....	5
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	7
2.1. MAIZ AMILACEO.....	7
2.1.1. Generalidades.....	7
2.1.2. Descripción botánica.....	8
2.1.3. Datos ecológicos.....	10
2.1.4. Producción e importancia del cultivo.....	10
2.1.5. Composición química.....	11
2.1.6. Usos.....	13
2.2. HARINA DE MAIZ AMILACEO.....	14
2.2.1. Características de la harina de maíz.....	15
2.2.2. Almidón.....	16
2.2.3. Harinas sucedáneas y su composición química.....	20
2.3. PAN.....	23
2.3.1. Valor nutritivo del pan.....	24

2.3.2.	Propiedades físicas químicas y organolépticas del pan.....	26
2.3.3.	Características funcionales y sensoriales para la determinación de la calidad del pan.....	26
2.3.4.	Proceso de elaboración del pan.....	29
2.3.5.	Niveles de sustitución alcanzado de harinas sucedáneas en la elaboración de pan.....	31
III.	MATERIALES Y METODOS.....	32
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	32
3.2.	MATERIA PRIMA.....	32
3.3.	EQUIPOS Y MATERIALES.....	32
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	34
3.4.1.	Caracterización de la harina de maíz amiláceo.....	34
3.4.2.	Proceso de elaboración del pan.....	37
3.4.2.1.	Determinación del nivel de sustitución y evaluación de pan.....	40
3.4.2.2.	Calidad y aceptabilidad del pan.....	40
3.4.3.	Métodos de control.....	42
3.4.3.1.	Masa panaria.....	42
3.4.3.2.	Del proceso tecnológico.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45
4.1.	Caracterización de la harina de maíz amiláceo.....	45
4.1.1.	Análisis físico – químico.....	45

4.1.2.	Granulometría de la harina de maíz amiláceo.....	46
4.1.3.	Análisis químico proximal.....	47
4.1.4.	Análisis de amilosa.....	48
4.2.	Proceso tecnológico.....	49
4.2.1.	Evaluación de la masa panaria.....	49
4.2.2.	Evaluación del nivel de sustitución para la elaboración de pan.....	51
4.2.3.	Evaluación de la calidad y aceptabilidad del pan.....	58
V.	CONCLUSIONES.....	64
VI.	RECOMENDACIONES.....	65
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
VIII.	ANEXOS.....	71

## INDICE DE CUADROS

Nº	TITULO	Págs.
1	Producción del maíz amiláceo ( <i>Zea mays amylacea</i> ) en la región San Martín.....	11
2	Composición química del grano de distintos tipos de maíz (%).....	12
3	Contenido de aminoácidos del maíz amiláceo.....	12
4	Rendimiento general de la molienda de maíz.....	15
5	Contenido en amilosa y amilopectina de almidones naturales.....	16
6	Composición químico proximal de sucedáneos de trigo sustitución parcial en panes, fideos y galletas.....	21
7	Valor nutritivo del pan (cada 100 gramos).....	25
8	Composición químico proximal de panes de labranza elaborado de diversos tipos de harinas como sucedáneos (g/100g base húmeda).....	25
9	Sustitución parcial en panes.....	31
10	Cantidad (g) requerida de ingredientes para pan de maíz.....	38
11	Formulación base para panes mejorados de maíz amiláceo.....	41
12	Caracterización físico – químico de la harina de maíz amiláceo.....	45
13	Resultados obtenidos del análisis granulométrico por tamizado ASTM D - 422 de la harina de maíz amiláceo.....	46
14	Análisis químico proximal de la harina de maíz amiláceo % (g/100g b.s.).....	48

15	Análisis de amilosa en el almidón de maíz amiláceo ( <i>Zea mays amyloacea</i> ).....	49
16	Expansión, separación de agua y adhesividad de la masa según nivel de sustitución de las harinas.....	50
17	Características funcionales de niveles de sustitución de la harina de maíz en la elaboración de pan.....	51
18	ANVA de las características funcionales en cinco repeticiones en la evaluación de pan de maíz amiláceo.....	54
19	Prueba de Tukey (5%) de las características funcionales en cinco repeticiones en la evaluación de pan de maíz amiláceo.....	54
20	Resumen de los promedios del análisis sensorial por atributo.....	55
21	ANVA de la evaluación sensorial por atributo en la elaboración de pan de maíz amiláceo.....	56
22	Prueba de Tukey (5%) de la evaluación sensorial por atributos en la elaboración de pan de maíz amiláceo.....	56
23	Análisis químico proximal del pan de maíz al 20% de sustitución (g/100g b.s.).....	57
24	Contenido de proteína de pan de maíz amiláceo usando mejoradores naturales.....	58
25	Cómputo químico de aminoácidos de pan de maíz amiláceo al 20% de sustitución y harina de soya al 5% (base húmeda).....	60
26	Grado de aceptabilidad de los panes mejorados.....	61
27	Análisis químico proximal del pan de maíz amiláceo nivel sustitución al 20% y mejorado con suero % (g/100g b.s.).....	62
28	Análisis microbiológico del pan de maíz amiláceo al 20% de sustitución y pan de maíz mejorado con suero.....	63



## INDICE DE FIGURAS

Nº	TITULO	Págs.
1	Grano maíz amiláceo ( <i>Zea mays amylacea</i> ).....	9
2	Usos del grano de maíz amiláceo.....	13
3	Estructura de la amilosa.....	18
4	Estructura de la amilopectina.....	19
5	Flujograma para la elaboración de galletas de harinas sucedáneas.....	22
6	Diagrama de flujo para la elaboración del pan francés fortificado con calcio.....	30
7	Diagrama de flujo experimental para la elaboración de pan de maíz amiláceo.....	39
8	Color de la harina de maíz amiláceo.....	45
9	Porcentaje de partículas retenidas acumuladas de la harina de maíz amiláceo en función de la abertura de tamiz.....	47
10	Variación de densidad aparente (g/ml) según nivel de Sustitución de harina de maíz en la elaboración de pan.....	52
11	Variación de coeficiente de elevación según nivel de Sustitución de harina de maíz en la elaboración de pan.....	52
12	Variación de absorción de agua según nivel de Sustitución de harina de maíz en la elaboración de pan.....	53

## RESUMEN

Con el fin de diversificar el uso de maíz amiláceo (*Zea mays amyloacea*) de consumo apreciado en nuestra selva amazónica, y considerando su aporte en almidón 80%, se procedió a obtener harina para sustituir 10, 20 y 30% de harina de trigo en la elaboración de pan.

Se caracterizó la harina de maíz amiláceo (*Zea mays amyloacea*) por sus propiedades físico químicas como Densidad aparente de 0,60 g/cm<sup>3</sup>, pH: 6,53, Acidez total: 0,14% expresado como ácido sulfúrico, Granulometría: 97.50%, pasando por un tamiz de 180 um y un análisis químico proximal: Humedad: 11,31, Fibra: 0,36, Grasa: 5,07, Ceniza: 1,25, Proteína: 10,00, Carbohidratos: 72,01. Análisis de amilosa: 13,7% considerando ligeramente exento de amilosa.

Se estudió el comportamiento de la masa panaria en los niveles de sustitución de 10, 20 y 30%, encontrando el mayor valor de expansión a 30% (5.45cm) y el menor valor al 10% (4.85cm), solo las sustituciones de 10 y 20% están dentro del rango establecido y conserva las propiedades de amasado.

Durante el proceso se dividieron en dos etapas: La primera, evalúa las propiedades funcionales y sensoriales en los niveles de sustitución en la elaboración de Pan de maíz amiláceo, analizando estadísticamente al 95% de confianza y la prueba de Tukey se encontró diferencia estadística significativa en la muestra al 30% comparada con la muestra control, 10 y 20% de sustitución en las propiedades funcionales de densidad aparente, coeficiente de elevación y absorción de agua. El análisis sensorial respecto a los atributos de sabor, color y olor estadísticamente no existe diferencia estadística significativa al 5% de probabilidad entre los niveles de sustitución; solo en el atributo apariencia general, determina el máximo nivel de sustitución al 20% en la elaboración de Pan.

En la segunda etapa se evalúa la calidad y aceptabilidad del pan al 20% de sustitución con adición de harina de soya y lactosuero, como mejoradores naturales. Los análisis químicos evidencian un enriquecimiento de proteína en 1.31% al adicionar suero de leche comparada frente a la harina de soya (0.66%) y la prueba de aceptabilidad, demuestra que el 50% de los panelistas califican al pan mejorado con suero de leche en la escala me gusta mucho.

En cuanto al análisis microbiológico, la numeración de mohos y levaduras se encuentran por debajo de los límites bacteriológicos permisibles, lo cual demuestra las adecuadas condiciones higiénicas empleadas durante el proceso.

## ABSTRACT

With the purpose of diversifying the use of corn starch (*zea mays amylacea*) of appreciated consume in our Amazon Jungle, and considering its contribution of 80% in starch, it is proceeded to get flour to replace 10, 20 and 30% of wheat flour in making bread.

The corn starch flour in characterized (*Zea mays amylacea*) for their physical and chemical properties such as bulk density of 0, 60 g/cm<sup>3</sup>, pH: 6.53, total acidity: 0.14% expressed as sulfuric acid, particle size: 97, 50%, passing through a sieve of 180 um and a quimical analysis: moisture: 11, 31, Fiber: 0.36, fat: 5.07, Ash: 1.25, protein: 10.00, Carbohydrates: 72, 01. Analysis of amylase: 13:7% considering slightly free of amylose.

The behavior of the bread dough was studied at the replacement levels of 10, 20, 30%, finding the highest value of expansion to 30% (5.45 cm) and the lowest 10% (4.85 cm), only substitutions of 10 and 20% are within the established range and maintains the properties of mixing without significant alterations.

Two stage were divided during the process: firs, to evaluate the functional and sensory properties in the substitution levels in the elaboration of soft corn bread which was statistically analyzed at 95% confidence and the Tukey test, significant statistical difference was found in the sample to 30% compared with the control sample, 10 and 20% of substitution in the functional properties of bulk density, coefficient of lift and water absorption. The Sensory analysis regarding taxation of flavor, color and smell, no statistical difference was significant at the 5% of probability for replacement levels, only with the general appearance attribute, the maximum substitution level of 20% in developing of bread was determined.

The quality and acceptability of the bread with substitution level to 20% in elaboration soft corn bread is evaluated in the second stage. The physicochemical analysis show an enrichment of 1.31% protein by adding milk whey compared to soybean flour (0.66%) and the acceptability test, shows that 50% of the panelists rate the bread improved by the milk whey in scale I like much.

With regard to microbiological analysis, the numbering of molds and yeasts are below the permissible bacteriological limits, these results demonstrate adequate hygienic conditions employed during the process.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país, donde la alimentación no es correctamente orientada, la escasa cultura alimentaria del poblador rural, hace que se alimente con lo que tiene a disposición y de acuerdo a su economía, sin considerar si estos alimentos aportan los requerimientos nutricionales, y particularmente nuestra Amazonía no es la excepción, siendo necesaria nuevas alternativas que permitan mejorar la dieta básica del poblador sin afectar considerablemente su economía.

También la Amazonía es el hábitat natural de recursos biodiversos básicamente para consumo local y muchas de ellas no han tenido la posibilidad de ser explotadas comercialmente. Siendo el maíz amiláceo, de gran acogida en las poblaciones rurales y nativas, que basan su alimentación en este cereal junto a otras leguminosas como los frijoles, sin embargo es una variedad de tipo endémico, en proceso de extinción, su cultivo y producción en áreas focalizadas de la Región San Martín.

El agricultor consume en forma de choclo y mote, bebida como la chicha, amasado como las tortillas, otras preparaciones como el inchicapi y los granos están constituidos por almidón blando, y por sus propiedades "sui generis" es posible su aprovechamiento como un sucedáneo de la harina de trigo en la elaboración de pan.

El presente trabajo de investigación se orienta a desarrollar una metodología para la utilización de este cereal como harina y un potencial sustituto del trigo en la elaboración de pan, habida cuenta que la región amazónica no es productora del trigo, lo cual posibilitará ampliar la frontera agrícola, además de contribuir a mejorar el nivel de vida de los productores de las zonas rurales.

Los objetivos de este trabajo de investigación son los siguientes:

## **1. Generales**

Desarrollar una metodología para la incorporación de la harina de maíz amiláceo como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan.

## **2. Específicos**

- Determinar las características físico química y proximal de la harina de maíz amiláceo.
- Evaluar el nivel de incorporación de la harina de maíz amiláceo en la elaboración de pan.
- Evaluar la calidad físico-química, sensorial y microbiológica del pan a base de maíz amiláceo.
- Evaluar el nivel de sustitución con los mejoradores naturales (lactosuero y harina de soya) en la elaboración del pan.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Maíz amiláceo

#### 2.1.1. Generalidades

El maíz es el tercer cereal cultivado a escala mundial, después del trigo y arroz, siendo la principal cosecha en América, se consume desde hace 7000 años (**SLUYTER Y DOMINGUEZ, 2006**). En el Perú, era muy apreciado por los Incas, es cultivado en zonas con climas templados de la sierra y en invierno en la costa, identificándose variedades amiláceas: mochero, alazán, chancayano, pardo, coruca, huayleño, ancashino, huancavelicano, blanco cuzco, pagaladroga, san jerónimo, arequipeño, sabanero, piricinco y variedades sintéticas y compuestas, de una gran variedad de colores y de algunos de ellos se extraen colorantes como es el caso del Maíz Morado (**CALLEJO, 2002**). Particularmente en la Selva Amazónica, se cultiva una especie criolla denominada maíz amiláceo (*Zea mays amyloacea*) probablemente originaria de las zonas altas de la región andina y de México; ha alcanzado cierta importancia comercial e industrial destinada al autoconsumo de la población indígena y rural y en la preparación de chicha, maicillo, pushco, wawillo, bizcochuelos y pan.

Reportes a escala mundial indican que el 70% de las proteínas es suministrado por los cereales en países pobres y el maíz es el tercer cereal usado para suplir estas carencias, y que, en las comunidades nativas de nuestra selva Amazónica, el maíz amiláceo, es la única fuente de proteína que es complementada con menestras y eventualmente carne de monte, lo que concuerda con el Mapa de pobreza de **FONCODES (2006)**, que reporta una población malnutrida en el orden del 31% para la región de San Martín.



El rendimiento del maíz amiláceo varía de 1 – 2 Ton/Ha, crece en condiciones de secano, no utilizan ningún producto químico. Las épocas de siembra son los meses de Agosto – Setiembre y Febrero – Marzo **(RUIZ, 2007)**, se produce en pequeña escala, lo siembran las colonias y los lugareños, básicamente para el consumo local, los agricultores recogen la costumbre ancestral, utilizando para la elaboración de una bebida regional, la chicha.

El maíz amiláceo, es considerado amiláceo por su tejido de reserva o almacenamiento, sus células contienen almidón (amiloplastos). El grano pertenece al tipo de maíz harinoso, el endospermo está compuesto casi exclusivamente de un almidón muy blando, que se raya fácilmente con la uña aún cuando el grano no esté maduro y pronto para cosechar.

### **2.1.2. Descripción Botánica**

Desde el punto de vista botánico **(RUIZ, 2007)**, menciona la siguiente clasificación taxonómica del maíz amiláceo:

Orden	: Columniflora
Familia	: Poacea
Sub familia	: Panicoideae
Género	: <i>Zea</i>
Especie	: <i>Zea mays</i>
Sub especie	: <i>Zea mays amylacea</i>
Nombre vulgar	: Maíz suave, blando o Criollo.

*Zea mays amylacea* o maíz amiláceo, es un cereal suave, harinoso, cuyo endospermo del grano es básicamente de almidón blando. Tiene textura de las brácteas rugosa, con que varían entre morado y rojizo, la forma de las mazorcas son ligeramente cónicas y la disposición de las hileras son ligeramente curvas. La altura de la planta es de 2.27m (+-1.31), cuyo hábito

de crecimiento es erecto, días de floración femenina 98 días, días de maduración es de 170 días, cuyas hojas normales son lanceoladas, 12 hojas por planta, presentando de 1 – 2 mazorcas por planta, forma de la mazorca ligeramente cónica, color de la mazorca morado intenso, color de tusa morado, longitud de mazorca 21.1 cm., diámetro de la mazorca 3.48 cm, peso de la mazorca 107.73gr, número de granos por mazorca es de 402. En cuanto a la cosecha la textura de las brácteas es rugosa, color predominante de las brácteas morado, longitud de las brácteas 32.7 cm, número de brácteas por mazorca es 7, longitud del pedúnculo de la mazorca es de 1.96cm, número de nudos del pedúnculo de la mazorca 4, forma predominante de la mazorca ligeramente cónica. En hileras ligeramente curvas, número de hileras 11, número de granos por hilera 36 **(RUIZ, 2007)**.

Los granos, son de color morado rojizo amarillento, de consistencia harinosa, longitud del grano 13mm, ancho del grano 11mm, espesor 5mm, porcentaje de desgrane 78%, rendimiento en campo del agricultor es de 2 tn/Ha. En la Figura 1, según **RUIZ (2007)**, muestra el color del maíz amarillo suave, ecotipo Cuñumbuque, de color rojizo amarillo característico.



**Fig. 1: Grano de Maíz amiláceo (Zea mays amylacea)**

**Fuente: RUIZ (2007)**

### **2.1.3. Datos ecológicos.**

La temperatura ideal para el desarrollo del maíz de la emergencia a la floración está comprendido entre 24 – 30°C y en la germinación debe estar entre 10 – 24°C, crece desde el nivel del mar hasta los 3600 m.s.n.m **(ECHEVERRIA, 1998)**.

El maíz es un cultivo de días cortos, así tenemos que fotoperíodos entre 11 – 15 horas de luz retrasan la floración y maduración del grano. Tolera suelos ligeros y pesados pero prefiere suelos francos (aluviales), y francos arcillosos bien drenado con pH de 5.5 – 6.5; de fertilidad media. La planta de maíz durante su ciclo completo consume entre 600 a 700 mm. de agua. La frecuencia de riegos depende de la capacidad de retención de agua del suelo, mayor en suelos arenosos y disminuye en suelos francos, arcillosos y profundos **(BAUTISTA, 2000)**.

### **2.1.4. Producción e importancia del cultivo**

En la región San Martín se siembran alrededor de 60 000 ha de maíz; cerca del 70% se siembra en monocultivo, el 30% restante en asociación con cultivos como: el frijol, yuca, algodón, y constituye el cultivo de subsistencia más importante para los pequeños productores. La mayoría de áreas se siembran en los meses de Agosto a Septiembre con el establecimiento de las lluvias y el resto durante los meses de febrero y marzo. Se estima que el 90% de maíz se siembra en suelos de ladera de baja fertilidad, y con alto potencial de erosión y en sistemas agrícolas típicos de subsistencia con bajos insumos; dentro del cual el maíz amiláceo se estima que representa un 3-5% del total de la siembra de maíz **(RUIZ, 2007)**, está considerada como una variedad de tipo endémico (proceso de extinción). En el Cuadro 1, se registra la producción de Maíz amiláceo, focalizada en determinadas áreas de las comunidades nativas de Pinto Recodo, Caynarachi y San Roque de Cumbaza, y coincidentemente son las zonas de mayor pobreza, donde la desnutrición y malnutrición infantil representa el 40%; por consiguiente es necesario la revalorización de este cultivo desde el punto de vista alimentario – nutricional **(RUIZ, 2007)**.

**Cuadro 1: Producción del maíz amiláceo (*Zea mays amyloacea*) en la Región San Martín**

<b>PROVINCIAS</b>	<b>AREAS SEMBRADAS (Ha)</b>	<b>PRODUCCION (Tn)</b>
San Martín	350.0	525.00
Lamas	450.0	675.00
El Dorado	410.0	615.00
Picota	380.0	570.00
Rioja	0.5	0.75
Moyobamba	1.0	1.50
Mariscal Cáceres	110.0	165.00
Huallaga	90.0	135.00
Tocache	30.0	45.00
Bellavista	80.0	120.00
<b>TOTAL</b>	<b>1901.5</b>	<b>2852.25</b>

**FUENTE: INIEA (2007)**

El Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (**INIEA, 2007**) del área de Proyecto Nacional de Investigación en Maíz, Tarapoto – San Martín, ha realizado el: Diagnóstico de los sistemas de producción y recolección de ecotipos de maíz criollo (*Zea mays amyloacea*) en las provincias de San Martín, Lamas, Picota y el Dorado y cuentan con un programa de investigación aplicado a dicho cultivo.

#### **2.1.5. Composición química**

Este cereal representa, para las poblaciones nativas, un alimento básico y fuente principal de carbohidratos y de proteínas, de acuerdo a la comunicación personal recogida en el INIA-Estación Experimental el Porvenir-Juan Guerra, contiene aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano en niveles significativos. En el Cuadro 2, se reporta la composición química del Maíz amiláceo (*Zea mays amyloacea*). Por otra parte, el centro internacional de mejoramiento del maíz y trigo (CIMMYT) con sede en México, reporta para el maíz común (Maíz amiláceo) un 9.9% de proteína en la harina y valores de lisina de 1.5 g/100 g de proteína,

triptófano de 0.3 g/100 g de proteína (CIMMYT, 1975), tal como se observa en el Cuadro 3.

Sin embargo ZUDAIRE (2009), acota que, el maíz tiene un valor nutritivo inferior al del trigo, particularmente deficiente en niacina (vitamina del grupo B), lisina y triptófano. De allí, que aquellos países donde el maíz y sus productos derivados constituyen un alimento básico, pueden darse carencias de los nutrientes deficitarios, en caso de que dichos productos no se enriquezcan con vitaminas o no se complementen con otros alimentos para conseguir proteínas completas. El resultado de la deficiencia de niacina es la aparición de pelagra, enfermedad que se manifiesta principalmente en la piel; esta se vuelve áspera, rojiza y escamosa y aparecen lesiones dolorosas en la boca.

**Cuadro 2: Composición química del grano de distintos tipos de maíz (%)**

Tipo	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra cruda	Extracto etéreo	Hidratos de carbono
Salpor	12,2	1,2	5,8	0,8	4,1	75,9
Cristalino	10,5	1,7	10,3	2,2	5,0	70,3
Harinoso	9,6	1,7	10,7	2,2	5,4	70,4
<b>Amiláceo</b>	<b>11,2</b>	<b>2,9</b>	<b>9,1</b>	<b>1,8</b>	<b>2,2</b>	<b>72,8</b>
Dulce	9,5	1,5	12,9	2,9	3,9	69,3
Reventador	10,4	1,7	13,7	2,5	5,7	66,0
Negro	12,3	1,2	5,2	1,0	4,4	75,9

**Fuente: CORTEZ (1972); FAO (1993)**

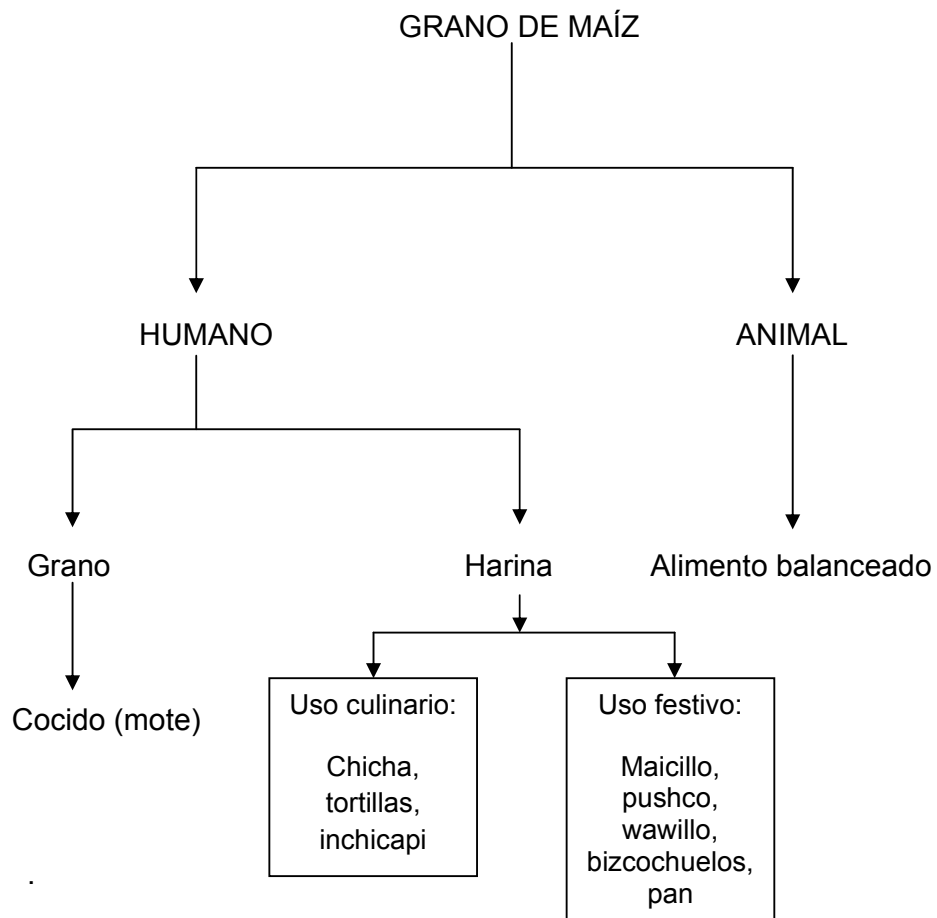
**Cuadro 3: Contenido de aminoácidos del maíz amiláceo**

Aminoácido	(g/100 g proteína)
Lisina	1.5
Triptófano	0.3

**Fuente: CIMMYT (1975)**

### 2.1.6. Usos

Actualmente el maíz amiláceo ofrece una serie de ventajas en cuanto a su consumo en forma de harina para preparaciones culinarias como tortillas, el inchicapi, bebidas como la chicha, y otros preparados de tipo festivo y eventualmente de familia como el maicillo, pushco, wawillo, bizcochuelos y panes. Según **RUIZ (2007)**, eventualmente se utiliza para la alimentación animal (aves). En la Figura 2, se presenta las posibilidades de uso del maíz amiláceo.



**Fig. 2. Usos del grano de maíz amiláceo.**

**Fuente: Ruiz (2007)**

## 2.2. Harina de maíz amiláceo

Se entiende por **harina de maíz** al polvo fino que se obtiene de la molienda del grano seco del maíz mediante diferentes métodos. Puede ser integral, por lo que presenta un color amarillo, o refinada en cuyo caso es de color blanco. Está formada fundamentalmente por almidón y de zeína, un tipo de proteína **(MARTÍNEZ, 2009)**.

El rendimiento harinero por el método de molienda en seco es de 85% (Cuadro 4). La principal ventaja de la harina de maíz con respecto a otras harinas como las de trigo, cebada, avena, es el hecho de carecer de gluten, resulta adecuada para las personas con enfermedad celiaca o intolerancia al gluten. Por otra parte, por el hecho de carecer de gluten, no puede utilizarse este tipo de harina como ingrediente exclusivo en la fabricación de pan si no se combina con otras harinas panificables (trigo, cebada, avena) **(MARTÍNEZ, 2009)**. El mismo autor menciona, que por su contenido en ácidos grasos esenciales, tiene tendencia a ponerse rancia en contacto con luz solar o el calor, y pierde sus cualidades alimentarias desarrollando malos olores y sabores; además hay la posibilidad de encontrar aflatoxinas en la harina mal conservada.

La presentación de la harina de maíz, es en forma de polenta, que es una harina más o menos gruesa, dependiendo de la molienda, o bien como harina fina, la cual no se debe confundir con el almidón (tipo "maicena") altamente refinado. La auténtica harina de maíz confiere esponjosidad a los bizcochos o tortas, aportando un ligero sabor dulce. Combina muy bien con queso, mantequilla, frutos secos, leche, harina de trigo o de otras semillas. Además de su uso en repostería, va muy bien para rebozar o para dar una buena masa a las croquetas y galletas saladas **(ZUDAIRE, 2009)**.

**Cuadro 4: Rendimiento general de la molienda de maíz**

<b>Subproducto</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Germen	10
Salvado	5
Harina gruesa	20
Harina fina	65

**Fuente: Elaboración propia**

### **2.2.1. Características de la harina de maíz**

Las principales características fisicoquímicas de la harina de maíz son:

#### **a. Tamaño de partículas**

Las partículas de una harina deben ser lo suficientemente pequeñas de tal forma que el 98% de estas pasen por un tamiz con una malla de 210 micrones.

Estas están especificadas en el estándar de identidad de las harinas de la Food and Drug Administration (**CHARLEY, 1987**).

#### **b. Humedad**

El contenido de humedad para harinas sucedáneas indican valores menores de 15% **Normas Técnicas Peruanas (1985)**. Para **CORTEZ (1972)** mencionado en **FAO (1993)**, los tipos de maíz varían su humedad entre 9,5 y 12,3%.

#### **c. Acidez titulable y pH**

Las harinas no deben exceder el 0.2% de acidez **Normas Técnicas Peruanas (1985)**. Por otro lado, según **EGAN et al. (1981)**, el pH de las harinas debe oscilar entre 6.0 – 6.8.



**d. Densidad aparente**

Según **HAYES (1992)**, menciona que para la harina de maíz es de 0,66 g/cm<sup>3</sup>, harina de trigo de 0,64 g/cm<sup>3</sup>.

**2.2.2. Almidón**

El almidón se encuentra en el endospermo de los cereales en forma de corpúsculos discretos, redondeados o poliédricos, denominados “gránulos”. El grano de maíz aporta en su composición el 80% de almidón, componente mayoritario de este cereal (**PRIMO, 1998**). La facilidad y mínimo tiempo de cocción y nixtamalización se logran con un grano suave, es decir con una mayor proporción de amilosa (25.5%) y menor de amilopectina (74.47%) (**BARRERA, 2003**). El cuadro 5, reporta los contenidos habituales de amilosa y amilopectina, en almidones naturales.

**Cuadro 5: Contenido en amilosa y amilopectina de almidones naturales.**

<b>Almidones</b>	<b>Amilosa (%)</b>	<b>Amilopectina (%)</b>
Papa	23	77
Yuca	20	80
Trigo	20	80
Arroz	15 – 35	65 – 85
Sorgo	25	75
Maíz	25	75
Maíz céreo *	0	100
Amilomaíz *	77	23
Guisantes	40	60
Plátano	17	83
Semilla de Umarí (**)	12.5	87.5

**\*Obtenidos por modificaciones genéticas**

**Fuentes:** - CHEFTEL, 1980  
- AGUIRRE, 1992 (\*\*)

Los componentes del almidón (amilosa y amilopectina), poseen propiedades físicas y químicas muy diferentes, que influyen en las características de los alimentos.

- a. **La amilosa.-** La amilosa es un polímero lineal de residuos de D – glucosa unidos por enlaces  $\alpha(1,4)$ , que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón. La estructura se muestra en la Figura 3 (**CHARLEY, 1991**). En los gránulos de almidón, este polímero está presente bajo forma cristalina, debido principalmente al gran número de enlaces hidrógeno existente entre los grupos hidroxilo. Los enlaces hidrógeno de la amilosa también son responsables de la adsorción de agua y de la formación de geles, en el curso de la retrogradación, después de la gelatinización (**CHEFTEL, 1980**).

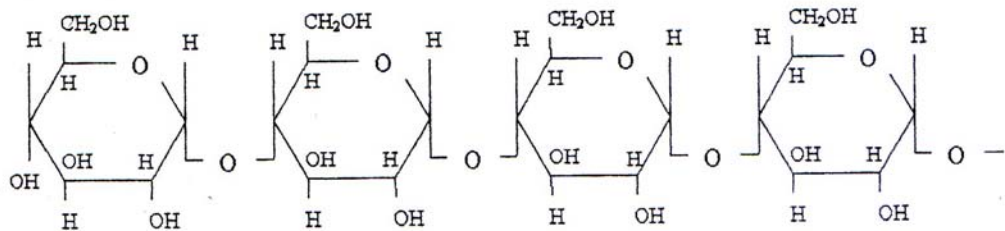
La amilosa tiene, en sus soluciones acuosas calientes, una tendencia muy grande a gelificar, o a precipitar de sus soluciones diluidas al enfriarse (retrogradación). Todo ello es consecuencia de su estructura lineal. En una disolución caliente, las cadenas lineales de amilosa están desordenadas y al enfriarse se asocian por puentes de H en un retículo que se solidifica en forma de gel. Si la solución de amilosa es diluida o si se enfría muy lentamente, las moléculas lineales se ordenan en haces cristalinos y la amilosa precipita; este tipo de agregación cristalina se llama retrogradación del almidón (**PRIMO, 1998**).

- b. **La amilopectina.-** La mayoría de los enlaces entre las unidades de D – glucosa de la amilopectina son del tipo  $\alpha(1,4)$ , como en la amilosa. Además, un 4 – 5% de las unidades de glucosa están unidas a  $\alpha(1,6)$ , y dan una estructura ramificada creciente (**FENNEMA, 1982**).

La ramificación ocurre a intervalos de entre 15 – 30 residuos de glucosa. El enlace se establece entre el carbono 1 de la rama y el

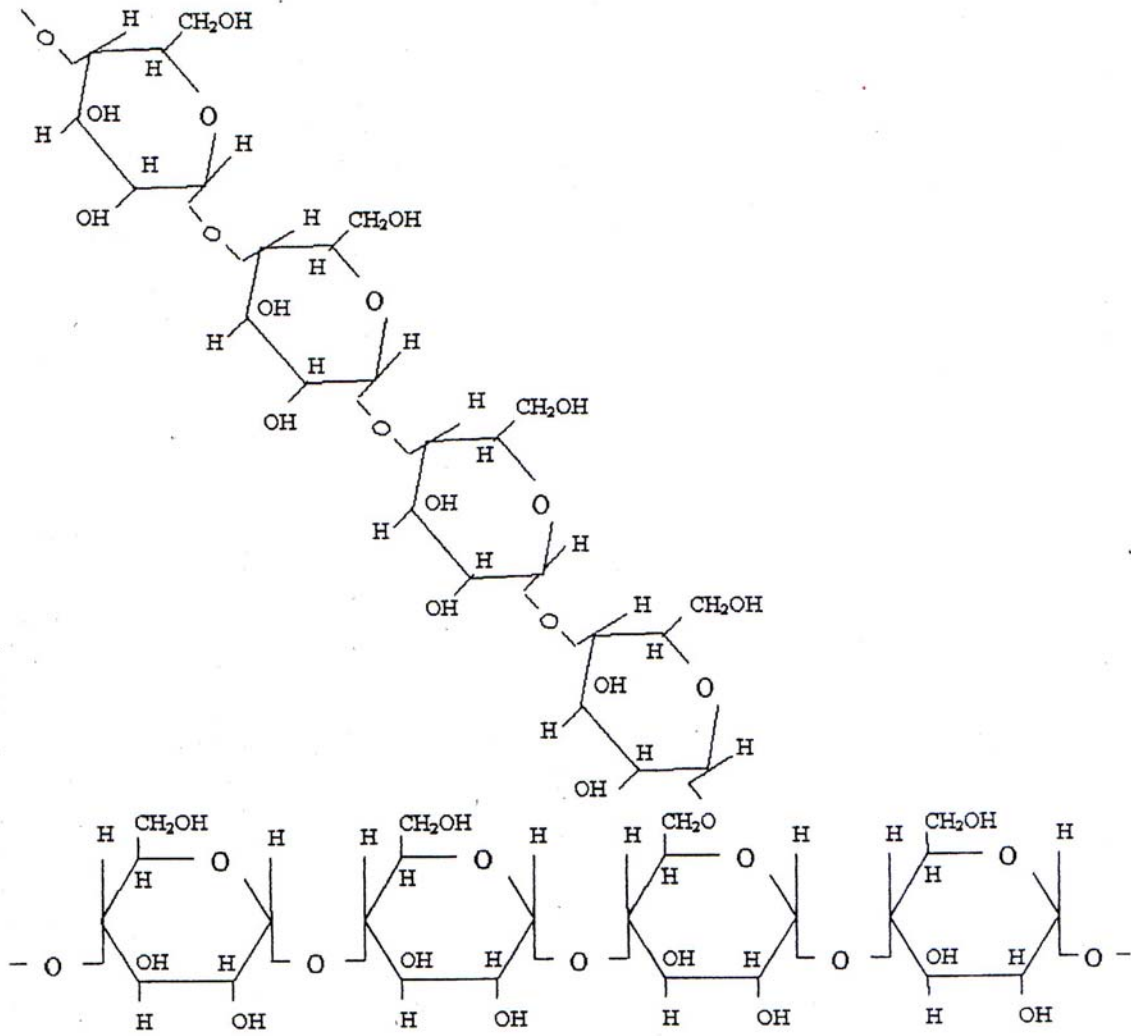
carbono 6 del residuo de glucosa al que se úne la ramificación, como se observa en la Figura 4 (**CHARLEY, 1991**).

La amilopectina tiene poca tendencia a la retrogradación; sus soluciones calientes, al enfriarse, se hacen viscosas, pero no gelifican como consecuencia de su estructura ramificada, poco apta para la formación de redes moleculares (**PRIMO, 1998**). Durante la cocción la amilopectina absorbe mucha agua y es, en gran parte responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. Así los gránulos ricos en amilopectina son más fáciles de disolver en el agua a 95°C, que los que contienen mucha amilosa. Debido al incremento estérico, las moléculas de amilopectina no tienen tendencia a la recristalización y por lo tanto poseen un elevado poder de retención de agua, contrariamente a las de amilosa. Las soluciones de amilopectina no retrogradan (**CHEFTEL, 1980**).



**Fig. 3: Estructura de la amilosa**

**Fuente: CHARLEY, 1991**



**Fig. 4: Estructura de la amilopectina**

**Fuente: CHARLEY, 1991**

### 2.2.3. Harinas sucedáneas y su composición química

Las harinas sucedáneas, son productos obtenidos por un proceso adecuado de molienda para ser mezclados con la harina de trigo con fines alimenticios. Estos proviene de cereales, leguminosas, seudos cereales y raíces o una combinación de ellas (**REYNOSO et. al, 1994**).

Las harinas sucedáneas más comunes a nivel mundial son: centeno, avena, cebada, maíz, soya, papa, pituca, plátano, pijuayo y pan del árbol. **BARRERA (1985)** realizó trabajos para la obtención de dos tipos de harina de pijuayo y su posible utilización como sucedáneo en panificación, reportando que el pijuayo del tipo amarillo (laja) es el más recomendado para obtener harina, por su alto rendimiento y el color claro de la pulpa. El contenido de grasa en las harinas crudas (5.9%) y pre-cocidas (5.7%), es uno de los factores que más contribuyen a su deterioro durante el almacenamiento, estimándose que un tratamiento adecuado con antioxidantes da buenos resultados para superar este inconveniente. Una de sus características favorables es el alto contenido de carbohidratos, y un aceptable porcentaje de proteína bruta. La harina pre-cocida presenta mejores características como sucedánea del trigo, alcanzando un nivel de reemplazo del 5% siguiendo el método de esponja y del 10% con el método directo de panificación; también muestra incremento en el contenido de proteínas (5.9 a 6.7%), comparado con el pan preparado solo con harina de trigo.

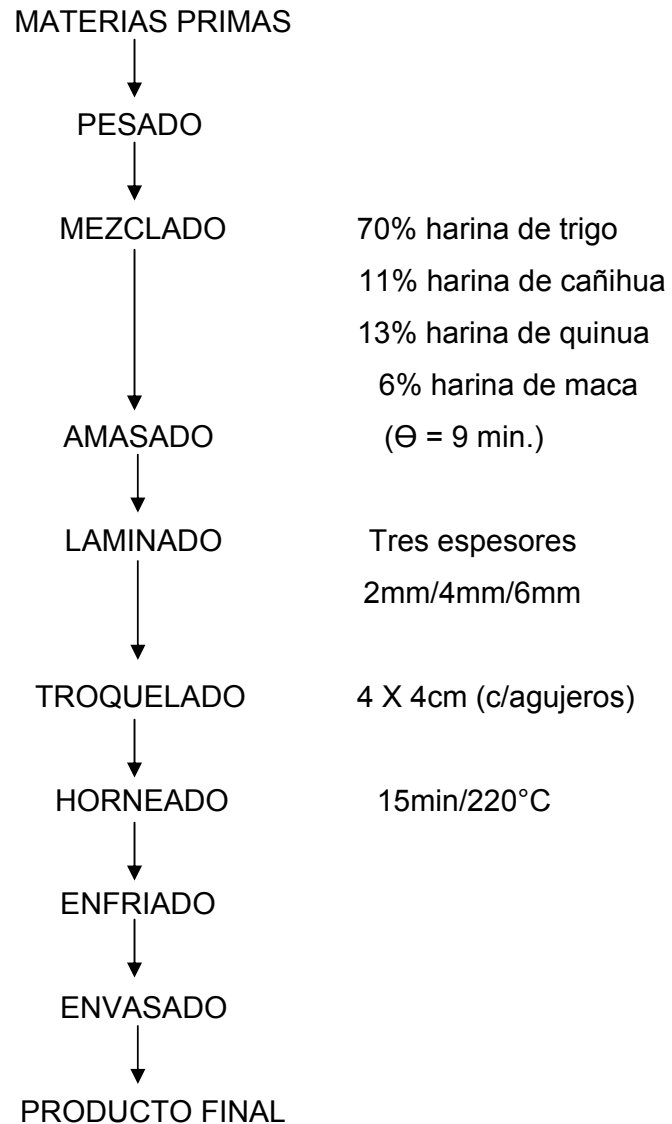
En el Cuadro 6, se presentan las numerosas investigaciones de harinas sucedáneas realizados en la UNALM, INDDA dentro del Programa Nacional de Alimentación Popular, donde se muestra el análisis químico proximal de los principales sucedáneos, así como los porcentajes máximos de sustitución en harina de trigo recomendados, siendo el nivel de sustitución máximo al 20 % en caso del pan y fideos y del 30 % en galletas.

**Cuadro 6: Composición químico proximal de sucedáneos de trigo. Sustitución parcial en panes, fideos y galletas**

Cereales	Composición química (%) (1)						% sustitución			
	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra	Carbohidratos	Panes	Galletas	Fideos	
Harina de trigo	13.8	11.9	1.45	0.94	1.15	71.36	100	100	100	
Harina de maíz	11.2	9.0	4.5	1.5	2.0	73.8	20	30	0	
Harina de cebada	9.3	9.6	1.3	1.5	1.1	78.3	20	20	0	
Harina de arroz	13.4	7.4	0.9	0.6	0.6	77.7	20	30	0	
<b>Leguminosas</b>										
Harina de haba	10.3	23.3	1.6	3.2	1.4	61.6	5	5	0	
Harina de soya	7.5	48.5	3.0	6.0	1.0	35.0	10	20	10	
Harina de tarwi	6.7	46.4	22.6	2.9	6.3	21.4	10	10		
<b>Pseudo cereales</b>										
Harina de quinua	6.0	12.6	5.6	2.6	1.8	73.2	20	20	20	
Harina de quiwicha	11.6	12.6	5.9	2.5	2.8	67.4	20	30	0	
Harina de cañihua	11.4	13.5	6.5	6.4	6.0	62.2	10	30	0	
<b>Tubérculos</b>										
Harina de yuca	11.21	1.8	1.4	3.3	1	82.3	10	20	0	
Harina de camote	9.0	1.6	0.8	2.2	1.5	86.4	10	30	0	
Harina de papa	10.9	6.4	0.4	5.2	2.3	77.1	10	20	0	
<b>Raíces</b>										
Harina de maca	10.9	13.3	0.96	1.08	5.35	68.2	10	10	3	
Harina de oca	6.4	4.1	1.9	3.6	4.0	84.0	10	0	0	
Mashua, Isaño	87.4	1.5	0.7	0.6	0.9	9.8	10			
Otras (2) citado en la Revista Amazónica										
Sachapapa blanca o Morada								30		
Pituca								25		
Pan de árbol								8		
Pijuayo								30		

**Fuente:** (1) REYNOSO et al, 1994  
(2) CHIRINOS Z. et al, 2001

En la Región San Martín, no se conoce antecedentes de uso de harinas sucedáneas. **CHIRINOS Z. et al (2001)**, menciona el uso de harinas de soya, maíz y yuca para elaborar galletas saladas y dulces en forma artesanal. **MACHAGUAY (2009)**, ilustra en la Figura 5 el flujograma de la elaboración de galletas con sustitución de harinas sucedáneas de raíces y cereales andinos.



**Fig. 5: Flujograma para la elaboración de galletas con harinas sucedáneas**

**Fuente: Machahuay (2009)**

### 2.3. Pan

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años. Al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes. Parece que fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto (**MESAS et al., 2002**). El mismo autor menciona que el pan, es un producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentadas por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*.

**PEARSON (2000)**, indica el uso de dos métodos para la producción industrial del pan que son: Método directo o de masa directa, método indirecto o método de esponja. **REYNOSO et al. (1994)**, describe estos métodos, como:

#### **Métodos Convencionales**

##### a. Masa Directa o Método Directo:

Todos los componentes de la masa son mezclados en una sola etapa. En el mezclado se trata de obtener una mezcla suave con un grado óptimo de elasticidad.

La temperatura debe estar entre 25.5 a 27.7° C. Luego ésta masa se fermenta por 2 a 4 horas ocasionalmente se realiza el punch durante este tiempo. Luego son procesados de la misma forma que el método esponja.

##### b. Método Esponja o Indirecto.- El agua, la levadura y el alimento de la levadura, son mezclados y previamente dejados a fermentar.



La esponja se deja fermentar en una cámara a 8°C y humedad relativa de 75 a 80% durante 4.5 horas, pero podría acortarse a 3.5 horas, dependiendo del porcentaje de levadura y harina utilizada en la esponja.

### **Sistemas Modernos de Panificación**

- a. Método de fermentado líquido.- Sistema de esponja líquida o pre fermento, en los que la fermentación se lleva a cabo en forma líquida (parte o toda la harina se mantiene separada).
- b. Método Continuo.- Utiliza un pre fermentado tras el cual se trabaja la masa hasta su formación y es extruida al molde, se madura y se hornea.
- c. Sistemas Rápidos de Panificación.- El procedimiento Chorleywood se ha popularizado en Inglaterra. Se amasa la masa bajo vacío parcial y es básicamente un sistema de masa simple sin tiempo (de fermentación).

#### **2.3.1. Valor nutritivo del pan**

Las tendencias del consumo de pan se encaminan en dos sentidos que en apariencia son contradictorios: por un lado aparecen alimentos muy sofisticados y de compleja elaboración, y a su vez el consumidor está exigiendo cada vez más productos naturales. La importancia de una alimentación rica en fibras se ha acentuado y esta tendencia ha ampliado el consumo de panes integrales. Al respecto un estudio realizado por **CHAPELLE (2007)**, citado por **PISCOYA (2002)**, indica el valor nutritivo de los panes integrales y del pan blanco, pan francés fortificado con calcio, tal como muestra el Cuadro 7. Además, **REYNOSO et al. (1994)** en el Cuadro 8, reporta la composición química proximal de panes de labranza elaborados a partir de diversos tipos de harinas como sucedáneas.

**Cuadro 7: Valor nutritivo del pan (cada 100 gramos)**

CONTENIDOS	PAN INTEGRAL(*)	PAN SEMI INTEGRAL(*)	PAN BLANCO(*)	PAN FRANCES(**)
Agua (g)	37.10	35.0	33.00	23.2
Hidratos de Carbono	44.00	51.0	54.50	61.0
Proteínas(g)	12.50	12.0	8.70	10.7
Grasas(g)	1.50	1.2	1.00	2.0
Fibras Alimentarias(g)	6.20	2.7	1.30	0.2
Calorías (Cal)	225.00	260.00	323.00	304.0
Sodio(mg)	625.00	710.00	125.00	
Potasio(mg)	240.00	175.00	125.00	
Fósforo(mg)	196.00	151.00	108.00	
Vitamina B1(mg)	0.23	0.21	0.23	
Niacina(mg)	1.97	1.35	1.97	

Fuente: \* CHAPELLE, 2007  
 \*\* PISCOYA, 2002

**Cuadro 8: Composición Químico Proximal de Panes de Labranza Elaborado de Diversos Tipos de Harinas como Sucedáneos (g/100g Base Húmeda)**

COMPONENTES (%)	CEBADA	MAIZ	CAMOTE	QUINUA	YUCA
Humedad	33,6	....	30,70	18,4	9,8
Grasa	1,8	6,0	8,24	2,20	2,8
Ceniza	0,9	2,2	1,89	2,0	2,3
Proteínas (N x 6.25)	7,5	13,4	7,95	9,31	11,5
Fibra	0,2	0,3	1,18	0,49	0,48
Carbohidratos	55,6	78,4	50,04	58,07	73,5

Fuente: REYNOSO et al., 1994.

### **2.3.2. Propiedades físicas químicas y organolépticas del pan**

De acuerdo con **LEES (1982)**, las propiedades físicas, químicas y sensoriales del pan son: Humedad, Proteína, Ceniza, Grasa, Carbohidratos, Acidez, pH, Color, Olor, Sabor y Textura.

### **2.3.3. Características funcionales y sensoriales para la determinación de la calidad del pan**

**NAVARRO (2004)**, describe que, para el análisis del pan se debe tomar las muestras a una hora después del horneado, pesado y guarda al abrigo de la humedad.

#### **Características Sensoriales:**

Estos difieren el origen, composición y método de elaboración, estos son:

- a) Parte Central o miga debe ser blanca, adherida a la corteza, porosa y uniformemente distribuidas, olor agradable, sabor dulzaina ligeramente salado.
- b) La corteza debe ser de color marrón amarillento, crujiente y sonora, de olor y sabor agradable.
- c) Reacción ligeramente ácido al papel de tornasol.

#### **Determinación de la corteza y miga (Procedimiento)**

Poner un pan entero y una fracción de éste tal como llega al laboratorio, quitar la corteza y pesarla, el resultado restar del peso del pan o de la fracción obteniéndose la cantidad de miga que debe relacionarse a 100.

Generalmente un pan bien elaborado tiene un 20 a 30% de Corteza y 70 a 80% de miga.

### **Determinación de la Densidad Aparente:**

Indica el índice de frescura y calidad del pan. En un recipiente de volumen conocido (0.5 o 1lt.) se llena con semillas de hortalizas, tratando de nivelarse en una hoja de cuchillo.

Se vacía el contenido y en su reemplazo se coloca el pan, llenándose nuevamente la vasija con las semillas, nivelándose nuevamente. Las semillas sobrantes, deberán ser medidas en una probeta.

Cálculo: volumen del recipiente con solo semillas.

Volumen del recipiente, completada con semilla = volumen del pan.

Da = peso por g. / volumen en cc.

### **Determinación del coeficiente de Elevación:**

Indica calidad y buena elaboración del pan.

Se divide el diámetro mayor del pan (sección transversal) sobre la altura del mismo. El Pan francés tiene un coeficiente de elevación de 1.55.

Los panes elaborados con harinas débiles o mal fermentadas presentan un índice de elevación de 3.

Se puede decir que cuanto más pequeña es esta relación más elevada es la calidad del pan.

### **Determinación de la capacidad de Absorción del Agua:**

Está relacionada con la digestibilidad del pan.

Pesar una fracción (5 gr.) y colocar en un vaso (cap. 1 lt) el que debe contener un volumen de agua destilada, déjese en contacto 1 minuto transcurrido este tiempo escurrir el exceso de agua durante 10'.

Por diferencia del volumen inicial de agua destilada empleada y el volumen de líquido recuperado se obtiene el grado de imbibición de la muestra empleada, relacionar a 100 el resultado obtenido.

En panes de buena calidad el grado de absorción es elevado, fluctuando entre 380 a 400 por 100 gr. De muestra. En panes mediocres, este valor fluctúa entre 300 a 350 y tipos de panes pobres esta cantidad está por debajo de 200.

### **Análisis sensorial (UREÑA M. et al. 1999)**

La evaluación sensorial de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y /o mensurando, las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo condiciones ambientales preestablecidas y bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico.

Por otro lado los análisis sensoriales pueden clasificarse, según el objetivo del trabajo de evaluación sensorial planificado, en: análisis orientados al producto y análisis orientado al consumidor.

#### **a. Análisis orientados al producto**

Análisis sensoriales con los que obtendrán datos que permitirán luego, con el análisis estadístico adecuado, hacer inferencias sobre las características de la población de alimentos que se analiza. Estos son: Descriptivos para determinar diferencias, Descriptivos para categorizar muestras y Descriptivos para determinar perfiles sensoriales.

#### **b. Análisis orientados al consumidor**

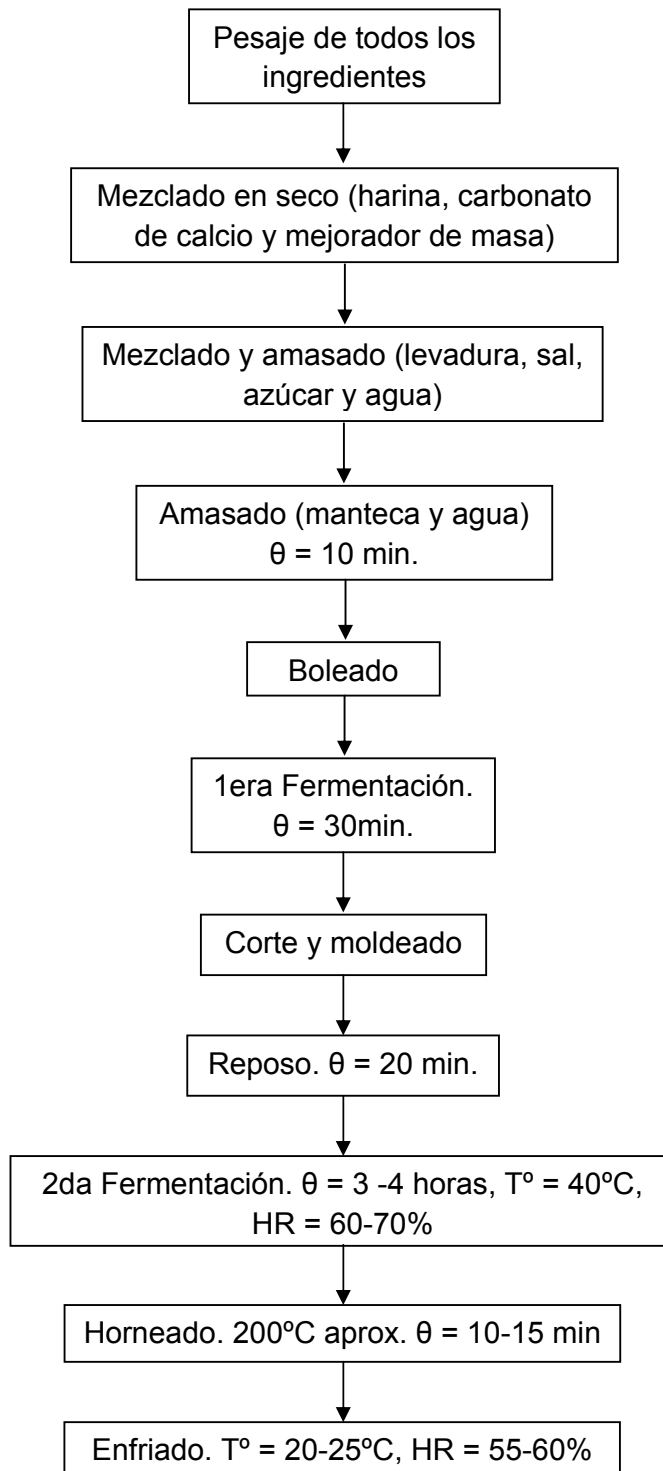
Análisis sensoriales con los que se obtendrán datos que permitirán luego, con el análisis estadístico adecuado, estimar la capacidad analítica sensorial de un juez o, en su caso, hacer inferencias sobre una población de posibles usuarios del producto. Estos son: Discriminativos para determinar grado de percepción y Afectivos.

#### **2.3.4. Proceso de elaboración del pan**

Según **PISCOYA (2002)**, el proceso de elaboración del pan francés fortificado con calcio consta de las siguientes etapas:

- Pesado de todos los ingredientes.
- Se coloca la harina en la mezcladora y se adiciona carbonato de calcio en polvo y el mejorador de masa, luego la levadura, sal, azúcar y poco a poco el agua para facilitar la disolución de los ingredientes y se amasa por espacio de 5 minutos.
- Una vez que se obtuvo una masa homogénea se añade manteca y se vuelve a amasar por espacio aproximado de 10 minutos
- Concluido el amasado, se bolea la masa en la rola hasta lograr una masa elástica y flexible.
- Se deja fermentar la masa sobre la mesa por espacio de media hora cuidándose en todo momento que permaneciera tapado con plástico de color oscuro con la finalidad de evitar la evaporación del agua.
- Concluida la primera fermentación, se procede a cortar en pequeñas bolitas utilizando la divisora y se forman bollos de pan a los que se hace una raya al centro y se colocan en latas enharinadas o mantecadas dejando fermentar por aproximadamente 3 horas.
- Finalmente se hornean los panes a 200°C por 10 – 15 minutos.
- Posteriormente se deja enfriar por espacio de 1 hora a temperatura ambiente(20 – 25°C)

En la Figura 6: Se muestra el diagrama de flujo para la elaboración del pan francés fortificado con calcio. (**PISCOYA, 2002**).



**Fig. 6. Diagrama de flujo para la elaboración del pan francés fortificado con calcio**

### 2.3.5. Niveles de Sustitución alcanzado de Harinas Sucedáneas en la elaboración del pan.

REYNOSO et al. 1994, reporta los niveles de sustitución de harinas sucedáneas al nivel de laboratorio, como se muestra en el cuadro 9.

**Cuadro 9: Sustitución parcial en panes.**

Harinas Sucedáneas	% sustitución		
	Panes	Galletas	Fideos
Harina de trigo	100	100	100
Harina de maíz	20	30	0
Harina de cebada	20	20	0
Harina de arroz	20	30	0
Harina de haba	5	5	0
Harina de soya	10	20	10
Harina de tarwi	10	10	
Harina de quinua	20	20	20
Harina de quiwicha	20	30	0
Harina de cañihua	10	30	0
Harina de yuca	10	20	0
Harina de camote	10	30	0
Harina de papa	10	20	0
Harina de maca	10	10	3
Harina de oca	10	0	0
Mashua, Isaño	10	0	0

**Fuente: REYNOSO et al. (1994)**



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se realizó en la panadería de la UNSM – T, ubicado en el Complejo Universitario Jr. Orellana # 575 – Tarapoto, y los análisis físico químicos se realizó en los laboratorios de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), en laboratorio de Control de Calidad de Productos Agroindustriales (LCC), los análisis microbiológicos en el área de Microbiología de los alimentos del Laboratorio Referencial Regional, ubicado en el Jr. Túpac Amaru 5ta Cdra. s/n – Morales.

#### **3.2. Materia prima**

Los granos de Maíz amiláceo (*Zea mays amylacea*) proceden de la comunidad de San Antonio del río Mayo, provincia de Lamas, carretera Tarapoto – Moyobamba Km. 20, obtenida directamente de los agricultores.

#### **3.3. Equipos y materiales**

##### **3.3.1 Equipos.**

- Cortadora mecánica. Marca MECSA
- Horno a convección rotativo. Marca NOVA. Modelo, MAX 500. Voltios 220. HP, 1.5. Año 2003.
- Tamices. Tyler ASTM E – 11, N° 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 200.
- Espectrofotómetro. SPECTRONIC 20D, Marca Milton Roy
- Balanza mecánica. Marca LIBRA. Capacidad de 10kg
- Balanza digital. Denver Instrument Company, AA – 200. Capacidad 210g exactitud 0.1mg, U:S:A:

- Estufa. Marca MEMMERT. Watts 1400
- Equipo Soxhlet. Marca FORTUNA
- Equipo Microkjeldahl. Marca SELECTA. Watts 2000
- Mufla. Marca WARNING. Voltios 220
- Latas para cocción de los panes 65 x 45cm
- Andamios y carros metálicos para el estibado de latas
- Cuchillos
- Espátulas de metal
- Molino con martillos fijos. 12.5HP
- Ollas
- Cápsula de porcelana
- Placas pétri
- Campanas de desecación
- Pinza de metal
- Vasos de precipitación de 100, 250 y 1000 ml
- Equipos de filtrado (Matraz, Kitazato, Embudo buchner)
- Cocina eléctrica de 220 voltios
- Equipo de Titulación
- Pipeta 10 ml
- Baguetas
- Papel filtro Wathman número 40
- Picetas

### 3.3.2. Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado al 1.25%
- Ácido clorhídrico al 0.02%
- Indicadores (Fenolftaleína al 1% y rojo de metilo al 1%)
- Hidróxido de sodio en lentejas para análisis al 40% y al 1.20%
- Ácido bórico al 2%
- Éter de petróleo para análisis concentrado
- Catalizador (sulfato de cobre, hierro, potasio, ácido salicílico y Tio sulfato de sodio)
- Otros materiales para las pruebas de control de calidad
- Otros materiales necesarios para la realización de las pruebas.

### 3.4. Metodología experimental

#### 3.4.1 Caracterización de la harina de maíz Amiláceo

La muestra de harina de maíz amiláceo, se caracterizó de la siguiente manera:

##### a) Análisis Físico – químico

- o **Densidad aparente** (método recomendado por la **A.O.A.C, 1990**), que indica que un determinado peso de harina se coloca en una probeta graduada dando 60 golpes, luego se observa el volumen, aplicando la relación peso/volumen.

- **pH** (método electrométrico) **(A.O.A.C, 1990)**, mediante pHmetro digital a 20°C, la medición se realizó en una solución filtrada de 10 gramos de harina en 100 ml. de agua destilada.
- **Acidez total.** se realizó por el método de Acidez titulable **(A.O.A.C, 1990)**
- **Granulometría** (método descrito por Geankoplis, 2000), para la cual se pesó 100 gramos de muestra de harina de maíz y se pasó por un tamiz ASTM de 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, y 200. se construyó una curva de diámetro de partículas en un eje y el porcentaje retenido por cada tamiz en el otro eje.

#### **b) Análisis Químico proximal**

- **Humedad.** se realizó por el método de secado en estufa a presión atmosférica a 110°C durante 24 horas. **(A.O.A.C, 1990)**
- **Proteína total.** se determinó por el método de Kjeldhal recomendado por la **(A.O.A.C, 1990)**. Para determinar el N total se multiplica por 6.25.
- **Grasa total.** se realizó por extracción con éter di etílico como solvente mediante el método Soxhlet. **(A.O.A.C, 1990)**
- **Ceniza total.** Se determinó por calcinación de la muestra en una mufla a 550°C por 24 horas. **(A.O.A.C, 1990)**
- **Fibra total.** Se determinó por hidrólisis ácida y alcalina. **(A.O.A.C, 1990)**
- **Carbohidratos totales.** Se obtuvo por diferencia restando de 100 los porcentajes de Humedad, Proteína, Grasa, Ceniza, Fibra. **(A.O.A.C, 1990)**

**c) Análisis de amilosa.**

Método modificado por **PLATA – OVIEDO (1998)**, mencionado por **SAAVEDRA (2000)**. Consiste en pesar exactamente  $20.0 \pm 0.02$  mg (b.s.) de almidón de maíz, luego fueron colocados en un vaso de 50 ml. y disueltas con 10 ml. de KOH 0.5N con agitación magnética por 30 min.

La dispersión es cuantitativamente transferida a un balón volumétrico de 100 ml. completándose el volumen con agua destilada. Una alícuota de 10 ml. de esta solución fue transferida a un balón volumétrico de 50 ml. y en secuencia fueron adicionados 5ml. de HCL 0.1N, 20 ml. de solución de tartrato de sodio y potasio a 0.4%, 0.5ml. de solución de  $I_2/KI$  (0.2 g/2.0 g en 100 ml) y agua destilada hasta completar el volumen. El balón fue agitado y después de 30 minutos de descanso fue puesto a lectura de absorvancia a 625 nm. Como blanco fue usada una solución de 50 ml. (balón volumétrico) conteniendo 0.5 ml. solución de  $I_2/KI$  (0.2 g/2.0 g en 100 ml) y 20 ml. de solución de tartrato de sodio y potasio a 0.4%. Con el valor de absorvancia que se obtiene de la lectura, intersectamos en la curva patrón (Ver Anexo 1) y encontramos la concentración (mg) de amilosa, para luego calcular el % de la misma en la muestra.

### 3.4.2 Proceso de elaboración del pan

Para la elaboración de pan de maíz amiláceo, se ensayaron los niveles de sustitución 0, 10, 20 y 30 % de harina de maíz amiláceo. Luego se procedió a elaborar los panes siguiendo la formulación presentada en el cuadro 10.

Para la elaboración del pan se empleó el método directo, es decir, algunos de los ingredientes fueron mezclados en seco al inicio del proceso. El esquema experimental se presenta en la Figura 7, el cual incluye las siguientes operaciones:

- **Formulación**: Consiste en el pesado de los ingredientes del pan a preparar, considerando los niveles de sustitución. Luego se procedió a elaborar un nuevo lote para las pruebas de calidad proteica.
- **Mezclado y amasado**: Se mezcla los ingredientes tales como la harina de trigo, harina de maíz (dependiendo del nivel de sustitución), además se agregó harina de soya y lactosuero para mejorar la calidad proteica, colocando en una mezcladora (para el caso del pan control (A) no se le adicionó harina de maíz), seguidamente a ello se agregó la levadura, sal, azúcar y poco a poco el agua para facilitar la disolución de los ingredientes y se amasó por espacio de 10 minutos.

Una vez que se obtuvo una masa homogénea se añadió la manteca y se volvió a amasar por aproximadamente 15 minutos

Concluido el amasado, se boleó la masa en la rola hasta que se logre una masa elástica y flexible.

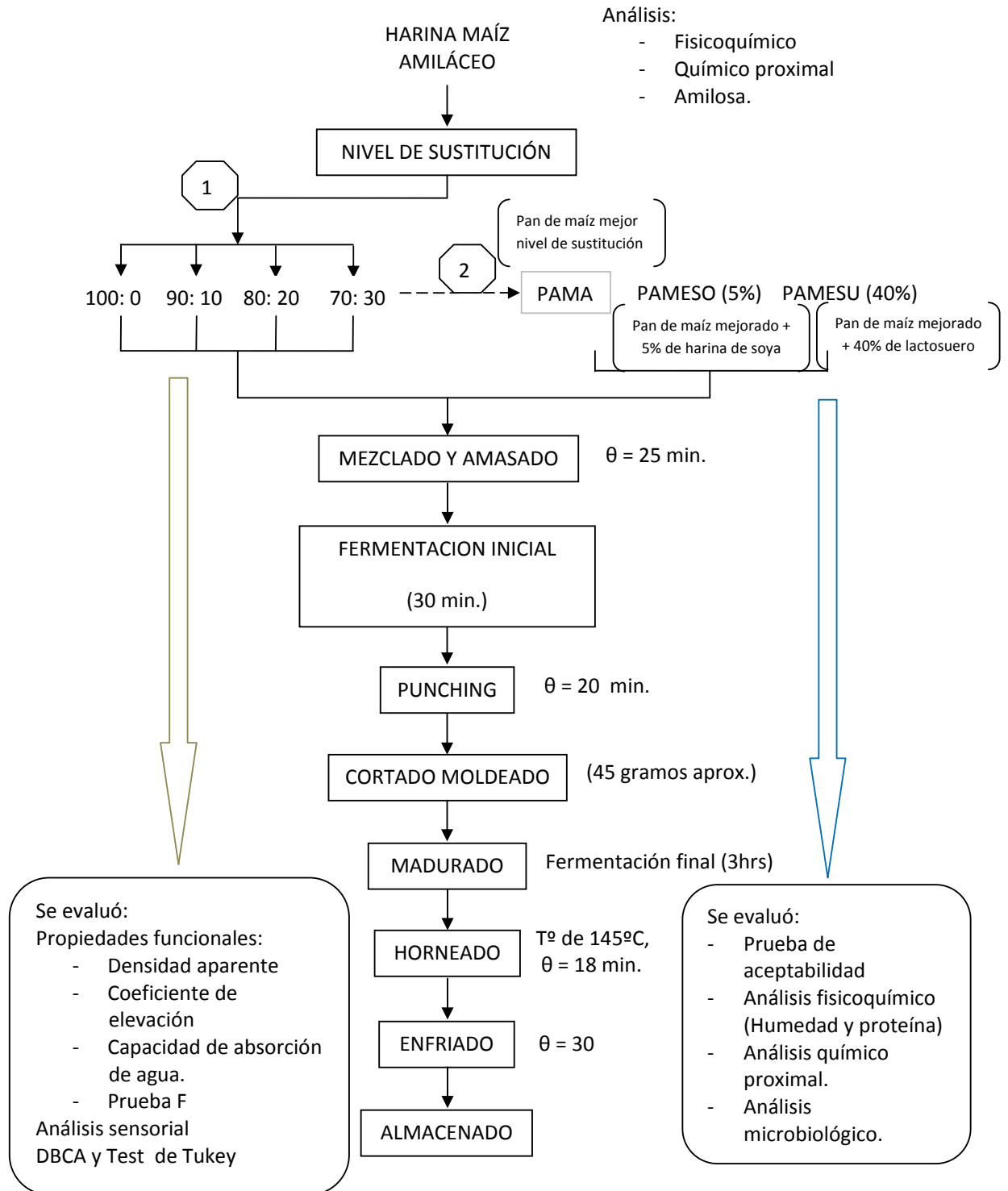
- **Fermentación inicial**: Se dejó fermentar la masa sobre la mesa por espacio de 30 min, cuidándose en todo momento que permaneciera tapado con plástico de color oscuro con la finalidad de evitar la evaporación del agua.
- **Punching o afinado**: En esta operación se prepara la masa, eliminación del gas producido, formado durante el reposo. Por espacio de 20 min.

**Cuadro 10: Cantidad (g) requerida de ingredientes para pan de maíz.**

Ingredientes	Niveles de sustitución de harina de Maíz amiláceo			
	Control (0%)	10 %	20%	30%
Harina trigo	1000	900	800	700
Harina maíz	0	100	200	300
Levadura (1.5%)	15	15	15	15
Mejorador de masa madre (1%)	10	10	10	10
Azúcar (15%)	150	150	150	150
Sal (1%)	10	10	10	10
Manteca vegetal (5%)	50	50	50	50
Huevo (unidad)	1	1	1	1
Agua (50%) (ml)	500	500	475	450

**Fuente: Elaboración propia.**

- **Cortado moldeado**: Concluida la primera fermentación, se procedió a cortar en pequeñas bolitas con un peso aproximadamente 45g utilizando para ello una máquina divisora y se formaron bollos de pan. Luego se moldea, dar forma a la masa según el tipo de pan a obtener. Se dejó fermentar por espacio de 20 minutos.
- **Fermentación final**: Se realizó a temperaturas de 28 – 32°C y por un tiempo aproximado de 3 horas (dependiendo de la actividad de la levadura)
- **Horneado**: Finalmente se hornearon los panes a una temperatura aproximada de 145°C por espacio de 18 minutos.
- **Enfriado y almacenado**: Se dejó enfriar por espacio de 1/2 hora a temperatura ambiente, para posteriormente envasar en papel manteca y bolsas de polietileno, y seguido a ello se procedió a tomar 19 panes de manera aleatoria de cada una de las latas. Esta muestra fue llevada al laboratorio para sus respectivos análisis y el resto de panes se utilizó para realizar la prueba sensorial (20 panelistas)



**Fig. 7: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de pan de maíz amiláceo**



Para ajustar la metodología del proceso tecnológico en la elaboración de pan de maíz amiláceo, se planearon dos etapas en la investigación:

#### **3.4.2.1 Determinación del nivel de sustitución y evaluación del pan**

Se evaluó en los panes elaborados con los niveles de sustitución 0, 10, 20 y 30%, las siguientes características funcionales: Densidad aparente, coeficiente de elevación, capacidad de absorción de agua, descritos por **NAVARRO (2004)**. Los datos tabulados fueron analizados estadísticamente al 95% de confianza, mediante un ANOVA y la prueba F, para establecer el mejor tratamiento.

Una prueba sensorial de ordenación para establecer diferencias entre las muestras (niveles de sustitución 10, 20 y 30%), usando un panel semientrenado de 20 jueces, evaluaron los atributos de color, olor, sabor y apariencia general (brillo, volumen y firmeza). Cada panelista recibió muestras de 45gr. aprox. y un vaso con agua para el enjuague correspondiente. Los datos tabulados se ajustaron a un Diseño de Bloques Completamente al Azar y estadísticamente mediante un ANOVA y las **diferencias** mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### **3.4.2.2 Calidad y afectividad del Pan**

##### **a. Calidad proteica**

Se procedió a elaborar un nuevo lote de muestras, con la finalidad de mejorar la calidad proteica del pan de maíz, con el mejor nivel de sustitución = PAMA, usando lactosuero y harina de soya como mejoradores naturales para obtener un pan mejorado = PAME. Para este propósito se adiciona 40% de lactosuero que sustituye al agua en la formulación según **GÜEMES et al (2009)** y 5% de harina de soya según **YAÑEZ et al. (1982)**, como se muestra en el Cuadro 11.

**Cuadro 11: Formulación base para panes mejorados de maíz amiláceo**

<b>Ingredientes</b>	<b>Adición de lactosuero (80/20)</b>	<b>Adición harina de soya (80/20)</b>
Harina trigo (80/75%)	800 g	750 g
Harina maíz (20%)	200 g	200 g
Lactosuero (40%)	400 ml	0
Harina de soya (5%)	0	50 g
Agua (10/50%)	100 ml	500 ml

**Fuente: Elaboración propia.**

**b. Evaluación de afectividad.**

Para determinar el nivel de agrado en cuanto al sabor de los panes se sometió a la prueba de afectividad en las muestras de pan de maíz (PAMA, PAMESO Y PAMESU), determinando el nivel de aceptación a nivel de consumidores, 20 panelistas semientrenados recibieron muestras de pan y de acuerdo al Formato, evaluaron el agrado de reacción de aceptación en cuanto al sabor, de acuerdo a la escala hedónica establecida (escala de 7 puntos):

- Me gusta mucho = 7
- Me gusta moderadamente = 6
- Me gusta poco = 5
- No me gusta ni me disgusta = 4
- Me disgusta un poco = 3
- Me disgusta moderadamente = 2
- Me disgusta mucho = 1

- Se presentan a cada panelista 3 muestras codificadas:

- PAMA (pan de maíz mejor nivel de sustitución) = 203
- PAMESO (pan de maíz mejorado + harina soya 5%) = 302
- PAMESU (pan de maíz mejorado + lactosuero 40%) = 405

- En cada mesa se sirve un vaso con agua.
- Los degustadores deben tomar agua entre una muestra y otra.
- Deben anotar cuidadosamente en el formato de evaluación el agrado de reacción con un aspa en la muestra correspondiente, y los resultados se tabulan y analizan por promedios.

### **3.4.3 Métodos de control**

#### **3.4.3.1 Masa panaria**

Para el análisis de la masa se siguió la metodología propuesta por **HERNÁNDEZ (1999)**:

- **Expansión o hinchamiento de la masa (cm)**

Este método describe el volumen de aire necesario para provocar la ruptura del globo de masa, se midió la altura en cm.

- **Separación de agua (cm)**

Se utilizó una metodología basada en el esponjamiento de la masa panaria, para lo cual se mezcló 25 ml. de agua destilada, 50 g. de harina, 0,5 g. de levadura, para obtener una masa panaria homogénea. Esta masa fue colocada en una probeta a una temperatura de 30°C por 60 min. Luego se calculó la diferencia de altura (cm.), que constituye la separación de agua de la masa panaria esponjada.

- **Adhesividad (gr)**

Se mezclan una parte de harina y 15 partes de agua muy caliente, luego se extraen y se pesa la masa (g)

### 3.4.3.2 Del Proceso tecnológico (elaboración de pan de maíz)

Se realizaron los siguientes análisis:

#### 1. Análisis físico – químico

Se determinó propiedades funcionales: Determinación de la densidad Aparente, coeficiente de elevación, capacidad de absorción de agua, según **NAVARRO (2004)** para niveles de sustitución de harina de maíz.

También, se determinaron el contenido de **humedad y proteína** (AOAC, 1990) en los panes elaborados pan de Maíz mejor nivel de sustitución (PAMA), pan de soya (PAMESO) y pan de suero (PAMESU).

#### 2. Análisis Químico Proximal

Se realizó un análisis químico proximal de las muestras de PAMA y PAME (mejor elección), determinando la Humedad, Proteína total, Grasa total, Ceniza total, Fibra total y Carbohidratos totales, utilizando los métodos oficiales recomendados por la **(A.O.A.C, 1990)**.

#### 3. Análisis Sensorial

##### Prueba de diferencia

Se realizó la prueba sensorial de ordenación en los niveles de sustitución 10, 20 y 30%, usando un panel semientrenado de 20 jueces, evaluaron los atributos de color, olor, sabor y apariencia general (brillo, volumen y firmeza). Los datos tabulados se ajustaron a un Diseño de Bloques Completamente al Azar y estadísticamente mediante un ANOVA y las **diferencias** mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia.

### **Prueba de afectividad**

Se determinó la prueba de afectividad en las muestras de pan de maíz mejor nivel de sustitución (PAMA) y pan mejorado de soya y suero (PAMESO, PAMESU), 20 panelistas semientrenados recibieron muestras de pan de maíz y de acuerdo al Formato, evaluaron el agrado de reacción de aceptación en cuanto al sabor, de acuerdo a la escala hedónica establecida (escala de 7 puntos)

### **4. Análisis microbiológico**

Se evaluó en las muestras de PAMA y PAME (mejor elección), en el Laboratorio de Referencia Regional, método ISO 7954; 1987.

- Numeración de hongos y levaduras según las recomendaciones de RM N° 591 – 2008/ MINSA.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización de la harina de maíz amiláceo.

#### 4.1.1. Análisis físico – químico

La harina de maíz amiláceo de color amarillo, tal como se visualiza en la Figura 8, se caracterizaron por medición de densidad aparente, pH, acidez total, tal como se presenta en el Cuadro 12.



Fig. 8: Color de la harina de maíz amiláceo

Cuadro 12: Caracterización físico químico de la harina de maíz amiláceo.

Análisis Físico químico	VALORES
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,60
pH	6,53
Acidez total (% de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0,14

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la densidad aparente, la harina de maíz criollo son consideradas más ligeras y menos compactas que los híbridos, por consiguiente se encuentra por debajo del rango establecido por **HAYES (1992)**, donde menciona una densidad de  $0,66 \text{ g/cm}^3$  para la harina de maíz. El valor de pH de la harina de maíz amiláceo, se encuentra en rango de 6,0 a 6.8 recomendado por **Egan et al. (1981)**. En cambio la acidez expresado como ácido sulfúrico indica buen estado de conservación, pues la **Norma Técnica Peruana (1985) 204.045** recomienda que las harinas no deben exceder el 0,2 % de acidez.

#### 4.1.2 Granulometría de la harina de maíz amiláceo

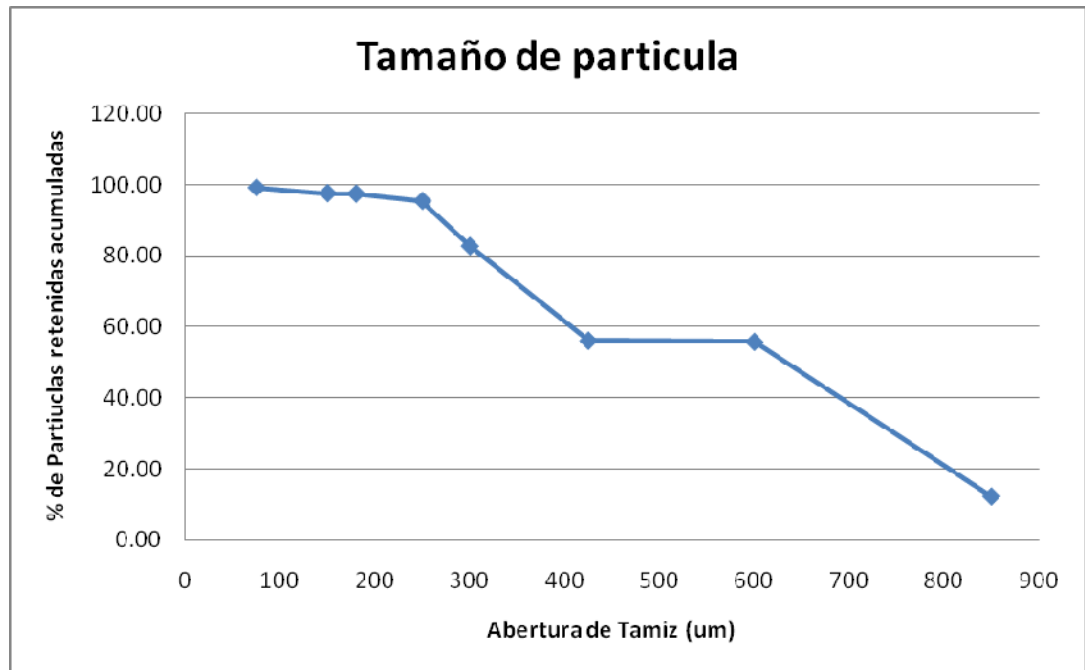
El análisis granulométrico de la harina de maíz amiláceo, se muestra en el Cuadro 13 y Figura 9, donde la finura de la harina de maíz pasan en un 4,52 - 2,34% por tamices comprendida entre 250 – 150 micrones, harina mediana pasan en un 44,25 – 17,27% por tamices comprendida entre 600 – 300 micrones, harina gruesa pasa en un 87,81% por un tamiz de 850 micrones. Sin embargo **TEJERO (2010)** menciona que las harinas finas deben pasar por un tamiz de 420 micrones, harinas medianas por un tamiz de 840 micrones, para harinas gruesas por un tamiz de 2000 micrones. El mismo autor añade que una harina panificable normal tiene entre 110 y 180 micras de granulometría.

**Cuadro 13: Resultados obtenidos del análisis granulométrico por tamizado ASTM D - 422 de la Harina de maíz amiláceo.**

Numero de tamices	Abertura de tamiz (um)	Peso retenido (g)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
20	850	12.19	12.19	12.19	87.81
30	600	43.56	43.56	55.75	44.25
40	425	0.31	0.31	56.06	43.94
50	300	26.67	26.67	82.73	17.27
60	250	12.75	12.75	95.48	4.52
80	180	2.02	2.02	97.50	2.50
100	150	0.16	0.16	97.66	2.34
200	75	1.56	1.56	99.22	0.78
Fondo		0.78	0.78	100.00	0.00
<b>Total</b>		100			

**Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos-FIC-UNSM, 2009**

## ANALISIS DEL TAMAÑO DE PARTICULAS



**Fig. 9:** Porcentaje de partículas retenidas acumuladas de la harina de maíz amiláceo en función de la abertura de tamiz

### 4.1.3 Análisis químico proximal

En el Cuadro 14, se muestra la composición química proximal de la harina de maíz amiláceo, donde el contenido de humedad es igual a 11.31% indica que pueden almacenarse adecuadamente ya que las **Normas Técnicas Peruanas (1985)** para harinas sucedáneas reporta valores menores al 15%; también concuerda con Cortez Wild-Altamirano (1972) mencionado en **FAO (1993)**, los tipos de maíz varían su humedad entre 9,5 y 12,3%. El mismo autor, corrobora que los valores de grasa, ceniza, proteína y carbohidratos encontrados se encuentran en rango establecido para tipos de maíz, solo respecto al contenido de fibra (0.36%) se encuentra por debajo del rango establecido indicando poca fibra en este cereal, muy pobre para una alimentación dietética.



**Cuadro 14: Análisis químico proximal de la harina de maíz amiláceo % (g/100g b.s.)**

<b>Componente</b>	<b>Harina de maíz amiláceo (%)</b>	<b>Rango de valores % (FAO,1993)</b>
Humedad	11.31	9.5-12.5
Fibra	0.36	0.8-2.9
Grasa	5.07	2.2-5.7
Ceniza	1.25	1.2-2.9
Proteína	10.00	5.2-13-7
Carbohidratos	72.01	66-75.9

**Fuente: Laboratorio de Anacompa-FIAI-UNSM, 2009.**

#### **4.1.4 Análisis de amilosa**

En el cuadro 15 se reporta el porcentaje de amilosa y amilopectina presente en el almidón de maíz amiláceo (*Zea mays amylacea*), siendo el contenido de amilosa del 13.7% es considerablemente inferior en comparación con los almidones de otras variedades de maíz que contienen de 20 – 25% de amilosa (CHEFTEL, 1980), tampoco coincide con lo reportado por BARRERA (2003) para maíces criollos un valor del 25.5 % de amilosa. Esta variación se debe posiblemente a una baja capacidad retrogradativa, es decir se recristaliza lentamente cuando se enfrían después de la gelatinización, por su alto contenido en amilopectina. Almidón ligeramente exento de amilosa, considerando que en la actualidad se conocen variedades con almidones de tipo ceroso, exento de amilosa (maíz, trigo, sorgo, cebada, arroz, papa y camote).

Durante el horneado los gránulos de almidón se hinchan y las cadenas lineales se difunden fuera del gránulo, luego cuando el pan se enfría las cadenas lineales se juntan para proveer fuerza y darle la forma al pan. Las cadenas ramificadas del almidón permanecen dentro del gránulo durante el horneado y se van juntando lentamente durante el almacenamiento y hacen que la miga se vaya haciendo más firme con el tiempo.

**Cuadro 15: Análisis de amilosa en el almidón de maíz amiláceo (*Zea mays amyloacea*)**

MUESTRA	ABS.	CONC. (mg)	% AMILOSA	% AMILOPECTINA
1	0.096	2.70	13.50	86.50
2	0.098	2.77	13.85	86.15
3	0.097	2.73	13.65	86.35
Promedio			13.67	86.33

**Fuente: Elaboración propia.**

El bajo porcentaje de amilosa en el almidón de maíz amiláceo implica una baja capacidad retrogradativa, fácilmente se gelatinizan, el hinchamiento de los gránulos de este almidón es por la propiedad de la amilopectina y la amilosa solo actúa como diluyente. Durante la cocción la amilopectina absorbe mucha agua y es, en gran parte responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. Así los gránulos ricos en amilopectina son más fáciles de disolver en el agua a 95°C, que los que contienen mucha amilosa. (CHEFTEL, 1980).

## **4.2. Proceso Tecnológico**

### **4.2.1. Evaluación de la masa panaria**

En el Cuadro 16 se muestran los valores de expansión (cm), separación de agua (cm) y adhesividad (g) de la masa panaria de acuerdo a los diferentes niveles de sustitución, donde se observa a medida que aumenta los niveles de sustitución, aumenta la expansión de la masa, lo mismo se puede inferir para la adhesividad, mientras que la separación de agua permanece más o menos constante en un rango de 0,40 a 0,60 cm.

El mayor valor de expansión se obtuvo al 30% (5.45cm) y el menor valor al 10% (4.85cm), solo las sustituciones de 10 y 20% están dentro del rango establecido por **HERNÁNDEZ et al, (1999)**, donde menciona que la harina precocida es de (3 – 5 cm). Esto indica que los niveles de 10 y 20%, conserva las propiedades de amasado.

Por otro lado, a pesar de que la adhesividad presentó un valor mayor al nivel de 30% (25.40 g) en comparación al valor para las harinas al 10 y 20% de sustitución (5,35g y 11,60g), estos resultados se encuentran dentro del rango permitido para la harina precocida que es de 0 - 50g (**HERNÁNDEZ et al, 1999**).

Esto podría ser explicado por la mayor capacidad de absorción de agua que tendría la fibra y la proteína de la harina de maíz, lo que permite formar una masa más adherente, tal como ocurre con 30% de sustitución que alcanza el valor máximo (25.40g); sin embargo afecta la suavidad de la miga (se hace compacta) y el volumen del pan (disminuye) durante el proceso de horneado, como consecuencia de una menor retención de agua.

**Cuadro 16: Expansión, separación de agua y adhesividad de la masa según nivel de sustitución de las harinas.**

<b>Nivel de sustitución (%).</b>	<b>Expansión (cm)</b>	<b>Separación de agua (cm)</b>	<b>Adhesividad (g)</b>
10	4.85	0.40	5.35
20	4.98	0.50	11.60
30	5.45	0.60	25.40

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.2.2. Evaluación del nivel de sustitución para la elaboración de pan

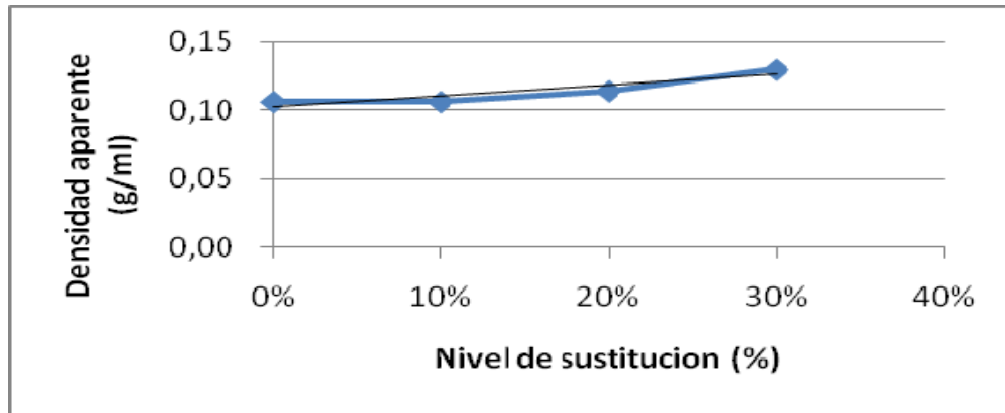
En el cuadro 17 se muestra las características funcionales de los panes con niveles de sustitución 0, 10, 20, y 30%. Donde, se observa que la curva de variación de la densidad aparente (Figura 10) entre los panes de control, 10 y 20% permanece constante y un ligero incremento en pan con 30% de sustitución, ocasionando disminución en el volumen. **NAVARRO (2004)** explica que la densidad aparente indica la frescura y calidad del pan, por ejemplo cuando aplastas el pan su densidad aumenta, ya que la separación entre sus moléculas es menor es obvio ya que un pan siempre tiene como aire entremedio y es esponjoso, pero cuando lo aplastas expulsa el aire y queda más compacto.

Respecto a la curva de coeficiente de elevación (Figura 11) entre el pan control y los panes con los niveles de 10, 20 y 30% de sustitución hay una variación con un valor promedio de 2, que indicaría que los panes elaborados están en el rango recomendado de buena calidad, pues **NAVARRO (2004)** menciona para panes elaborados con harinas débiles o mal fermentadas presentan un índice de elevación de 3.

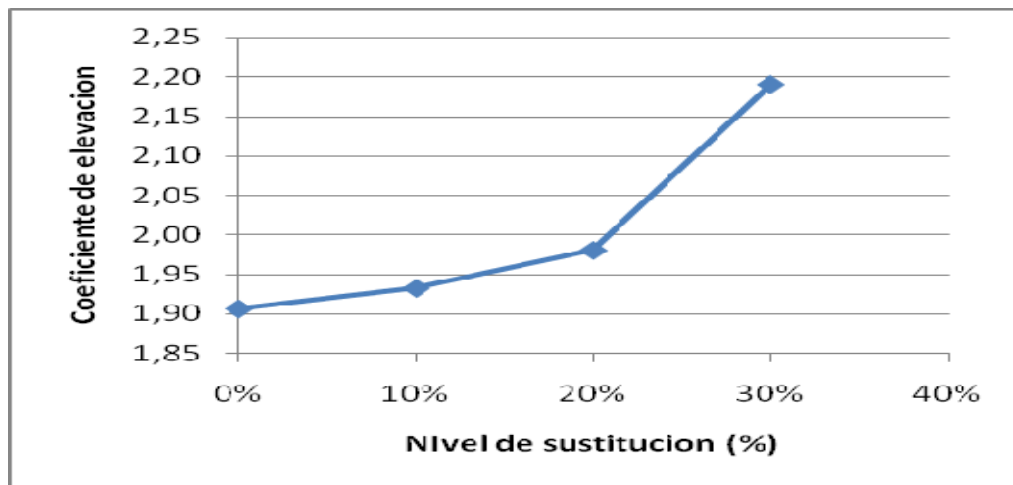
**Cuadro 17: Características funcionales de niveles de sustitución de la harina de maíz en la elaboración de pan.**

Características Funcionales	Nivel de sustitución de harina de maíz (%)				
	0	10	20	30	Prom.
Peso (g)	44.10	44.30	44.70	44.00	44.30
Densidad aparente (g/ml)	0.11	0.11	0.11	0.13	0.11
Coefficiente de elevación	1.91	1.93	1.98	2.19	2.00
Absorción del agua	386.00	383.00	378.00	361.00	377.00

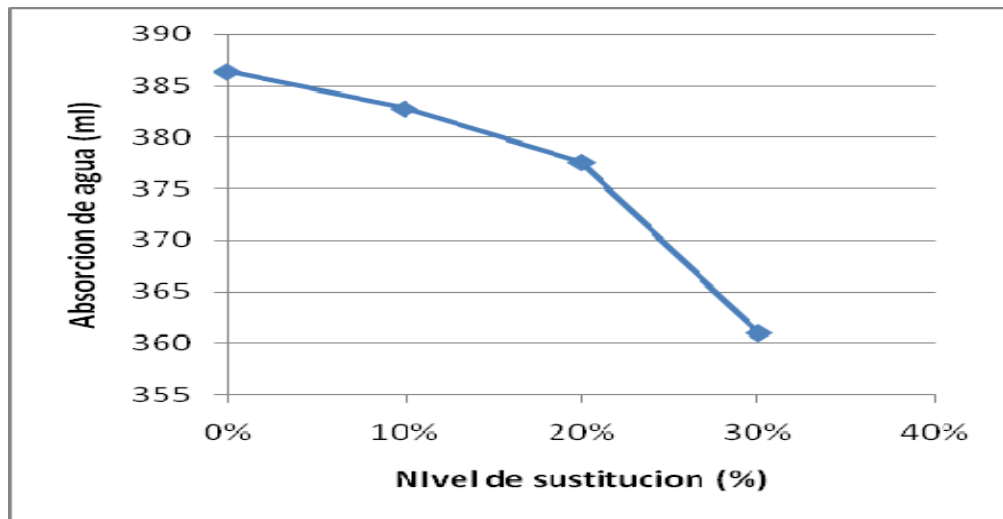
Fuente: Elaboración propia.



**Fig. 10:** Variación de densidad aparente (g/ml) según nivel de sustitución de harina de maíz en la elaboración de pan.



**Fig. 11:** Variación de coeficiente de elevación según nivel de sustitución de harina de maíz en la elaboración de pan.



**Fig. 12: Variación de absorción de agua según nivel de Sustitución de harina de maíz en la elaboración de pan.**

En la Figura 12, se observa la curva de absorción de agua entre el pan control y los panes con los niveles de 10, 20 y 30%, disminuye la absorción de agua a medida que el nivel de sustitución se incrementa. Según **NAVARRO (2004)**, en panes de buena calidad el grado de absorción fluctúa entre 380 a 400 por 100 gr. de muestra y en panes mediocres, este valor fluctúa entre 300 a 350 y tipos de panes pobres, esta cantidad está por debajo de 200.

El Cuadro 18, presenta el análisis estadístico al 95% de confianza (ANVA), para las características funcionales del pan, donde se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos para todas las características funcionales. Para la comprobación de las diferencias entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro 19), donde estadísticamente el pan con 30% de sustitución es diferente y entre el pan control, 10 y 20% de sustitución estadísticamente son iguales en cuanto a densidad aparente, coeficiente de elevación y absorción de agua. De la evaluación sensorial se concluye que el mejor tratamiento corresponde al pan de 20% de nivel de sustitución.

**Cuadro 18: ANVA de las características funcionales en cinco repeticiones en la evaluación de pan de maíz amiláceo.**

Características funcionales	F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
Densidad aparente	Tratamiento	3	0.0024	0.000795	28.89	3.26*
	Error	16	0.0004	0.000027		
Coeficiente de elevación	Tratamiento	3	0.249	0.0832	22.88	3.26*
	Error	16	0.058	0.0036		
Absorción del agua	Tratamiento	3	1891.75	630.58	24.18	3.26*
	Error	16	417.20	26.08		

(\*) Existe diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 19: Prueba de Tukey (5%) de las características funcionales en cinco repeticiones en la evaluación de pan de maíz amiláceo.**

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES	NIVEL DE SUSTITUCION (%)	PROMEDIO ORDENADO	SIGNIFICANCIA
Densidad aparente	0	0.11	a
	10	0.11	a
	20	0.11	a
	30	0.13	b
Coeficiente de elevación	0	1.91	a
	10	1.93	a
	20	1.98	a
	30	2.19	b
Absorción del agua	0	386	a
	10	383	a
	20	378	a
	30	361	b

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente, el Cuadro 20, presenta el promedio de los atributos de sabor, color, olor y apariencia general para los panes con niveles de sustitución de 10, 20 y 30% y los datos de la evaluación sensorial en el anexo 9. Los resultados del ANVA al 95 % de confianza se encuentran en el cuadro 21, donde se aprecia que no existe diferencia significativa entre los tratamientos para los atributos de sabor, color y olor al nivel de 5% de significancia. En lo que se refiere al atributo de apariencia general, sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. La comprobación con la prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro 22), confirma que entre los atributos de sabor, color y olor todos los tratamientos son iguales estadísticamente, y en el atributo apariencia general, el tratamiento que corresponde al pan de maíz al 30% de sustitución es la muestra diferente, siendo indiferente entre los niveles de sustitución de 10 y 20%; por consiguiente se puede sustituir la harina de trigo por harina de maíz hasta un máximo de 20% en la elaboración de pan.

**Cuadro 20: Resumen de los promedios del análisis sensorial por atributo**

ATRIBUTOS	NIVEL DE SUSTITUCION (%)		
	10	20	30
<b>Sabor</b>	2.15	2.40	2.75
<b>Color</b>	2.05	2.40	2.70
<b>Olor</b>	2.05	2.30	2.65
<b>Apariencia general</b>	2.00	2.25	3.25
<b>Promedio</b>	<b>2.06</b>	<b>2.34</b>	<b>2.84</b>

**Fuente: Elaboración propia.**



**Cuadro 21: ANVA de la evaluación sensorial por atributo en la elaboración de pan de maíz amiláceo.**

<b>ATRIBUTOS</b>	<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F<sub>c</sub></b>	<b>F<sub>t</sub></b>
<b>Sabor</b>	Tratamiento	2	3.63	1.82	1.25	3.25 NS
	Panelista	19	10.07	0.53		
	Error	38	55.03	1.45		
<b>Color</b>	Tratamiento	2	4.23	2.12	1.84	3.25 NS
	Panelista	19	12.18	0.64		
	Error	38	43.77	1.15		
<b>Olor</b>	Tratamiento	2	3.63	1.82	1.97	3.25 NS
	Panelista	19	18.67	0.98		
	Error	38	35.03	0.92		
<b>Apariencia general</b>	Tratamiento	2	17.50	8.75	10.67	3.25 *
	Panelista	19	12.33	0.65		
	Error	38	31.17	0.82		

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 22: Prueba de Tukey (5%) de la evaluación sensorial por atributos en la elaboración de pan de maíz amiláceo.**

<b>ATRIBUTOS</b>	<b>NIVEL DE SUSTITUCION (%)</b>	<b>PROMEDIO ORDENADO</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
<b>Sabor</b>	10	2.15	a
	20	2.40	a
	30	2.75	a
<b>Color</b>	10	2.05	a
	20	2.40	a
	30	2.70	a
<b>Olor</b>	10	2.05	a
	20	2.30	a
	30	2.65	a
<b>Apariencia general</b>	10	2.00	a
	20	2.25	a
	30	3.25	b

Fuente: Elaboración propia.

El análisis químico proximal del pan de maíz amiláceo al 20% de sustitución se muestra en el Cuadro 23, donde el valor de 10,1% de la proteína del pan, es superior a la proteína (8.7 %) del pan tradicional (pan blanco) reportado por **CHAPELLE (2007)** y ligeramente inferior al pan de labranza de maíz (13.4%) reportado por **REYNOSO (1994)**, al pan francés (10,7%) reportado por **PISCOYA (2002)**. Esto se debe al contenido de humedad de los panes, donde el valor (37,10%) del pan integral reportado por **CHAPELLE (2007)** es superior al pan blanco (33%); pan de maíz (24,34%) y pan francés (23,2%) son ligeramente iguales, con una mínima diferencia (1,14), cabe indicar otra razón es el contenido de fibra (6,20%) pan integral reportado por **CHAPELLE (2007)** es superior a los demás panes, el pan francés (0,20%) y el pan de maíz (0,40%) son pobres en la dieta alimentaria en cuanto a fibra.

**Cuadro 23: Análisis químico proximal del pan de maíz al 20% de sustitución (g/100g b.s.)**

<b>COMPONENTE</b>	<b>PAN DE MAÍZ AL 20%</b>
HUMEDAD	24.34
PROTEINA	10.10
FIBRA	0.40
GRASA	5.89
CENIZA	1.67
CARBOHIDRATOS	57.60

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.2.3 Evaluación de la Calidad y afectividad del Pan.

Los resultados de enriquecimiento del pan de maíz al 20% de sustitución usando lactosuero al 40% y harina de soya al 5% como mejoradores naturales para elevar la calidad proteica, se observa en el Cuadro 24, donde hay un incremento de 1.31% y 0.66% de proteína en panes mejorados con lactosuero y harina de soya respectivamente. Al respecto, **GÜEMES et al, (2009)**, menciona que las proteínas del suero lácteo mejoran las propiedades de textura y valor proteico de la misma. La incorporación de harina de soya al pan mejora su valor nutricional, además absorbe más agua y la retiene luego del horneado, manteniendo al pan fresco por más tiempo (**YAÑEZ et al., 1982**). Sin embargo ninguna de ellas son formadoras de gluten.

El contenido de proteína 11.41% del pan de maíz con adición de lactosuero, lo sitúa entre la denominación de pan semintegral citado por **CHAPELLE (2007)**

**Cuadro 24: Contenido de proteína de pan de maíz amiláceo usando mejoradores naturales.**

TIPOS DE PANES	COMPONENTE (%)	
	HUMEDAD	PROTEINA
Pan maíz amiláceo al 20%	24.34	10.10
Pan maíz al 20 % + harina soya	26.51	10.76
Pan maíz al 20 % + lactosuero	24.05	11.41

**Fuente: Elaboración propia.**

Respecto al contenido de humedad, se observa en el pan de maíz con adición de harina de soya una mayor retención de humedad (26.51%) comparada al lactosuero (24.05 %), lo cual de acuerdo con **YAÑEZ et al. (1982)**, concentraciones de 4 – 8% de harina de soya incrementan la absorción de agua, disminuyen el tiempo de amasado, y a niveles superiores aumentan la pegajosidad y más oscuro el pan, que desmerecen su presentación.

**BARBIERI (1983)** informa que la lisina es el aminoácido limitante en la proteína de maíz y recomienda su enriquecimiento con harinas ricas en lisina, como la soya. Mientras el lactosuero posee un buen perfil de aminoácidos y algunos otros nutrientes como por ejemplo el calcio (**SINDAYIKENGER, 2006**).

De acuerdo con **VISENTIN et al. (2009)**, el puntaje químico (chemical score), es una medida de eficacia biológica de una proteína, se obtuvo por cálculo usando Excel 97, teniendo en cuenta los (mg de aminoácidos/g proteína)/(mg aminoácidos/g proteína FAO para niños de 2-5 años de edad), tal como se muestra en el Cuadro 25, donde el aminograma teórico indica que la adición de harina de soya al 5% en el pan de maíz amiláceo el puntaje químico (score proteico) tiene un valor de 63.28%, lo que es corroborado por **VISENTIN et al. (2009)**, quien reporta un 52.2% de puntaje químico en pan de trigo con adición de 6% de harina de soya (ver Anexo15), y probablemente una complementación con suero de leche tiene la misma o mejor indisponibilidad y balance de aminoácidos (no se hizo los cálculos por no tener información de aminograma del lactosuero).



**Prueba de afectividad.**

Los panes mejorados que fueron sometidos a la prueba de afectividad obtienen puntajes de afectividad por encima de los 6 puntos (Cuadro 26) lo que nos indica que se encuentran dentro del rango “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”

Finalmente, se aprecia que el 50% de los panelistas califican al pan mejorado con suero dentro de la escala “me gusta mucho”.

Cabe destacar que los panes presentaron una corteza agradable, subjetivamente de color tostado intenso, como consecuencia de una mayor eficacia de la reacción de Maillard, debido a la importante cantidad de lactosa presente en el suero. En cambio con el agregado de 5% de Harina de Soya hay una coloración menos intensa y con algunos puntos oscuros debido a la presencia de partículas de harina de soja.

**Cuadro 26: Grado de afectividad de los panes mejorados**

Grado de afectividad	PAN AL 20%		PAN M. SOYA		PAN M. SUERO	
	n	%	n	%	n	%
Me gusta mucho	9	45.0	9	45.0	10	50.0
Me gusta moderadamente	6	30.0	5	25.0	6	30.0
Me gusta poco	4	20.0	4	20.0	4	20.0
No me gusta ni me disgusta	1	5.0	2	10.0	0	0.0
Me disgusta poco	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Me disgusta moderadamente	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Me disgusta mucho	0	0.0	0	0.0	0	0.0
TOTAL	20	100.0	20	100.0	20	100.0
Promedios	6.15		6.05		<b>6.30</b>	

**Fuente: Elaboración propia.**

### **Análisis químico proximal**

El análisis químico proximal del producto final pan de maíz amiláceo al 20% de sustitución y pan mejorado con suero (pan de maíz al 20% + lactosuero), se presenta en el Cuadro 27, lo que evidencia una mejora de calidad de proteína, presentación y color.

**Cuadro 27: Análisis químico proximal del pan de maíz amiláceo nivel sustitución al 20% y mejorado con suero % (g/100g b.s.)**

<b>COMPONENTE</b>	<b>PAN MAÍZ AL 20%</b>	<b>PAN MAÍZ AL 20 % MEJORADO CON SUERO DE LECHE</b>
HUMEDAD	24.34	24.05
PROTEÍNA	10.10	11.41
FIBRA	0.40	0.39
GRASA	5.89	5.92
CENIZA	1.67	1.43
CARBOHIDRATOS	57.60	56.80

**Fuente: Elaboración propia.**

### **Análisis microbiológico**

Los resultados del análisis microbiológico efectuado al pan de maíz amiláceo al 20% de sustitución y al pan de maíz mejorado con suero, se muestra en el Cuadro 28, donde, la numeración de Mohos y Levaduras se encuentran por debajo de los límites bacteriológicos permisibles dadas por la Resolución Ministerial N° 591 – 2008/ MINSa (Ver anexo 2), estos resultados demuestran las adecuadas condiciones higiénicas empleadas durante el proceso

**Cuadro 28: Análisis microbiológico del pan de maíz amiláceo al 20% de sustitución y pan de maíz mejorado con suero.**

<b>MUESTRA (g)</b>	<b>ANALISIS MICROBIOLÓGICO</b>	
	Numeración de Mohos (UFC g)	Numeración de Levaduras (UFC g)
Pan de maíz al 20% de sustitución	10	<10
Pan de maíz al 20 % mejorado con lactosuero	10	<10

**Fuente: Laboratorio referencial MINSA**



## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, se puede concluir lo siguiente:

1. La harina de maíz amiláceo presenta las siguientes características:  
Físico químico: densidad aparente 0,60 g/cm<sup>3</sup>; pH 6,53; acidez titulable total 0,14%; granulometría 97.50% pasa por un tamiz de 180 um.  
Químico proximal: Humedad 11,31%; Fibra 0,36%; Grasa 5,07%; Ceniza 1,25%; Proteína 10%; Carbohidratos 72.01%. Determinación de almidón: amilosa 13,67%; amilopectina 86,33.
2. Es factible incorporar harina de maíz amiláceo al 20% para la elaboración del pan, de acuerdo a la evaluación de la masa panaria, características funcionales y sensoriales.
3. El análisis químico proximal del pan de maíz son los siguientes:  
Humedad: 24,34%; Proteína: 10,10%; Fibra: 0,40%; Grasa: 5,89%; Ceniza: 1,67%; Carbohidratos: 57,60. Análisis sensorial: Los atributos de sabor, color y olor estadísticamente no existe diferencia significativa al 5% de probabilidad entre los niveles de sustitución; solo en el atributo apariencia general existe diferencia significativa al 30% de nivel de sustitución, logrando sustituir la harina de trigo por harina de maíz hasta el 20% de nivel de sustitución en la elaboración de pan.
4. Es posible enriquecer el pan de maíz amiláceo con harina de soya y lactosuero (5% y 40%) sin alterar sus características organolépticas.
5. Los panes de maíz enriquecidos con lactosuero tuvieron mayor afectividad en los panelistas, calificando en la escala “me gusta mucho”
6. De acuerdo a los análisis microbiológicos el pan de maíz presentó valores por debajo de los límites bacteriológicos permisibles dadas por la Resolución Ministerial N° 591 – 2008/ MINSA, lo que demuestra adecuadas condiciones higiénicas empleadas en el proceso.

## VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda lo siguiente:

1. El pan de maíz enriquecido con lactosuero podría ser una de las alternativas para ayudar a resolver en parte la problemática de la desnutrición infantil en la región San Martín, incorporándose en los programas de asistencia alimentaria.
2. Incentivar la siembra de maíz amiláceo (*Zea mays amyloacea*), debido a sus propiedades y proceso de extinción, para así asegurar la materia prima principal esencial en la industria.
3. Realizar trabajos de investigación sobre la fortificación del pan en la incorporación de proteínas de dos diferentes concentrados de lactosuero, uno comercial y otro obtenido por precipitación por calor, sobre las características químicas y de textura de las masas en pan de maíz amiláceo al 20% de nivel de sustitución.
4. Concientizar a la población la gran importancia del consumo industrial de este cereal como sucedáneo en la elaboración de pan

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A.O.A.C; 1990. Oficial Metodos of Analisis. Asociación of oficial Agricultur Chemists 11av Edition USA.
2. BARBIERI R, CASIRAGHI EM. 1983. Production of a food grade flour from defatted corn germ meal. Journal of Food Technology, 18:33-38.
3. BARRERA A. B.; HERRERA P. R. 2003. Caracterización de maíces Criollos para determinar su aplicación industrial. Tesis Licenciatura, FQ – UNAM.
4. BARRERA M.E. 1985. Obtención de dos tipos de harina de pijuayo y su posible utilización como sucedánea en panificación. Trabajo de Fin de Carrera, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Iquitos, Perú.
5. BAUTISTA G.M.A. 2000. “Comparativo de rendimiento de 10 híbridos simples de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) bajo riego en el distrito de Juan Guerra – San Martín”. Tesis UNSM – F.C.A. Tarapoto – Perú.
6. BENÍTEZ G. J. 2004 “Defectos en el pan y sus posibles soluciones”. Revista Panadería. México.
7. CALLEJO GONZÁLEZ M. J. 2002. Tecnología de alimentos. “Industrias de cereales y derivados”. 1º edición. Ediciones MUNDI – PRENSA. Madrid – España.
8. CHAPELLE M C. 2007. Servicio de información agropecuaria del ministerio de agricultura y ganadería del Ecuador. Guayaquil – Ecuador.

9. CHARLEY H. 1987. Tecnología de alimentos: Proceso químico y físico en la preparación de alimentos. Editorial LIMUSA S.A. México 1era y 2da edición.
10. CHEFTEL J.C. 1980. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. Vol. I. Edit. Acribia. Zaragoza - España.
11. CHIRINOS Z. et al. 2001. Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP. Iquitos – Perú.
12. CIMMYT. 1975 “Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo”. Págs. 13 – 19. México.
13. CONCYTEC. 2008. Biblioteca Virtual en Ciencia, Tecnología e Innovación, Búsqueda Bibliográfica (CONCYTEC) Tesis Lima – Perú.
14. CORTEZ, A. Y WILD-ALTAMIRANO, C.1972. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. En R. Bressani, J.E. Braham y M. Béhar, eds. Mejoramiento nutricional del maíz: Pub. INCAP L-3, p. 90-106. Guatemala, INCAP.
15. ECHEVERIA T. R. 1998. Tecnología para la producción de maíz amarillo duro y transferencia de tecnología. Ministerio de agricultura. Tarapoto – Perú.
16. EGAN H., R. KIRK Y R. SAWYER. 1981. “Análisis Químico de Alimentos”. Editorial C.E.C.S.A. México.
17. FAO 1993. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1993. El maíz en la nutrición humana. Código FAO: 86 AGRIS S01
18. FENNEMA O. 1982. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Vol. I. Edit. Reverte S.A. Barcelona – España.

19. FONCODES 2006. "Censo de Población y Vivienda 2005" – INEI, Censo de Talla Escolar 1999 – MINEDU.
20. GÜEMES V. N. et al. 2009. Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo "concha" fortificados con proteínas de suero de leche. Ciencia y tecnología de alimentos. Vol. 29 n° 1. Campinas - Brasil Jan/Mar (en línea) Dirección URL: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n1/v29n1a11.pdf> (consulta: 20/05/2009)
21. HAYES G. 1992. Manual de datos para la ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.
22. HERNÁNDEZ B. D. et al. 1999. Obtención y caracterización de harinas compuestas de endospermo — germen de maíz y su uso en la preparación de arepas. Ciencia y tecnología de alimentos. Vol. 19. N° 02. Campinas - Brasil May/Aug. (en línea) Dirección URL: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611999000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611999000200007&script=sci_arttext) (consulta: 11/09/2009)
23. INIEA, 2007, Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. "Diagnóstico de los sistemas de producción y recolección de ecotipos de maíz criollo (*Zea mays amyloperla*) en las provincias de San Martín, Lamas, Picota y el Dorado. Área de Proyecto Nacional de Investigación en Maíz, Tarapoto – San Martín.
24. ITINTEC.1985. 204.045. Norma Técnica Peruana (NTP) "Harinas sucedáneas".
25. MACHAGUAY C. S. 2009. Elaboración de galletas con sustitución de harinas sucedáneas de raíces y cereales andinos. Informe de Práctica. UNCP. Junín – Perú.
26. MARTÍNEZ BOU D. 2009. El maíz. Botanical – online. Texas (en línea) Dirección URL: <http://www.botanical-online.com/maiz.htm> (consulta: 25/02/2009)

27. MESAS J. M., ALEGRE M.T. 2002. El pan y su proceso de elaboración. Mexico 2002 Ciencia y Tecnología Alimentaria. Vol 3, numero 005 Sociedad Mexicana de Nutricion y Tecnologia de Alimentos Reynosa, pp 307 – 313. (en línea) Direccion URL: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/724/72430508.pdf> (consulta: 24/03/2009)
28. NAVARRO P. E. 2004 “Elaboración de pan”. Informe de practicas de laboratorio – UNSM – T. Tarapoto – Perú.
29. PISCOYA M. C. R. 2007. Formulación, elaboración y prueba de aceptabilidad de pan francés fortificado con Calcio en 2 concentraciones diferentes. UNMSM Lima – Perú.
30. PRIMO Y. E. 1998. Química de los alimentos. Editorial Síntesis. Madrid – España.
31. REYNOSO ZELMIRA, LASTARRIA, SILVA (1994). “Panificación Básica”. Publicación N°01/94. Programación de investigación en alimento – UNA La Molina. Lima – Perú.
32. REYNOSO ZELMIRA, LASTARRIA, SILVA (1994). Uso de sucedáneos del trigo en la panificación – UNALM. Tabla de Composición de Alimentos Industrializaos (2002). Lima – Perú.
33. RM N° 591 – 2008/ MINSA. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima – Perú.
34. RUIZ P. S. L. 2007. “Diagnóstico de los sistemas de producción y recolección de ecotipos de maíz criollo (zea mays amylacea) en las provincias de San Martin, Lamas, Picota y el Dorado”. Informe de prácticas pre profesionales en el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria del área Proyecto Nacional de Investigación en Maíz de la estación Experimental Agraria “El Provenir” – Tarapoto – Perú.

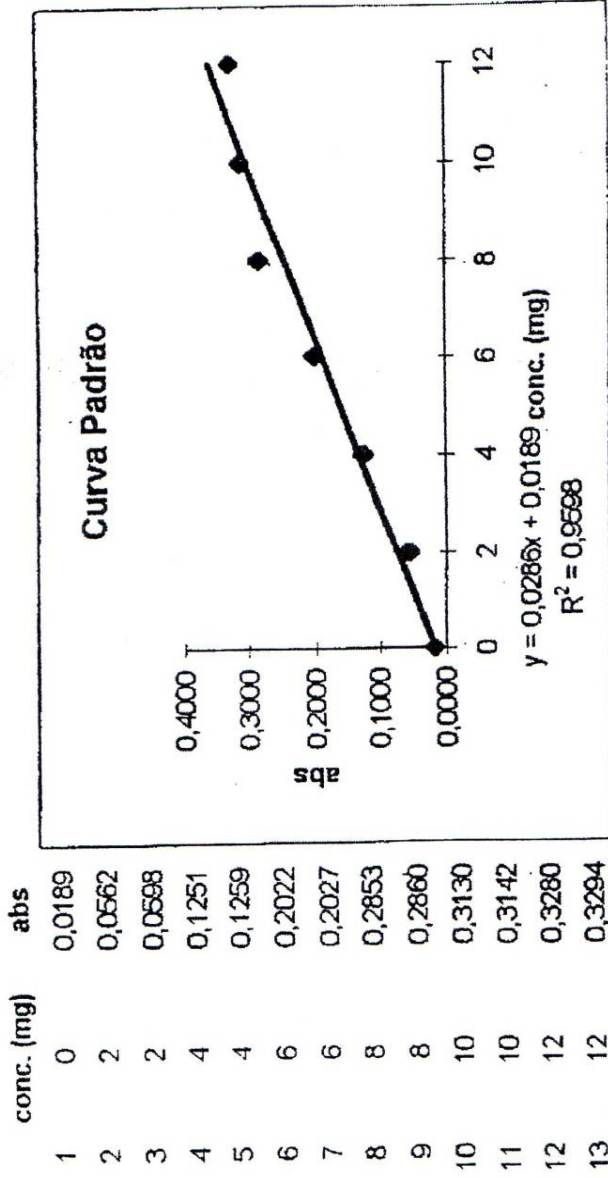
35. SAAVEDRA G. 2000. Obtención y Caracterización del almidón de la almendra del mango (*Mangifera indica* L.) Variedad Criollo. Tesis UNSM – FIAI. Tarapoto – Perú.
36. SINDAYIKENGERA S, XIA W. 2006. Nutrition evaluation of caseins and whey protein and their hydrolysates from Protamex. *J Zhejiang Univ Sci.* 2006; 7(2): 90-98.
37. SLUYTER A, DOMINGUEZ G. 2006. Early maize (*Zea mays* L.) cultivation in Mexico: Dating sedimentary pollen records and its implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103:1147-1151.
38. UREÑA M. et al. 1999. “Evaluación sensorial de los alimentos” “Aplicación didáctica” 1era Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
39. VISENTIN, *et al.* 2009. Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales. *ALAN*. [online]. sep. 2009, vol.59, no.3, p.325-331. (en Línea). Dirección URL: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222009000300014&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000300014&lng=es&nrm=iso) [consulta 06 Agosto 2010]
40. YAÑEZ E. et al. 1982. Enriquecimiento de pan con harina de soya. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.*, v. 32, n. 2, p. 417-428.
41. ZUDAIRE M., PIÑEIRO E. 2009 “Harina de maíz” Revista CONSUMER EROSKI Editado por Fundación EROSKI Viscaya – España.

## **VIII. ANEXOS**



# ANEXO 1

Determinação do teor de amilose por curva padrão



# ANEXO 2

NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01  
 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD  
 PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO

VII.4 Turrón blando o duro de confitería, barras de cereales.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	3 x 10 <sup>3</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i> (*)	8	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
<i>Bacillus cereus</i> (**)	8	3	5	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>4</sup>
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
(*) Sólo para productos que contienen leche.						
(**) Sólo para productos que contienen cereales.						
VII.5 Cacao en pasta (Licor de cacao/Chocolate) y torta de cacao.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g ó mL	
					m	M
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
VIII. PRODUCTOS DE PANADERÍA, PASTELERÍA y GALLETERÍA.						
VIII.1 Productos de panadería y pastelería con o sin relleno y/o cobertura que no requieren refrigeración (pan, galletas y panes enriquecidos o fortificados, tostadas, bizcochos, panetón, queques, galletas, obleas, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Escherichia coli</i> (*)	6	3	5	1	3	20
<i>Staphylococcus aureus</i> (*)	8	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
<i>Clostridium perfringens</i> (**)	8	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i> sp. (*)	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
(*) Para productos con relleno.						
(**) Adicionalmente para productos con rellenos de carne y/o vegetales.						
VIII.2 Productos de pastelería dulce y salado que requieren refrigeración (pasteles, tortas, empanadas, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Escherichia coli</i>	6	3	5	1	10	20
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
<i>Clostridium perfringens</i> (*)	8	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
(*) Para aquellos productos con rellenos de carne y/o vegetales.						
IX. ALIMENTOS PARA REGÍMENES ESPECIALES.						
IX.1 Preparaciones en polvo para lactantes (fórmulas infantiles y sucedáneos de la leche materna).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	2	3	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
<i>Enterobacteriaceas</i>	8	3	5	1	<10	10 <sup>2</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	< 3	10
<i>Bacillus cereus</i>	8	3	5	1	< 10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Salmonella</i> sp.	12	2	60 (*)	0	Ausencia /25 g	---
(*) Hacer composito para analizar n = 5.						



HERNANDEZ C



C. Reyes J.

# ANEXO 3



PERÚ

Ministerio de Salud

DIRECCION REGIONAL DE SALUD-SAN MARTIN  
LABORATORIO DE REFERENCIA REGIONAL  
Jr. Túpac Amaru 5ta Cdra. s/n – Morales  
Telefax: 042-526589 / Telf. 042-526451

*"Año de la Unión Nacional Frente a la Crisis Externa"*

## INFORME DE ENSAYO Nº 480 - C/2009

<b>SOLICITANTE : JAVIER PINO GUTIERREZ</b>			
Dirección: Tarapoto			
DATOS DE LA MUESTRA ( proporcionados por el solicitante)			<b>CONTROL LABORATORIO ANALITICO</b>
Grupo alimenticio	Panificación		Cantidad recepcionada: Lote : T 158, 06 Unidades Lote : T 159, 06 Unidades
Procedencia de la muestra	Tarapoto	Lugar de muestreo: Laboratorio experimental	Fecha recepción 16.09.2009
Fecha de muestreo	15.09.2009		Fecha inicio del Ensayo 16.09.2009
<b>R E S U L T A D O</b>			
COD. LAB	MUESTRA/g	ENSAYO MICROBIOLÓGICO	
		Numeración de Mohos ( UFC g)	Numeración de Levaduras ( UFC g)
963	Pan de maíz amiláceo al 20 % de sustitución / Lote T 158	10	<10
964	Pan de maíz amiláceo al 20 %, fortificado con lactosuero / Lote T 159	10	<10
<b>METODO</b>		ISO 7954:1987.	ISO 7954:1987.
Nota, < 10, significa no cuantificable inferior al valor indicado, A= Ausencia			

**OBSERVACION:** Las muestras se encuentran dentro de los límites bacteriológicos permisibles. Referencia: RM Nº 591-2008 / MINSA.

Morales, 23 de Septiembre del 2009

Javier Pino Gutierrez  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD - SAN MARTIN  
LABORATORIO DE REFERENCIA REGIONAL



Mbcgo Msc Humberto Arevalo Ramirez  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
LAB. REF. REG.  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD - SAN MARTIN  
LABORATORIO DE REFERENCIA REGIONAL



# ANEXO 4



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9827162  
 MORALES - PERU

Proyecto: CARACTERIZACION FISICO QUIMICO DE LA HARINA DE MAIZ AMILACIO  
 Localización del Proyecto: DISTRITO MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN, DEPARTAMENTO Y REGION SAN MARTIN Muestra: \_\_\_\_\_  
 Descripción del Suelo: MAIZ SECO Profundidad de la Muestra: \_\_\_\_\_  
 Hecho Por: BACHILLER JAVIER PINO GUTIERREZ Fecha: MUESTRA UNICA 22/10/2009

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

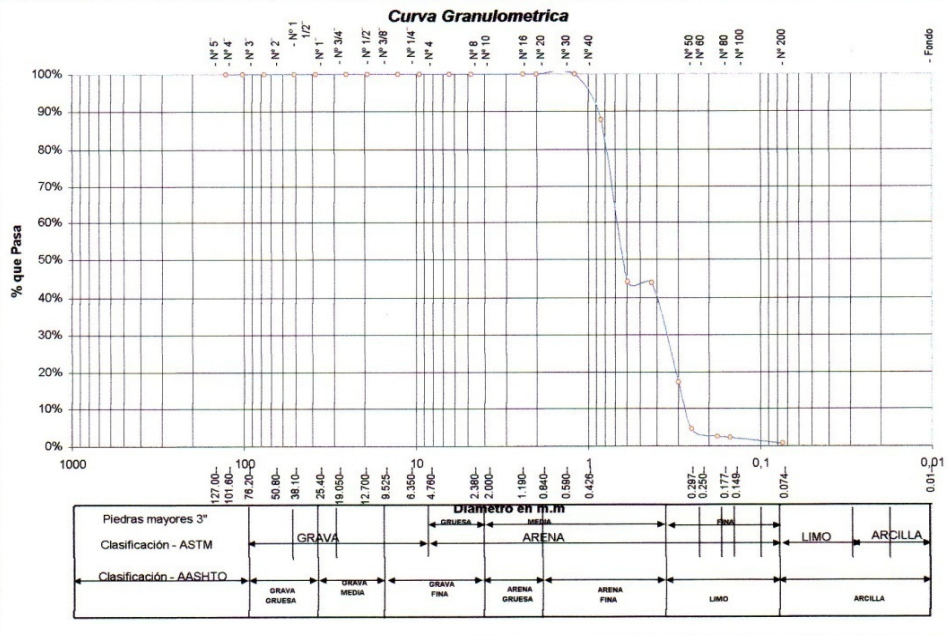
Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo	Modulo de Fineza AF:	Modulo de Fineza AG:	Equivalente de Arena:
5"	127,00								
4"	101,80								
3"	76,20								
2"	50,80								
1 1/2"	38,10								
1"	25,40								
3/4"	19,050								
1/2"	12,700								
3/8"	9,525								
1/4"	6,350								
N° 4	4,780								
N° 8	2,380								
N° 10	2,000								
N° 16	1,190			100,00%					
N° 20	0,840	12,19	12,19%	12,19%					
N° 30	0,590	43,56	43,56%	55,75%					
N° 40	0,426	0,31	0,31%	56,06%					
N° 50	0,287	26,67	26,67%	82,73%					
N° 60	0,250	12,75	12,75%	95,48%					
N° 80	0,177	2,02	2,02%	97,50%					
N° 100	0,149	0,16	0,16%	97,66%					
N° 200	0,074	1,56	1,56%	99,22%					
Fondo	0,01	0,78	0,78%	100,00%					
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>				A B				

LL	=	WT	=	54,85
LD	=	WT+SAL	=	154,85
IP	=	WSAL	=	100,00
IG	=	WT+SDL	=	154,07
		WSDL	=	99,22
D 90=		%PERD	=	0,78
D 60=		%ERR	=	0,00
D 30=		Cc	=	
D 10=		Cu	=	

**Observaciones:**  
 Maiz amarillo molido color amarillo claro

% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	145	Peso del agua =	12,2
Peso del tarro =	54,85	Peso maíz húmedo =	112,2
Peso del tarro + Mh =	167,05	Peso Maíz seco =	100
Peso del tarro + Ms =	154,85	% Humedad Maíz =	12,20



## ANEXO 5

### MUESTRAS OBTENIDAS PARA SUS RESPECTIVOS ANALISIS

#### HARINA DE MAIZ AMILACEO



#### MUESTRAS DE PANES SEGÚN NIVEL DE SUSTITUCION (%)

PAN CONTROL



PAN AL 10%



PAN AL 20%



PAN AL 30%



## **ANEXO 6**

### **PROCESOS DE ELABORACION**

#### **FERMENTACION FINAL DE LOS PANES PARA SER HORNEADO**



**PANES DESPUES DEL PROCESO DE HORNEADO,  
ENFRIAMIENTO DURANTE SU REPOSO.**



**Cuadro 1: Defectos que pueden aparecer en el pan y las posibles soluciones**

<b>DEFECTO</b>	<b>POSIBLES SOLUCIONES</b>
<b>Mal aspecto general</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizando un buen moldeado</li> <li>- Colocando bien el pan en el horno</li> <li>- Controlando que no falte vapor en el horno</li> <li>- Evitando que se formen costras en la fermentación por falta de humedad</li> <li>- Manejando cuidadosamente las piezas una vez cocidas</li> </ul>
<b>Falta de color</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando harina de buena calidad, sin excesiva cantidad de oxidantes, rica en azúcares naturales, maltosa y alfa amilasas</li> <li>- Procurando una buena maduración de la masa que evita la producción de panes de corteza tosca y muy floja, miga áspera de color verdoso desviado y muy poco volumen</li> <li>- Colocando los panes en el horno a una distancia considerable, unos de otros para evitar que estén muy juntos.</li> <li>- Evitando maduraciones excesivas que dan migas grisácea, corteza tosca y poco color</li> <li>- Controlar que el horno no esté frío o que la masa tenga una temperatura superior a 28°C</li> </ul>
<b>Falta de volumen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando harina con elevado porcentaje de gluten</li> <li>- Evitando someter masas frías o muy duras a trabajo excesivo</li> <li>- Controlando el agregado de sal</li> <li>- Verificando que se produzca un buen desarrollo durante la fermentación</li> <li>- Utilizando cantidades justas de masas madre en buen estado y no viejas</li> <li>- Evitando la manipulación excesiva de la masa</li> <li>- Controlando la cantidad de vapor del horno y la temperatura que no debe ser excesivamente elevada</li> </ul>
<b>Exceso de volumen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlando el desarrollo de la masa que no debe ser excesivo</li> <li>- Controlando la temperatura del horno, la cual no debe ser demasiado baja</li> <li>- Utilizando masas con la justa cantidad de levaduras, para que no resulten blandas</li> <li>- Realizando un formado que produzca una estructura firme y quede flojo</li> <li>- Controlando el agregado de sal</li> </ul>
<b>Defectos en la miga</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando harina de buena calidad</li> <li>- Trabajando la masa de manera tal de conseguir alvéolos uniformes y pequeños</li> <li>- Evitando tiempos de fermentación largos</li> <li>- Teniendo en cuenta que una masa poco madura produce un pan muy abierto y si se ha pasado de fermentación, la miga es granulada y falta de cohesión</li> </ul>

<p><b>Corteza del pan muy Oscura</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando harinas que no provengan de trigos germinados</li> <li>- Dándole a la masa el tiempo de fermentación requerido</li> <li>- Utilizando las cantidades de azúcar que indican las recetas</li> <li>- El agregado de azúcar en exceso provoca este defecto.</li> </ul>
<p><b>Envejecimiento del pan</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando harinas con la cantidad necesaria de gluten</li> <li>- El uso de harinas con poco gluten provoca ese defecto</li> <li>- Controlando los tiempos y temperatura de cocción</li> <li>- Cocción prolongada a baja temperatura puede llevar a envejecimiento prematuro</li> <li>- Controlando que la masa no tenga un volumen excesivo</li> <li>- Utilizando masas madre que no sean viejas</li> </ul>
<p><b>Grietas en la corteza</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando los recortes o agregar solo aquellas masas que no sean viejas o hayan sido mal conservadas</li> <li>- Propiciando un ambiente adecuado para el almacenamiento del pan</li> <li>- Evitando fermentaciones excesivas</li> <li>- Controlando que la temperatura del horno no sea muy elevada</li> <li>- Controlando las cantidades de aditivos agregados</li> <li>- Un exceso de aditivos puede provocar ese defecto</li> <li>- Ese defecto se puede presentar en el caso de almacenarse en ambientes fríos</li> <li>- Utilizando harinas con la cantidad de gluten adecuada</li> <li>- Controlando las temperaturas de fermentación que no es bueno que superen los 35°C</li> <li>- Controlando que en el horno no exista un exceso de vapor</li> </ul>
<p><b>Ampollas en la corteza</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando masas que no estén muy frías</li> <li>- Realizando un moldeado regular de las piezas y no muy apretado</li> <li>- Controlando las dosis de aditivos. Un exceso de estos productos puede provocar ese defecto</li> <li>- Controlando la fermentación para evitar que le falte tiempo a la masa</li> <li>- Evitando excesivo trabajo mecánico en la amasadora y también en la refinadora</li> <li>- Colocando con cuidado los panes en el horno</li> <li>- Evitar la excesiva humedad en la cámara de fermentación controlando las corrientes fuertes de vapor en el horno</li> </ul>
<p><b>Corteza descascarillada</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando masas que no estén muy frías ni muy duras</li> <li>- Utilizando masas madre que no sean muy jóvenes</li> <li>- Controlando las dosis de productos mejoradores</li> <li>- Un exceso de aditivos puede provocar ese defecto</li> <li>- Controlando la fermentación que no debe ser excesiva</li> <li>- El horno no tiene que estar muy fuerte en el momento de la cocción</li> <li>- Si la harina tiene bajo índice de maltosa, hay que añadir harina de malta.</li> </ul>

**Fuente: BENÍTEZ, 2004**



## ANEXO 7

### MUESTRAS DE PANES MEJORADOS

#### ENVASADOS Y ETIQUETADOS PARA SUS ANALISIS MICROBIOLÓGICO



#### PAN MEJORADO CON SOYA



#### PAN MEJORADO CON SUERO



# ANEXO 8

## FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL

PANELISTA:.....FECHA: / /

### INDICACIONES:

Ante usted se le está presentando 03 muestras de pan de maíz amiláceo debidamente codificados, por favor pruebe y ordénalas de acuerdo a su agrado en cuanto a Sabor, Color, Olor y Apariencia general. Siendo el de mejor agrado en primer lugar y el que le sigue el segundo lugar y así sucesivamente, finalmente el de peor agrado el ultimo lugar.

ATRIBUTO	MUESTRAS ordenadas de Mejor = 1; Peor = 3		
	050	870	530
SABOR			
COLOR			
OLOR			
APARIENCIA GENERAL			

### OBSERVACIONES:

.....  
.....  
.....

Muchas gracias.

## ANEXO 9

**CUADRO 2: Resultados de la evaluación sensorial de los panes elaborados según nivel de sustitución.**

PANELISTAS	ATRIBUTOS/TRATAMIENTO											
	SABOR			COLOR			OLOR			APARIENCIA GENERAL		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%
1	1	2	3	1	2	3	2	3	3	1	2	3
2	3	2	2	3	2	3	3	2	2	3	2	3
3	2	3	3	3	2	3	2	1	3	2	3	3
4	3	1	2	1	2	2	3	2	1	2	1	3
5	3	1	2	3	2	1	3	1	2	2	1	3
6	3	3	1	1	3	3	3	3	2	2	1	3
7	3	1	3	1	3	3	2	3	3	3	1	3
8	1	2	2	1	2	3	1	2	2	2	3	3
9	1	2	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3
10	3	3	2	3	1	3	1	3	3	3	3	2
11	3	3	1	2	3	1	2	1	3	3	3	1
12	1	3	3	2	3	3	1	3	3	2	3	3
13	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
14	1	1	3	2	2	1	1	2	2	1	1	3
15	1	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3
16	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2
17	1	3	2	1	2	2	1	2	3	1	2	3
18	1	3	3	3	1	2	1	2	3	1	3	3
19	3	1	3	3	2	1	3	3	2	3	2	3
20	1	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	3
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>49</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>49</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>56</b>
<b>NºOBSERVA</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>PROMEDIO TRATAMI</b>	<b>2.05</b>	<b>2.20</b>	<b>2.45</b>	<b>2.00</b>	<b>2.20</b>	<b>2.35</b>	<b>2.00</b>	<b>2.15</b>	<b>2.45</b>	<b>2.00</b>	<b>2.15</b>	<b>2.80</b>

## ANEXO 10

CALCULOS PARA EL ANALISIS DE VARIANZA (ANVA) DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL PAN DE MAIZ AMILACEO SEGÚN NIVEL DE SUSTITUCION.

### A. SABOR

Calculo de suma de cuadrados

#### 1. De tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{41^2 + 44^2 + 49^2}{20} - \frac{134^2}{60} = 1.63$$

#### 2. De panelistas (SCp)

$$SCp = \frac{6^2 + 7^2 + \dots + 7^2}{3} - \frac{134^2}{60} = 4.73$$

#### 3. Del total (SCT)

$$SCT = 1^2 + 2^2 + \dots + 3^2 - \frac{134^2}{60} = 42.73$$

#### 4. Del error experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCt - SCp$$

$$SCE = 42.73 - 1.63 - 4.73 = 36.37$$

### ANVA

F, V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Panelistas	19	4.73	0.25	0.85	3.25 NS
Tratamiento	2	1.63	0.82		
Error.	38	36.37	0.96		
Total	59	42.73			

## B. COLOR

Calculo de suma de cuadrados

### 5. De tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{40^2 + 44^2 + 47^2}{20} - \frac{131^2}{60} = 1.23$$

### 6. De panelistas (SCp)

$$SCp = \frac{6^2 + 8^2 + \dots + 6^2}{3} - \frac{131^2}{60} = 6.98$$

### 7. Del total (SCT)

$$SCT = 1^2 + 2^2 + \dots + 2^2 - \frac{131^2}{60} = 36.98$$

### 8. Del error experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCt - SCp$$

$$SCE = 36.98 - 1.23 - 6.98 = 28.77$$

## ANVA

F, V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Panelistas	19	6.98	0.37	0.81	3.25 NS
Tratamiento	2	1.23	0.62		
Error.	38	28.77	0.76		
Total	59	36.98			

## C. OLOR

Calculo de suma de cuadrados

### 9. De tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{40^2 + 43^2 + 49^2}{20} - \frac{132^2}{60} = 2.10$$

**10. De panelistas (SCp)**

$$SCp = \frac{8^2 + 7^2 + \dots + 3^2}{3} - \frac{132^2}{60} = 12.27$$

**11. Del total (SCT)**

$$SCT = 2^2 + 3^2 + \dots + 1^2 - \frac{132^2}{60} = 37.60$$

**12. Del error experimental (SCE)**

$$SCE = SCT - SCt - SCp$$

$$SCE = 37.60 - 2.10 - 12.27 = 23.23$$

**ANVA**

F, V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Panelistas	19	12.27	0.65	1.72	3.25 NS
Tratamiento	2	2.10	1.05		
Error.	38	23.23	0.61		
Total	59	37.60			

**D. APARIENCIA GENERAL**

**Calculo de suma de cuadrados**

**13. De tratamientos (SCt)**

$$SCt = \frac{40^2 + 48^2 + 56^2}{20} - \frac{139^2}{60} = 7.23$$

**14. De panelistas (SCp)**

$$SCp = \frac{6^2 + 8^2 + \dots + 6^2}{3} - \frac{139^2}{60} = 7.65$$

**15. Del total (SCT)**

$$SCT = 1^2 + 2^2 + \dots + 3^2 - \frac{139^2}{60} = 36.98$$

**16. Del error experimental (SCE)**

$$SCE = SCT - SCt - SCp$$

$$SCE = 36.98 - 7.23 - 7.65 = 22.10$$

**ANVA**

F, V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Panelistas	19	7.65	0.40	6.22	3.25*
Tratamiento	2	7.23	3.62		
Error.	38	22.10	0.58		
Total	59	36.98			

**EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LOS TRATAMIENTOS POR TAL RAZÓN SE PROCEDIÓ A LA PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% EN LOS PANES SEGÚN NIVEL DE SUSTITUCIÓN.**

Promedios de mayor a menor

$$2.80 = 30\%$$

$$2.15 = 20\%$$

$$2.00 = 10\%$$

Calculamos el error estándar de la media:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{CMerror}{r}}$$

$$Sx = 0.17$$

$$Pt = 3 \text{ (numero de tratamiento)}$$

$$GL = 38 \text{ (grados de libertad)}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$ALS = AES (Sx) = q (\alpha) (Pt, GL)$$

donde:

ALS: amplitud limite de significación

AES: amplitud especifica significativa

q: valor de rango estudentizado significativo para un nivel del 5%

$$q (0.05) (3, 38) = 3.45$$

$$ALS = 3.45 (0.17)$$

$$ALS = 0.59$$

Comparación	Diferencia Absoluta	ALS	Significancia
30% vs 20%	0.65	0.59	x
30% vs 10%	0.80	0.59	x
20% vs 10%	0.15	0.59	NS

se rechaza  
se rechaza

# ANEXO 11

## FORMATO DE LA PRUEBA DE AFECTIVIDAD

**MUESTRA: PAN**

**FECHA:**.....

**PANELISTA:**.....

Pruebe por favor las muestras que se le presenta e identifique marcando con una X su nivel de agrado en cuanto al sabor, según la escala que mejor describe su reacción.

### ESCALA

	MUESTRAS		
	302	203	405
Me gusta mucho	----	----	----
Me gusta moderadamente	----	----	----
Me gusta poco	----	----	----
No me gusta ni me disgusta	----	----	----
Me disgusta poco	----	----	----
Me disgusta moderadamente	----	----	----
Me disgusta mucho	----	----	----

### OBSERVACIONES:

.....  
.....  
.....

Muchas gracias.



## ANEXO 12

Grado de afectividad	PAN AL 20%			PAN M. SOYA			PAN M. SUERO		
	n	%	TOTAL	n	%	TOTAL	n	%	TOTAL
	Me gusta mucho	9	45.0	63	9	45.0	63	10	50.0
Me gusta moderadamente	6	30.0	36	5	25.0	30	6	30.0	36
Me gusta poco	4	20.0	20	4	20.0	20	4	20.0	20
No me gusta ni me disgusta	1	5.0	4	2	10.0	8	0	0.0	0
Me disgusta poco	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0
Me disgusta moderadamente	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0
Me disgusta mucho	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0
<b>TOTAL</b>	20	100.0	123	20	100.0	121	20	100.0	126
<b>PROMEDIO</b>			<b>6.15</b>			<b>6.05</b>			<b>6.3</b>

## ANEXO 13

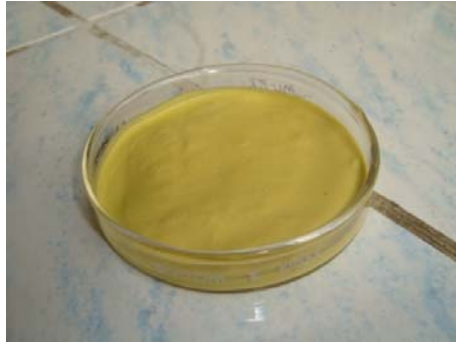
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 DE LA HARINA DE MAÍZ AMILÁCEO.



## ANEXO 14

### ANALISIS DE AMILOSA EN EL ALMIDON DE MAIZ

#### OBTENCION DEL ALMIDON DE MAIZ



#### SECADO DEL ALMIDON



#### DETERMINACION DE AMILOSA DEL ALMIDON DE MAIZ



#### LECTURA EN EL ESPECTOFOTOMETRO



## ANEXO 15

**Contenido de proteínas, puntaje químico y lisina disponible en las mezclas de harinas y en panes**

Tratamiento		Proteínas	Puntaje químico		Lisina disponible	
HT	WPC	% bs	Harinas	Harinas	Harinas	Harinas
		Panes	Panes	Panes	Panes	Panes
			(%)	(g/16 g N)		
100	0	11.6	42.2	40.2	2.45	2.33
94	6	13.6	61.2	41.4	3.54	2.40
94	0	14.6	55.8	52.2	3.22	3.03
88	6	15.0	71.2	60.0	4.14	3.48