



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS.**

**TEMA:**

**“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR LA  
HARINA DE BANANO (*Musa Cavendish*), Y SU INFLUENCIA EN LAS  
CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE LA MASA (ELASTICIDAD Y  
TENACIDAD) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN COMÚN”.**

**AUTOR:**

**JOSÉ GILBERTO LOJA MACAS**

**TUTOR:**

**DR. VÍCTOR HUGO GONZALEZ, Mg. Sc.**

**MACHALA**

**EI ORO**

**ECUADOR**

**2015**

## **CERTIFICACIÓN**

El presente trabajo de Titulación “**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR LA HARINA DE BANANO (*Musa Cavendish*), Y SU INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE LA MASA (ELASTICIDAD Y TENACIDAD) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN COMÚN**”, realizado por el autor Sr. José Gilberto Loja Macas, egresado de la carrera de Ingeniería en Alimentos, ha sido prolijamente dirigido y revisado, por lo tanto autorizo su presentación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos.

Dr. Víctor Hugo Gonzales Carrasco, Mg. Sc.

**TUTOR**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA**

Yo José Gilberto Loja Macas, con cédula de identidad 070532379-8, egresado de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del Presente Trabajo de Titulación titulado **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR LA HARINA DE BANANO (*Musa Cavendish*), Y SU INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE LA MASA (ELASTICIDAD Y TENACIDAD) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN COMÚN”**, Certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría; una vez que ha sido aprobada por mi Tribunal de Sustentación autorizando su presentación. Deslindo a la Universidad Técnica de Machala de cualquier delito de plagio y cedo mis derechos de Autor a la Universidad Técnica de Machala para ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

---

José Gilberto Loja Macas

C.I. 070532379-8

AUTOR

## **RESPONSABILIDAD**

El presente trabajo de Titulación: resultados, conclusiones y recomendaciones son de responsabilidad única y exclusiva del autor.

José Gilberto Loja Macas

C.I. 070532379-8

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido la culminación de mi carrera profesional con éxito.

Con todo cariño por el apoyo incondicional de mis padres, a mis hermanos, hermanas, porque en ellos encontré paciencia apoyo constante, comprensión, para así poder alcanzar una de mis mayores metas trazadas durante mi vida estudiantil.

*José Gilberto Loja Macas*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios, a mis padres y a toda mi querida familia, por haberme permitido y ayudado a desarrollar el presente trabajo de investigación.

Mi sincero agradecimiento a la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud que me ha formado como profesional, a mis compañeros de aula por su apoyo incondicional durante todos los periodos lectivos, a nuestros profesores por entregarnos sus conocimientos, paciencia y comprensión que forjaron un espíritu de esfuerzo motivándome a alcanzar la meta propuesta.

## **EL AUTOR**

# ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA.....	iii
RESPONSABILIDAD .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA. ....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos. ....	4
HIPÓTESIS. ....	4
1. REVISION DE LITERATURA.....	1
1.1 HARINA.....	1
1.1.1. Harina de Banano. ....	2
1.1.1.1. <i>Descripción de Proceso Básico para Elaboración Harina de Banano..</i>	3
1.1.1 Composición y Valor Nutritivo de la Harina de Banano.....	4
1.1.2 Propiedades de la Harina de Banano. ....	6
1.1.3 Usos de la Harina de Banano.....	6
1.1.4 Harina de Trigo.....	6
1.1.5 Composición Nutricional de la Harina de Trigo. ....	7
1.1.6 Propiedades Funcionales de las Proteínas de la Harina de Trigo .....	7
1.1.7 Características de Calidad de la Harina de Trigo .....	8
1.2 MEZCLAS DE HARINAS.....	8
1.2. TEORÍA DE LA PANIFICACIÓN.....	9

1.2.1.	El Pan.....	10
1.2.2.	Componentes del Pan .....	10
1.2.2.1.	<i>Harina.</i> .....	10
1.2.2.2.	<i>Agua.</i> .....	11
1.2.2.3.	<i>Levadura.</i> .....	11
1.2.2.4.	<i>Sal.</i> .....	11
1.2.2.5.	<i>Azúcar.</i> .....	12
1.2.2.6.	<i>Grasa.</i> .....	12
1.2.2.7.	<i>Emulsificantes</i> .....	12
1.2.2.8.	<i>Leche.</i> .....	13
1.2.2.9.	<i>Mejorantes.</i> .....	13
1.2.3.	Proceso de Producción. ....	13
1.2.3.1.	<i>Pesado.</i> .....	13
1.2.3.2.	<i>Mezclado.</i> .....	13
1.2.3.3.	<i>Amasado.</i> .....	14
1.2.3.4.	<i>Boleado.</i> .....	14
1.2.3.5.	<i>Reposo.</i> .....	14
1.2.3.6.	<i>Formado.</i> .....	15
1.2.3.7.	<i>Corte.</i> .....	15
1.2.3.8.	<i>Fermentación.</i> .....	15
1.2.3.9.	<i>Horneado.</i> .....	15
1.2.4.	Características de un Buen Pan. ....	16
1.2.5.	Tipos de Pan. ....	16
1.3	REOLOGÍA. ....	18
1.3.1	Aplicaciones del Estudio de la Reología. ....	18
1.3.2	Importancia de la Reología en Panificación. ....	18
1.3.3	Propiedades Reológicas de la Masa.....	19



1.3.3.1.	<i>Elasticidad.</i>	19
1.3.3.2.	<i>Tenacidad.</i>	19
1.3.4.	Equipos que Miden Propiedades Reologicas de la Masa.	20
1.3.4.1.	<i>Alveógrafo de Chopin.</i>	21
1.3.4.2.	<i>Mixógrafo.</i>	22
1.3.4.3.	<i>Farinógrafo.</i>	23
1.4.	EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL PAN.	23
2.	METODOLOGÍA	24
2.1.	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	24
2.1.1	Universo de Trabajo.	24
2.1.2	Tipo de Muestra.	24
2.2	MÉTODOS.	24
2.2.1	Tipo de Investigación.	24
2.2.2.	Diseño de Experimental de la Investigación	25
2.3.	SELECCIÓN DE LA MUESTRA.	25
2.4.	TOMA DE MUESTRAS.	25
2.5.	ELABORACIÓN DE HARINA DE BANANO	25
2.5.1.1.	<i>Descripción del Proceso</i>	27
2.6.	ANÁLISIS SENSORIAL	28
2.6.1.	Selección del Tipo de Prueba Aplicada.	28
2.6.1.1.	<i>Prueba Binomial (Dicotomía)</i>	28
2.7.	VARIABLES	29
2.7.1.	Variable Independiente	29
2.7.2.	Variable Dependiente	29
2.8.	MATERIALES A UTILIZARSE.	29
2.8.1.	Materiales	29
2.8.2.	Equipos.	29

2.8.3. Reactivos .....	29
3. RESULTADOS.....	30
3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA LA HARINA DE BANANO, ( <i>Musa cavendish</i> ).....	30
3.2. PARÁMETROS DE EXTENSIBILIDAD Y TENACIDAD EN 3 NIVELES (5, 7 y 15 %) DE SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO POR LA HARINA DE BANANO. ....	31
3.3. EVALUACIÓN SENSORIALMENTE DEL PAN OBTENIDO, DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO ( <i>Triticum spp</i> ) POR HARINA DE BANANO ( <i>Musa cavendish</i> ). ....	33
3.3.1. Análisis Estadístico de la Evaluación Sensorial.....	34
3.3.1.1. Prueba de Comparación Múltiple .....	34
3.3.1.2. Contraste de Hipótesis.....	36
3.4. RENDIMIENTO DE LA HARINA COMPUESTA CON MEJORES PROPIEDADES REOLOGICAS Y SENSORIALES PARA LA ELABORACIÓN DE PAN (5%).....	36
4. CONCLUSIONES .....	38
5. RECOMENDACIONES .....	40
6. BIBLIOGRAFÍA.....	41
ANEXOS.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS PÁGS.

Figura 1. Flujograma para la elaboración de harina de banano.....	3
Figura 2. Equipos que miden propiedades reologicas de la masa. ....	20
Figura 3. Alveógrafo de Chopin.....	22
Figura 4. Mixografo.....	22
Figura 5. Farinógrafo.....	23

Figura 6. Flujograma para la elaboración de harina de banano.....	26
Figura 7. Composición fisicoquímica de la harina de banano.....	30
Figura 8. Análisis reológico de la extensibilidad, tenacidad y elasticidad de las 3 % de sustituciones estudiadas.....	31
Figura 9. Características reológicas de las harinas compuestas (5 % de sustitución) ....	32
Figura 10. Características reológicas de las harinas compuestas (7 % de sustitución) ..	32
Figura 11. Características reológicas de las harinas compuestas (7 % de sustitución) ..	33
Figura 12. Evaluación sensorial del pan (trigo-banano).....	34
Figura 13. Prueba de Tukey.....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

## PÁGS.

Tabla 1. Valores nutricionales de la harina de banano por 100 g. de porción comestible. .....	5
Tabla 2. Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo. ....	7
Tabla 3. Diseño del experimento.....	25
Tabla 4. Comparación múltiple de las 3 formulaciones estudiadas .....	35

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum spp*) por la harina de banano (*Musa cavendish*), y su influencia en las características reológicas de la masa (elasticidad y tenacidad) para la elaboración de pan. El banano es considerado como un cultivo promisorio con una amplia variedad de aplicaciones especialmente en el campo alimentario. Al no ser el banano una fuente de gluten, puede ser consumida sin problemas, por personas que padecen de la enfermedad conocida como celiaquía o intolerancia al gluten (Troxler, 2012), la convierte en un alimento muy atractivo para la canasta familiar, el alto contenido de carbohidratos fluctúa entre 25-30 % y hasta un 1 % de proteínas y 1 – 1,5 % de fibras naturales la cual es de suma importancia en la dieta diaria, ya que ayuda a la limpieza del tracto digestivo y lo diferencia de la mayoría de los alimentos de origen vegetal. La metodología empleada para la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de banano se la realizó en porcentaje de 5, 7 y 15%, para lo cual se realizó el análisis reológico de la masa elaborada con lastres formulaciones para determinar cuál reunía las características similares a la de la muestra patrón (harina de trigo 100%). Los resultados del análisis de las características reológicas de las masas dan como resultado que la formulación con 5 % de sustitución presenta una extensibilidad de 2,52 mm frente al de patrón (3,07 mm), mientras que las formulaciones con 7 y 15 % no presentan ningún milímetro de extensibilidad la masa es débil y se rompe al iniciar la prueba en el alveógrafo. La tenacidad o dureza de las masas no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguna formulación, estadísticamente todas presentan igual dureza.

**Palabras claves:** Harina de banano, Reológicas, Gluten, Extensibilidad, Alveógrafo.

## ABSTRACT

The objective of this research was the partial substitution of wheat flour (*Triticum spp*) with bananaflour (*Musa cavendish*) and its influence on the rheological properties of the dough (elasticity and toughness) for making bread, bananas are considered a promising crop with a wide variety of applications particularly in the food science. Taking into account that bananas do not represent a source of gluten, they can be consumed without problems, people who have the condition known as celiac disease or gluten intolerance (Troxler, 2012), it turns in it an attractive food for the family budget, high carbohydrate content ranges from 25 to 30% and up to 1% protein and 1 to 1.5% natural fiber which is very important in the daily diet as it helps to clean the digestive tract and unlike most vegetable origin foods banana flour. The methodology used for the partial substitution of wheat flour banana performed in the percentage of 5, 7 and 15%. In order to determine which formulations present similar characteristics with the control sample, dough rheological analysis with different formulations was performed. (100% wheat flour). The results of the doughs rheological analysis showed that; the formulation with 5% substitution has an extensibility versus 2.52 mm standard (3.07 mm), whereas formulations with 7 and 15% do not present any millimeter of extensibility, dough is weak and breaks when starting the test in alveograph. The toughness or hardness of the doughs do not show statistical significant differences ( $p > 0.05$ ) in any formulation, statistically all have the same hardness.

**Keywords:** Banana flour, Rheological, Gluten, Extensibility, Alveograph.

## INTRODUCCIÓN

La población mundial no llega a consumir ni un tercio de las frutas y vegetales que se producen en el mundo, situación que se presenta en gran medida por las pérdidas post-cosecha. Uno de los cultivos que presentan un porcentaje elevado de producción de residuos por la alta exigencia de calidad en las exportaciones es el de banano (*cavendish*), residuos que han sido aprovechados para la obtención de harina de banano verde, como insumo para la preparación de harinas compuestas con alto valor nutritivo con potencial para la industria de panificación (Gil, y otros, 2011). El cultivo de banano (*Musa AAA*), constituye la actividad agrícola de mayor importancia para la economía del país. Durante el año 2014 el Ecuador exportó 265 millones 587 mil 828 cajas de 18,14 kg, equivalentes aproximadamente a 4 millones 828 mil toneladas. Un tercio de las exportaciones mundiales se origina en el Ecuador lo cual representa actualmente un ingreso de un \$ 1900 millones de dólares por concepto de divisas, y otros \$ 90 millones de dólares por concepto de impuestos al estado. Los ingresos generados por la actividad bananera representan el 3,84 % del PIB total; el 50 % del PIB agrícola y el 20 % de las exportaciones privadas del país (AEBE, 2010). El cultivo de banano y sus industrias colaterales, generan empleo para más de un millón de familias, esto representa alrededor de 2,5 millones de personas, que en porcentaje equivalen aproximadamente al 17 % de la población actual, que dependen de una u otra forma de la industria bananera (INIAP, 2014).

El banano es considerado como un cultivo promisorio con una amplia variedad de aplicaciones especialmente en el campo alimentario. Al no ser el banano una fuente de gluten, puede ser consumida sin problemas, por personas que tienen la enfermedad conocida como celiaquía o intolerancia al gluten (Troxler, 2012), la convierte en un alimento muy atractivo para la canasta familiar, el alto contenido de carbohidratos fluctúa entre 25-30 % y hasta un 1 % de proteínas y 1 – 1,5 % de fibras naturales la cual ayuda la limpieza del tracto digestivo de quien consuma este alimento.

La industrialización del banano ha tenido un incremento en los últimos años tanto a nivel mundial como nacional tal como lo reflejan los estudios realizados sobre la producción de flakes, puré de banano maduro para consumo humano (Delgado, 2010).

El presente trabajo de Titulación establece el proceso para la elaboración de pan con sustituciones parciales con harina de banano verde destinada a formar parte de una pre - mezcla de tres porcentajes de sustitución (5, 7, 15%) y de esta forma fomentar los hábitos alimenticios con productos autóctonos de nuestra región, por tales motivos he desarrollado la siguiente investigación: **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR LA HARINA DE BANANO (*Musa Cavendish*), Y SU INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE LA MASA (ELASTICIDAD Y TENACIDAD) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN COMÚN”**. La cual permitirá que el sector dedicado a la panificación pueda realizar sustituciones parciales de hasta un 5 % en sus mezclas y de esta forma ahorrar en los costos de materia prima; ya que es posible obtener la harina de banano a menor precio que la harina de trigo.

## **PROBLEMA.**

La provincia de El Oro es eminentemente agrícola, donde según datos del SINAGAP (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca) la producción de banano en el año 2012 alcanzó el 36,13 % lo que corresponde al 2,269.901 TM. (SINAGAP, 2013 ).

Al ser Machala una ciudad que aporta una gran cantidad de producción de banano se ha considerado conveniente plantear la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de banano para determinar los rendimientos en los procesos de panificación.

La cantidad demandada de trigo abastecida a través de la importación representó el 98,45% del consumo aparente ecuatoriano en el 2010, lo cual hace necesario plantear alternativas que permitan reducir los niveles de importación. (INEC, 2011).

Además la mezcla permisible de harina de trigo y harina de banano garantizará obtener productos con atributos nutritivos y semejantes a las del pan común, que es el reto del gobierno para promover la soberanía alimentaria generando un cambio en la matriz productiva.



## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo General.**

- Sustituir parcialmente la harina de trigo (*Triticum spp*) por la harina de banano (*Musa cavendish*), y su influencia en las características reológicas de la masa (elasticidad y tenacidad) para la elaboración de pan común

### **Objetivos Específicos.**

- Caracterizar fisicoquímicamente la harina de banano, (*Musa cavendish*).
- Analizar parámetros de extensibilidad y tenacidad en 3 niveles (5, 7, 15 %) de sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de banano.
- Evaluar los atributos sensoriales de color, olor, sabor y textura del producto obtenido, de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por harina de banano (*Musa cavendish*).
- Determinar el rendimiento del producto.

## **HIPÓTESIS.**

El producto obtenido mediante la sustitución parcial de harina de trigo por la harina de banano, ofrece características reológicas (elasticidad y tenacidad) de la masa similar a la que se utiliza para la elaboración de pan común.

# 1. REVISION DE LITERATURA

## 1.1 HARINA.

La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido u otros alimentos ricos en almidón. Por tanto, el denominador común de todas las harinas es el almidón. Se puede conseguir harina de varios cereales, como el centeno, cebada, maíz o avena, sin embargo, la más habitual es la procedente del trigo.

Su elaboración no es sencilla: en ella intervienen varios factores que, controlados, permiten obtener una gran variedad de alimentos seguros, como pan, pasta o cereales (Navarro & Gimferrer, 2009).

Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo, elemento imprescindible para la elaboración del pan, también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz.

La harinade trigo la cual nosotros nos referiremos, posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína – gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente.

Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (levado con levadura, leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen.

El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina. El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas (Navarro & Gimferrer, 2009).

La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción.

Por lo común se aplica el término harina para referirse a la harina de trigo y se refiere indistintamente a la refinada como a la integral, por la importancia que esta tiene como base del pan que a su vez es un pilar de la alimentación en la cultura occidental.

El uso de la harina *de* trigo en el pan es en parte gracias al gluten, que surge al mezclarla con agua. El gluten es una proteína compleja que le otorga al pan su elasticidad y consistencia (Navarro & Gimferrer, 2009).

Para la panificación normal se precisa harina de una mezcla de trigos con gran proporción de trigo fuerte; el producto de la molienda del endospermo del grano de trigo, tiene color marfil claro, es fina y suave al tacto.

### **1.1.1. Harina de Banano.**

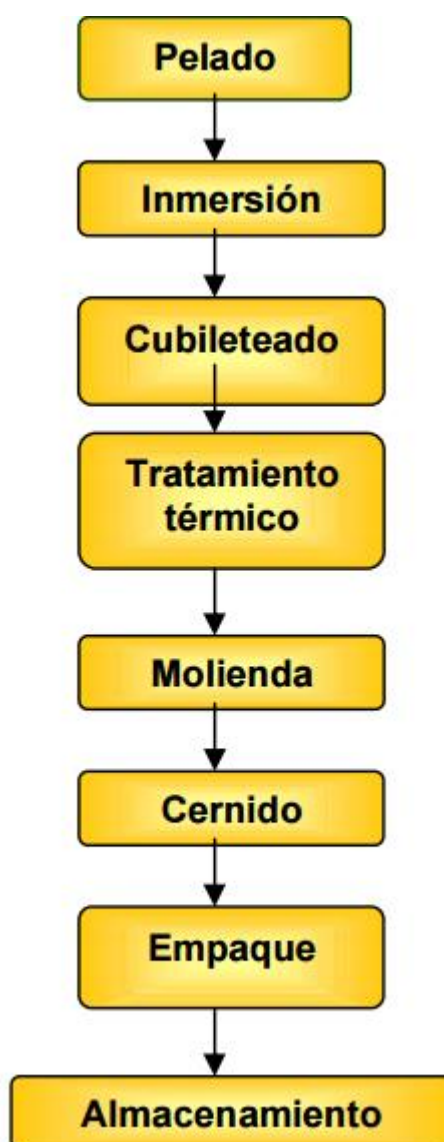
Los bananos son el cuarto producto agrícola más importante en el mundo, después del arroz, trigo y maíz en términos de producción. Son una fuente barata y de fácil producción de energía, así como de vitaminas A, C y B6. La Harina de Banano, elaborado en muchos casos de banano orgánico, es un polvo blanco pardusco de fácil digestión y susceptible a la humedad. Contiene todos los grupos de vitaminas y nutrientes. Tiene fácil cocción (90° C en 8 minutos). Al compararla con la harina de plátano verde, la harina de banano posee valores mayores en cuanto a su contenido de grasas, fibra cruda y cenizas. La harina de plátano posee valores mayores que la harina de banano en el contenido de energía, carbohidratos y potasio. Harina de banano es el producto obtenido por la desecación y pulverización del banano, adicionando o no azúcar o sal. La harina de banano deberá ser fabricada con frutos sanos, limpios, libres de materia terrosa y en perfecto estado de conservación. La harina de banano deberá estar exenta de parásitos, larvas, hongos, impurezas y microorganismos que indiquen manipulación defectuosa del producto.

Para la obtención de harina de excelente calidad, la fruta no podrá estar húmeda, ni fermentada(Gomez, 2005).

### **1.1.1.1. Descripción de Proceso Básico para Elaboración Harina de Banano**

La harina de banano es un producto importante de considerar para ser industrializado, no sólo para el consumo humano, sino también como concentrado animal. A continuación el flujo grama para la elaboración de la harina de banano y seguidamente se presenta una descripción del procedimiento básico para obtenerla.

**Figura 1.** Flujograma para la elaboración de harina de banano



**Fuente:** Santiago, 2005.

## **Descripción del proceso**

1. **Pelado:** El pelado se realiza de forma manual. Se puede considerar que se necesitan de 8 a 10 obreros para preparar cerca de 1000 kg de materia prima.
2. **Inmersión:** Esta inmersión en solución de dióxido de azufre al 1%, por cinco minutos, se hace con el fin de evitar la oxidación del banano y los posteriores cambios de color no deseados que se podrían dar.
3. **Cubileteado:** Los plátanos ya pelados se cortan con cuchillo o con máquinas troceadoras para obtener trozos más pequeños que pueden ser en forma de cubos o rodajas. Este paso es necesario para aligerar el proceso de secado.
4. **Tratamiento térmico:** Este tratamiento se hace con el fin de extraer humedad. La deshidratación se lleva a cabo en secadores.
5. **Molienda:** Se puede utilizar un molino de martillos, por el cual se pasan los trozos de producto seco para ser finamente divididos hasta partículas pequeñas, formándose así la harina.
6. **Cernido:** La harina que se obtiene tiene diferentes tamaños de partícula y partículas extrañas, por lo que la totalidad del producto se debe hacer pasar por un tamiz para obtener las diferentes fracciones por separado. De esta forma se llega a obtener un producto más fino.
7. **Empaque:** Una vez lista la harina se puede empacar en bolsas, preferiblemente de polipropileno o celofán. Las cantidades a colocar en cada empaque y el tipo del mismo, dependen del tipo de cliente, y de las condiciones de almacenamiento.
8. **Almacenamiento:** Una vez listas las bolsas, se sellan debidamente para evitar que entre humedad del medio al producto y también que se vaya a contaminar con insectos o materias extrañas.

Se estima que de 100 libras de banano verde pelado se pueden producir aproximadamente 27 libras de harina (Soto, 1985).

### **1.1.1 Composición y Valor Nutritivo de la Harina de Banano.**

La harina de banano es muy rica en hidratos de carbono y sales minerales como: calcio orgánico, potasio, fósforo, hierro, cobre, flúor, iodo y magnesio. También posee vitaminas del complejo B, como la tiamina, riboflavina, pirodoxina y ciancobalamina,

es por lo cual que constituye una de las mejores maneras de nutrir de energía vegetal nuestro organismo.

La composición química del plátano caracterizada por la presencia de almidones y escasez de ácidos, lo hace un producto extremadamente sensible al oxígeno al igual que al calor.

La harina de banano posee un gran valor nutritivo que es recomendado no sólo en la dieta de los niños sino también de las personas de la tercera edad. Si se adiciona otros componentes como la soya, su valor nutritivo productivo aumenta.

En la siguiente tabla podemos apreciar las diferentes especificaciones nutritivas de la harina de banano:

**Tabla 1.** Valores nutricionales de la harina de banano por 100 g. de porción comestible.

<b>Nutrientes.</b>	<b>Cantidad</b>
Proteínas	3,1 grs.
Grasas	0,4 grs.
Carbohidratos	9,6 grs.
Ceniza	2,5 grs.
Humedad	14,0 grs.
<b>MINERALES</b>	
Calcio	29,0 mg.
Fósforo	104,0 mg.
Hierro	3,9 mg.
<b>VITAMINAS</b>	
Retinol	100,0 mg.
Tiamina	0,11 mg.
Riboflavina	0,12 mg.
Niacina	1,57 mg.

**Fuente:**(CORSUN S.A.C, 2008).

### **1.1.2 Propiedades de la Harina de Banano.**

Es muy indicado para la dieta de los niños, que requieren muchas veces de un alimento que sacie su hambre rápidamente.

Igualmente para los deportistas o para cualquier persona que requiera un sano energético en cualquier momento, ya que su contenido en potasio, previene los calambres y regula los líquidos en el cuerpo constituyendo una fuente energética de rápida asimilación.

La harina de banano tiene lo que se denomina almidón resistente, es decir que este tipo de almidón no es absorbido por el intestino delgado sino por el grueso lo que la hace interesante para el combate de inflamaciones y cánceres del colon.(CORSUN S.A.C, 2008).

### **1.1.3 Usos de la Harina de Banano.**

La harina de banano se hace secando y moliendo la fruta verde o madura y se emplea para bebida, malteadas, y hasta para comerlo como pan integral.

En los trópicos, la harina se usa ampliamente para hacer galletas y pasteles. Una opción interesante es la alternativa de transformación del banano verde en harina cocida tipo instantánea apta para la preparación de masa para empanadas, pizzas y fideos.

La harina también puede utilizarse para reemplazar el 70-80% de los cereales en las raciones para cerdos y producción lechera, obteniéndose casi igual rendimiento; mientras que en las raciones para pollos y aves de corral, sólo se debe reemplazar con harina de banano el 5 o 10% de la proporción de grano.(CORSUN S.A.C, 2008).

### **1.1.4 Harina de Trigo.**

Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado de extracción determinado,

considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado).(INEN, 2006)

### **1.1.5 Composición Nutricional de la Harina de Trigo.**

La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan, sus componentes son: almidón (70 – 75 %), agua (14 %) y proteínas (10 - 12 %), además de polisacáridos no del almidón (2 - 3%) particularmente arabinosilanos y lípidos (2%). La tabla número 2, presenta los porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo.(Ruiz, 2009).

**Tabla 2.** Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo.

<b>Componente.</b>	<b>( % )</b>
Almidón	70 – 75
Proteínas	10 -12
Polisacáridos no del almidón	2 – 3
Lípidos	2

**Fuente:** (Ruiz, 2009)

### **1.1.6 Propiedades Funcionales de las Proteínas de la Harina de Trigo**

Las proteínas de la harina de trigo, específicamente las proteínas del gluten le confieren a la masa una funcionalidad única que la diferencia del resto de las harinas de otros cereales, la masa de harina de trigo se comporta desde el punto de vista reológico como un fluido viscoelástico, esta propiedad hace que la masa sea elástica y extensible.

En la etapa de mezclado se desarrolla la malla de gluten, los cambios reológicos que ocurren en esta etapa son monitoreados por medio de un reómetro llamado farinógrafo.

Con el alveógrafo y el extensógrafo se realizan otras pruebas reológicas a la masa.

Los ensayos reológicos son muy empleados en la industria, ya que de los resultados que se obtienen, permiten clasificar a las harinas de trigo en tres grupos principalmente: para panificación, para la elaboración de pastas y para la elaboración de galletas.



Dada la importancia que se tiene por conocer las propiedades reológicas de la harina de trigo, se describe la información que se obtiene de los reómetros (Vega, 2009).

### **1.1.7 Características de Calidad de la Harina de Trigo**

La calidad de una harina de trigo está directamente relacionada con el tipo de trigo del cual procede y el tratamiento que ha recibido durante el proceso de molienda.

**Color:** Debe ser un color marfil. Las harinas recién molidas presentan un color amarillento, pero a medida que pasa el tiempo la harina va adquiriendo un color más claro por la acción del oxígeno del aire sobre ciertos pigmentos que le daban el tono amarillento original.

El porcentaje de extracción también determina el color de la harina. Mientras más alta es la extracción, mayor cantidad de partículas de salvado tendrá y por lo tanto será más oscura.

**Fuerza:** Se refiere a la cantidad y calidad de las proteínas que poseen. De acuerdo a esto representarán mayor o menor capacidad para resistir el trabajo mecánico durante el amasado, corte, ovillado, sobado, retener gases de la fermentación y dar pan de buen volumen y presentación.

**Tolerancia:** Se refiere a la capacidad para soportar fermentaciones largas.

**Absorción:** Se relaciona con la capacidad para absorber y retener agua.(Gimferrer, 2009).

## **1.2 MEZCLAS DE HARINAS.**

“Mezcla preparada: Este tipo es una mezcla de polvo seco “todo incluido” que sólo requiere que el usuario final añada agua, amase o moldee la pasta o masa resultante, la pruebe si es necesario y la hornee.”

“Las harinas preparadas son mezclas preparadas con base de harina de trigo y/o centeno para la fabricación de pan (incluidos productos panificados pequeños) y productos de confitería fina que contienen todos los ingredientes y aditivos que son estables en la

mezcla y que sirven para cumplir una determinada función técnica de panificación” (Bingen, 2005).

Estos aspectos son también actualmente en general de gran importancia, ya que el de panadero ya no es propiamente un oficio y se trabaja principalmente con personal auxiliar poco cualificado.

De este modo se pueden introducir nuevos productos panificados en la gama tradicional de fabricación propia que no se podrían fabricar de otro modo (Bingen, 2005).

Éste último es un aspecto que ha influido fundamentalmente, con el paso del tiempo, en el desarrollo de las mezclas y harinas preparadas. En la medida en que la gama de productos panificados se ha ampliado y el mercado ha demandado nuevas variantes, junto a los productos panificados estándar creció la demanda de mezclas y harinas preparadas, que permitieron una fabricación de este tipo de productos también en condiciones de producción simples (Bingen, 2005).

## **1.2. TEORÍA DE LA PANIFICACIÓN.**

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años (Bourgeois & Larpent, 1995).

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. Existen bajorrelieves egipcios (3000 años a. de J.C.) sobre la fabricación de pan y cerveza, que sugieren que fue en la civilización egipcia donde se utilizaron por primera vez los métodos bioquímicos de elaboración de estos alimentos fermentados (Aleixandre, 1996).

Durante los siglos XIX y XX los oficios familiares dan paso a la construcción de fábricas que incrementan la capacidad de producción de alimentos básicos, entre ellos el pan y los productos de panadería, llegándose en nuestros días a dos tendencias hasta cierto punto contrapuestas. Por un lado, los cambios en el estilo de vida y la difusión de

los congeladores y de los hornos microondas han conllevado un aumento de la demanda de alimentos (entre ellos el pan) de más cómoda preparación y adecuados para su almacenamiento en congeladores. Por otro lado, existe también una cierta demanda de alimentos lo más parecidos posible al alimento tradicional (Aleixandre & García, 1999). Estas dos tendencias han tenido una repercusión importante en la panificación moderna.

### **1.2.1. El Pan.**

El pan ha sido un alimento preponderante en toda la historia de la humanidad, ha tenido un lugar importantísimo en la alimentación humana. El primer pan hecho metódicamente, apareció en la Roma de los Césares, de donde se tiene noticia de los primeros ingenios mecánicos para mezclar las masas (Cardona, 1998). Araujo define la evolución de la panificación: "Cuando el hombre primitivo trituro el primer grano de trigo entre dos piedras para eliminar la cáscara, que es áspera con sabor a madera y de difícil digestión, estaba naciendo la industria de la molienda(Araujo, 1989).

Cuando parte de aquella mezcla fue humedecida por la llovizna, se iniciaba la fermentación y finalmente cuando el resto de la masa fermentada fue tirada al fuego, y más tarde sobre piedras calientes, se iniciaba la cocción y por ende el producto final, el pan.

### **1.2.2. Componentes del Pan**

El pan es una mezcla de harina, agua y levadura que se dejan reposar y posteriormente se calienta, no obstante es un producto de gran técnica en su elaboración y puede incorporar gran variedad de componentes tales como: sal, azúcares, mieles, grasas y mejorantes entre otros. La función y características de estos componentes son:

#### **1.2.2.1.Harina.**

Es la materia prima por excelencia a la hora de elaborar el pan, la harina tiene como tal una serie de propiedades y requiere de una atención especial a la hora de su almacenamiento y conservación. La harina utilizada en panificación es el producto de la molienda del grano de trigo limpiado e industrialmente puro. Las proteínas del grano de trigo gliadina y glutenina son las responsables de proporcionar al pan las características de retención de gas para así producir un producto con la característica esponjosidad.

#### **1.2.2.2. Agua.**

Es responsable de la formación del gluten, hidrata los almidones tornándolos digestivos, evita la formación de cáscara en la masa, posibilita la acción de las enzimas, sirve como solvente de los ingredientes sólidos distribuyéndolos uniformemente en la masa, activa la levadura, determina la consistencia de la masa; y es el factor determinante en el lucro del pan.

#### **1.2.2.3. Levadura.**

Es la encargada de efectuar la fermentación en la masa del pan con el fin de producir CO<sub>2</sub>, se alimenta de los azúcares presentes en la masa, la sacarosa adicionada y los azúcares fermentables desdoblados por las amilasas en la harina de trigo, su función es inflar el gluten con el CO<sub>2</sub> producido durante la fermentación, las condiciones ideales para el desarrollo ideal de la levadura son 28-30 °C, con disponibilidad de oxígeno y nutrientes a voluntad. Estas condiciones unidas a un trabajo preparatorio de enzimas, promueven la mayor producción de gas carbónico, este gas levanta la masa y provoca el crecimiento del pan, resultando un producto liviano, poroso y bastante digestible.

En panificación existen 3 tipos de levadura: fresca o fermentos vivos, con una humedad alta y el 100 % de sus células vivas después del proceso; levadura seca instantánea con 4-6 % de humedad y el 80 % de células vivas; y seca activa, con un proceso de deshidratación en frío con el 5-7 % de humedad y sólo el 75 % de células vivas.

#### **1.2.2.4. Sal.**

Tiene acción fortificante y estabilizadora del gluten, es usada en un porcentaje de 1,5-2,8 % regulando la fermentación de la masa, retarda la producción de los gases producidos por la levadura durante la fermentación.

Resalta el sabor, tiene efecto bactericida controlando el desarrollo del ácido láctico, es importante en la fijación del agua en el gluten, es digestiva. Tiene influencia sobre la densidad, elasticidad y otras cualidades del gluten. Otras funciones son estabilizar y mejorar harinas débiles. Por su higroscopia aumenta el poder de absorción, mejora la retención de la humedad y permite la actividad de las enzimas.

#### **1.2.2.5. Azúcar.**

La sacarosa se utiliza como fuente de alimento para la levadura que la utiliza para su desarrollo y también sirve para acondicionar las masas. El crecimiento del pan es causado por la conversión de carbohidratos en CO<sub>2</sub> que realizan las enzimas de la levadura y hace que el gluten se infle en un fenómeno similar al observado al inflar un globo.

El azúcar también es responsable de la coloración de la corteza en el producto al final de la cocción, debe ser usada en tal cantidad que pueda producir con la levadura una actividad vigorosa y rápida. Al final de la fermentación aún debe haber azúcar suficiente para que se caramelize en el horno y así obtener la coloración dorada típica. Mientras más azúcar, más color en el producto final y menos temperatura en el horno. Funciona también como conservador pues es la materia prima de la fermentación alcohólica cuyo producto (etanol) evita la contaminación bacteriana. Por último, tiene poder higroscópico lo que le proporciona a la masa la capacidad de retener humedad y conservar el producto más tiempo.

#### **1.2.2.6. Grasa.**

Pueden ser de origen animal o vegetal, estas se diferencian en aroma, consistencia y tiempos de conservación, la grasa no sufre transformaciones o pérdidas durante el proceso de fermentación. Actúa cubriendo cada partícula de la masa, garantizando suavidad en la textura interna y externa del pan, principalmente actúa como fijador de la humedad del producto retardando su envejecimiento, lubrica el gluten, manteniéndolo elástico volviendo la masa maleable, facilitando el trabajo de la mezcladora mecánica.

#### **1.2.2.7. Emulsificantes.**

Son constituidos por ésteres de la glicerina, mono o di glicéridos, estos junto a las grasas o margarinas, forman una especie de puente ligando las moléculas de grasa a las de agua y permiten una acción más intensa y duradera de las grasas usadas.

Actúan en las masas de varios modos: acondicionando los almidones disminuyendo la temperatura de gelatinización de las suspensiones de almidón en agua y aumentando la velocidad de su hinchamiento, haciendo los almidones más digeribles, promoviendo una mayor integración del agua a la masa. Produce masas más suaves y blandas, facilita la

mecanización, reduce costras secas, además da a la miga una granulometría uniforme debido a una mejor distribución de las "cámaras de gases" del gluten(Carvel, 2004).

#### **1.2.2.8.Leche.**

Es el más completo de los enriquecedores del pan, contiene proteínas animales, su función es mejorar la apariencia pues aunque es de bajo poder edulcorante, se carameliza en el horno dando coloración dorada. Algunas características de la lactosa son que no es directamente fermentable por la levadura, por tanto todo el pan hecho con leche tiene tendencia a colorearse más rápido en el horno. Otra propiedad de la leche es que aumenta el rendimiento en producto final por cuanto adiciona a la masa determinadas cantidades de sólidos.

#### **1.2.2.9.Mejorantes.**

Su función es la de reforzar las características de la harina para que la masa resultante pueda ser manipulada en un proceso mecanizado. La consecuencia final sobre el producto cuando se han utilizado el tipo y dosis adecuadas es un mayor desarrollo de la pieza, mayor suavidad de miga, buen color y brillo de la corteza.

### **1.2.3. Proceso de Producción.**

Durante el proceso panadero el pan se ve sometido a distintas transformaciones de tipo físico, químico y biológico, que dotan al producto final de sus cualidades nutritivas y organolépticas, a continuación se presenta una pequeña introducción sobre los procesos que tienen lugar en el pan durante los diferentes procesos a los que es expuesto.

#### **1.2.3.1.Pesado.**

El pesaje de las materias primas proporciona al panadero el conocimiento de las cantidades exactas de materias primas para llevar a cabo una receta dada.

#### **1.2.3.2.Mezclado.**

El mezclado se debe realizar para homogenizar los materiales sólidos y posteriormente para incorporar paulatinamente el agua que proporciona a la masa sus características de elasticidad y extensibilidad conferidas por el gluten en formación.

Durante el mezclado se inicia la hidratación de partículas hasta que la masa presente una cierta ligazón. La formación de la masa está condicionada por la capacidad de absorción de agua de los diferentes componentes de la harina donde el gluten admite el doble de su peso en agua, el almidón admite aproximadamente un 30 % de su peso en agua y el resto de agua es admitida por atracción capilar quedando atrapada en la masa.

### **1.2.3.3.Amasado.**

El amasado es la operación donde se desarrolla el gluten formado por la adición del agua durante el mezclado, el buen desarrollo del gluten es de vital importancia para propiciar una mayor retención del gas producido durante la fermentación.

El proceso de formación de la masa se divide en varias fases diferenciables así la primera fase es la rotura y estirado, cuando la masa ya está ligada, los brazos amasadores estiran la masa, rompiéndola y los fragmentos son lanzados contra las paredes, este trabajo va desarrollando progresivamente el gluten; posteriormente se inicia el soplado y oxigenado de la masa, cuando la masa se deja estirar al máximo, atrapa el aire con facilidad, el oxígeno queda disuelto en la masa y se forman burbujas pequeñas de aire que son esenciales para el posterior desarrollo de la estructura esponjosa del pan.

### **1.2.3.4.Boleado.**

El boleado es la conclusión del amasado, por medio de la utilización de rodillos se acaba de desarrollar el gluten para producir una masa lisa que produzca panes lisos y de buena presentación y textura final.

### **1.2.3.5.Reposo.**

El reposo previo al formado se realiza con el fin de que la masa se vuelva más maleable debido a la producción de gas durante este corto período de fermentación, así, el estado de gasificación de la masa al momento previo al formado es de gran importancia para el buen desempeño de la masa en la siguiente operación.

### **1.2.3.6. Formado.**

Consiste en dar forma simétrica a los trozos de masa. El formado se debe hacer apretando lo más posible sin desgarrar la masa ya que si esto ocurre reducirá el volumen del pan; esta operación está condicionada por la fuerza y la tenacidad de la masa.

### **1.2.3.7. Corte.**

El corte se realiza con el fin de proporcionar volumen y estética al producto final. Una vez la pieza está dentro del horno, el calor se extiende, atravesando la hogaza y permitiendo que el gas carbónico se expanda mejor; bajo la presión del gas, los cortes hechos en el pan se abren a lo largo, contribuyendo a su máximo desarrollo y creando zonas donde la solidificación de la corteza se retrasa.

### **1.2.3.8. Fermentación.**

La fermentación se realiza con el fin de que el agente de crecimiento, la levadura, actúe sobre los azúcares presentes en la masa para así producir CO<sub>2</sub> el cual será encapsulado por la película de gluten desarrollado en la masa durante el amasado, la masa se fermenta a una temperatura de 28-32 °C, en este momento la levadura que ya ha empezado a actuar empieza a trabajar con mayor eficiencia. La enzima zimasa permite a la levadura llevar a cabo la fermentación de los azúcares presentes en la harina, en una mezcla de maltosa, glucosa, levosina y sacarosa, dicho aporte de azúcares lo producen las enzimas diastásicas ( y amilasas) de la harina que han estado formando maltosa y otros azúcares desde el principio del formado de la masa.

### **1.2.3.9. Horneado.**

Una vez el pan ha alcanzado su punto correcto de fermentación se introduce en el horno a una temperatura que varía según el tamaño de las piezas y el tipo de horno, esa temperatura oscila entre 190-260°C, el tiempo de cocción también varía según el tamaño de la hogaza. Durante el proceso de cocción se suceden tres fases diferenciadas, así en la primera fase al entrar las piezas de pan al horno la masa no deja de fermentar hasta que alcanza los 45 °C y por consiguiente sigue produciendo gas carbónico y las burbujas de este comienzan a dilatarse por efecto del calor. En la segunda fase se forman los alvéolos de la miga; al mismo tiempo, las enzimas amilasicas van degradando el almidón en dextrinas y maltosa responsables de la caramelización de la



corteza. Superados los 70°C el gluten se coagula y el almidón se gelatiniza perdiendo así la plasticidad de la masa. Al mismo tiempo comienza la evaporación de alcohol que causa que la masa se levante un poco más por causa de los vapores producidos y produce una refrigeración natural en el interior de la pieza que le impide hervir. En tanto la cocción va avanzando. Se ha comprobado que la temperatura al interior de la miga nunca supera los 90-100°C debido a las reacciones de evaporación de agua y alcohol que se producen de la fermentación de los azúcares del pan por acción de la levadura (*Saccharomyces cereviceae*).

#### **1.2.4. Características de un Buen Pan.**

Un buen pan debe tener una corteza crujiente de miga de color blanco cremoso, de olor apetitoso, sabroso y buena conservación. Las materias primas que se utilizan tienen una gran influencia en las variaciones de estas características.

Para conseguir estas características la harina debe tener un gluten tenaz, firme elástico y extensible de aspecto amarillento rica en carotenos, que al portar aromas conferirán un buen sabor al pan final, el amasado debe durar alrededor de 12 minutos en la primera velocidad de la amasadora (Carvel, 2001) y es conveniente dejar reposar la masa antes de realizar el boleado.

#### **1.2.5. Tipos de Pan.**

Según la «Reglamentación Técnico Sanitaria para la Fabricación, Circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales» el pan y sus distintos tipos se definen de la siguiente manera (Tejero F. , 1995; Madrid & Cenzano, 2001; Callejo, 2002.):

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*. El Código Alimentario Español diferencia dos tipos de pan.

**1.-Pan común**, se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados. Dentro de este tipo se incluyen:

# Pan bregado, de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores.

# Pan de flama o de miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración.

**2.-Pan especial**, es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común. Como ejemplos de pan especial tenemos:

# Pan integral, es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo.

# Pan de Viena o pan francés, es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez.

# Pan de molde o americano, es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes.

# Pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, etc.

# Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc., son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida.

### **1.3 REOLOGÍA.**

La Reología es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. Su estudio es esencial en muchas industrias, incluyendo las de plásticos, pinturas, alimentación, tintas de impresión, detergentes o aceites lubricantes (Ramírez, 2006).

#### **1.3.1 Aplicaciones del Estudio de la Reología.**

Control de calidad de los alimentos: este control se realiza en la propia línea de producción. Es determinante para la aceptación de productos como patatas fritas, cereales, quesos, aperitivos, yogures, dulces, chocolates, cremas, etc.

Estudio de la textura y consistencia de productos alimenticios: dichas propiedades son muy importantes a la hora de que un producto sea del agrado del consumidor (Ramírez, 2006).

#### **1.3.2 Importancia de la Reología en Panificación.**

La relación de reología y las masas panaderas es que la masa de pan tiene un comportamiento visco-elástico. Es decir, es viscoso y se deforma cuando le aplicamos fuerza (el amasado, la gasificación que producen levaduras y bacteria estira la masa) pero tiene una cierta elasticidad para volver a su misma posición y forma una vez se deja de aplicar la fuerza.

Al estudiar las características reológicas de las masas sabremos cuánto puede estirarse una masa con el gluten bien desarrollado, cuánta presión de gas puede retener. De ahí su interés para el panadero: entender y conocer estas propiedades, los aparatos y técnicas que se usan para medirlas y la terminología básica sobre ellas determina poder predecir y adecuar la harina usada al tipo de masa y pan que se quiera/pueda lograr. (Circe, 2013).

### **1.3.3 Propiedades Reológicas de la Masa.**

#### **1.3.3.1. Elasticidad.**

La Elasticidad estudia la relación entre las fuerzas y las deformaciones, sobre todo en los cuerpos elásticos.

La deformación está íntimamente ligada a las fuerzas existentes entre los átomos o moléculas pero aquí se ignorará la naturaleza atómica o molecular de la materia considerando el cuerpo como un continuo y tendremos en cuenta las magnitudes medibles: fuerzas exteriores y deformaciones.

Las fuerzas de masa están asociadas con el cuerpo considerado (afectan a todas las partes del mismo) y no son consecuencia de un contacto directo con otros cuerpos y entre ellas podemos citar las fuerzas gravitacionales, las de inercia, las magnéticas, etc. Se especifican en términos de fuerzas por unidad de volumen (Navarro, 2006).

#### **1.3.3.2. Tenacidad.**

Denominamos también masas broncas aquellas que durante el amasado dan la impresión de que nunca llegan a amasarse, desgarrándose durante el mismo.

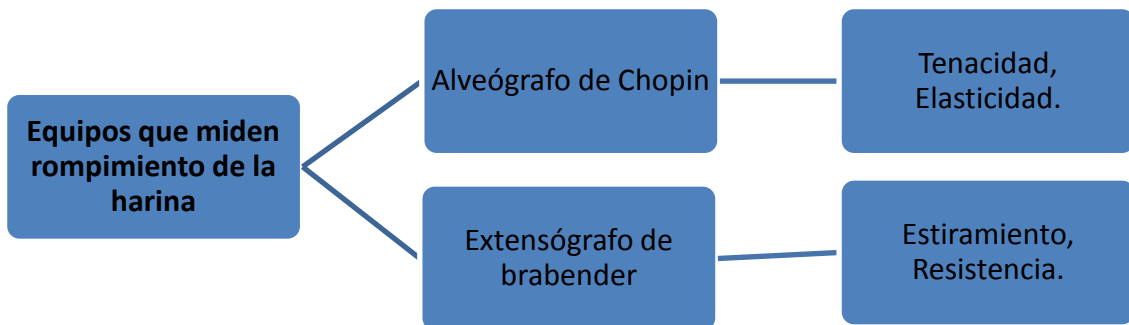
Durante el formado la sobre presión que ejercen los rodillos y lonas de la formadora dañan la masa, incluso a veces se rompe o se pica.

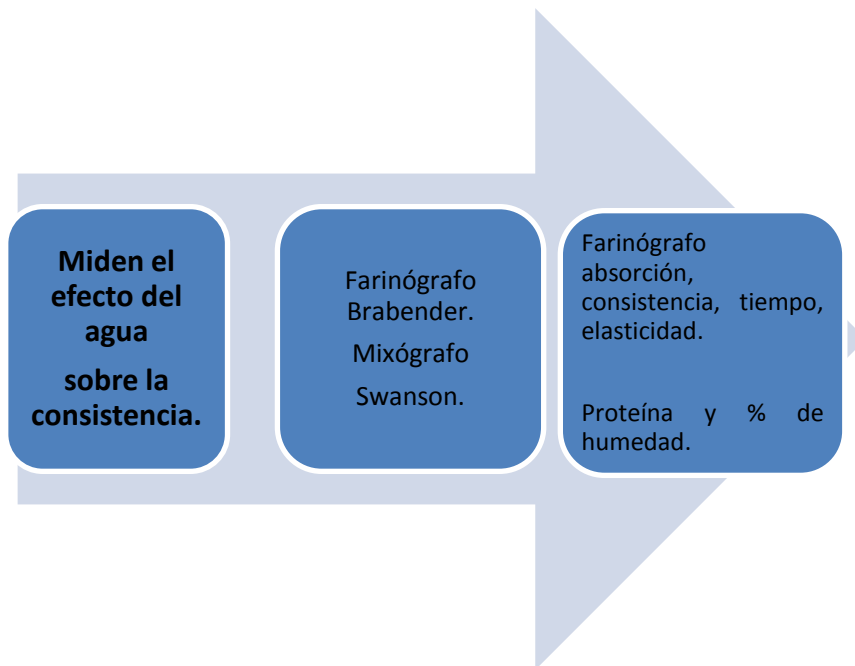
También se puede apreciar que durante la fermentación aquellas masas que son demasiado broncas, la hacen de forma redondeada y con poca base de contacto de la barra sobre el tablero o bandejas. Incluso dificulta la expansión de los gases durante la fermentación y primeros minutos de cocción, produciéndose panes redondeados, que llegan a tomar forma arqueada, con una greña escasa y áspera. No cabe duda de que las masas excesivamente tenaces producen este tipo de panes, pero hay que tener en cuenta que hay otros factores que influyen igualmente en el aumento de la tenacidad. Estos pueden ser un tiempo de amasado insuficiente, las masas duras, las altas temperaturas de las masas, las dosis elevadas de levadura prensada, las masas grandes que tardan mucho en ser divididas, el formado demasiado apretado, etc., son todos ellos factores a tener en cuenta para controlar el exceso de tenacidad (Tejero, 2010).

### 1.3.4. Equipos que Miden Propiedades Reológicas de la Masa.

La harina de trigo tiene la propiedad de formar una masa panaria fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y de producir panes de textura esponjosa, estas características se atribuyen fundamentalmente a las proteínas que conforman el gluten (gliadinas y gluteninas), consideradas como estructurales (Hoseney, Finney, Shogren, & Pomeranz, 1969). Es importante presentar los equipos que miden las propiedades reológicas del gluten de la harina de trigo: en el gluten las medidas reológicas permiten predecir las características en el proceso y la calidad de las harinas, además indican las propiedades plásticas de la masa.

**Figura 2.** Equipos que miden propiedades reológicas de la masa.





**Fuente:** (Hoseney, Finney, Shogren, & Pomeranz, 1969).

#### **1.3.4.1. Alveógrafo de Chopin.**

EL alveógrafo es un aparato que mide la extensibilidad y resistencia a la expansión (tenacidad) de la masa. Después de formar la masa en la amasadora del aparato, se moldea y se forma una lámina. Después de 20 minutos de reposo. Se pone esta galleta de masa en una base y se sujeta por un anillo.

El aire es forzado a través de un orificio en la base bajo la masa. Esta última forma un alvéolo que se expande hasta que finalmente revienta.

**Relación entre la Tenacidad y la extensibilidad.** (P/G). Se obtienen mediante al alveógrafo; estos parámetros miden la resistencia de la harina a la deformación; valores de P/G de 7 - 10 indican un trigo tenaz; de 4 - 5. Un trigo balanceado y de 1 - 2; un grano de trigo extensible.(Ortiz, 2008)

**Figura 3.**Alveógrafo de Chopin.

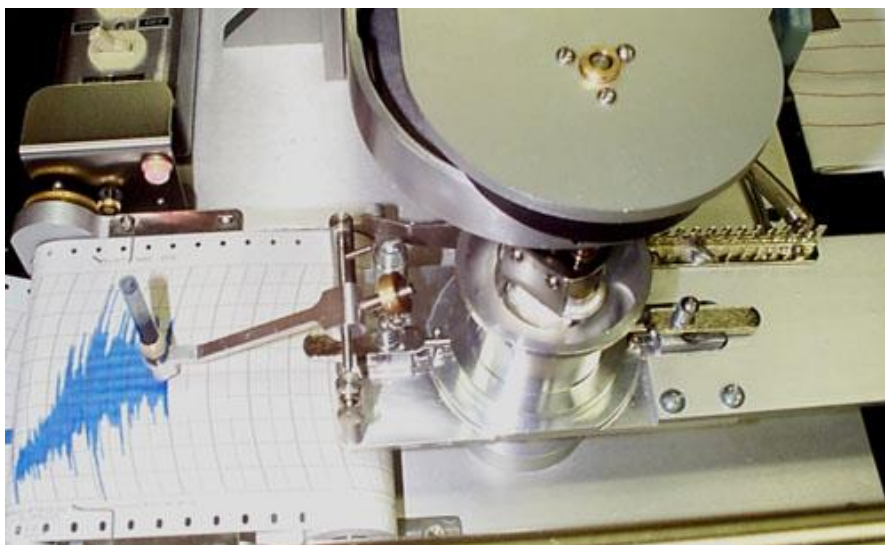


**Fuente:** (Roca, 2010).

#### **1.3.4.2. Mixógrafo.**

El tiempo de amasado y la tolerancia al amasado son dos propiedades importantes en panificación que se determinan en el mixógrafo, en el cual se obtiene una curva llamada mixógrafo. Este puede llevarse a cabo con 35 g de harina y el agua necesaria para formar una masa adecuada.

**Figura 4.** Mixógrafo



**Fuente:** (Roca, 2010).

### 1.3.4.3. Farinógrafo.

El farinógrafo brabender es un aparato para probar la plasticidad y movilidad de la masa; el farinógrafo indica básicamente dos propiedades físicas importantes de la masa: La absorción o cantidad de agua requerida para que una masa tenga una consistencia definida, variedades con gluten muy débil, y el 8 a glútenes muy fuertes(Ortiz, 2008).

**Figura 5.** Farinógrafo



**Fuente:**(Ortiz, 2008).

## 1.4. EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL PAN

Se define el análisis sensorial como la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las respuestas a los productos percibidas a través de los sentidos del gusto, vista, olfato, oído y tacto (Stone y Sidel 1993). Las cuatro tareas principales del análisis sensorial son: identificar, medir científicamente, analizar e interpretar. Para poder obtener resultados concluyentes es necesario un correcto diseño experimental y un análisis estadístico apropiado. El campo de aplicación del análisis sensorial dentro de la industria alimentaria es muy variado: desarrollo de nuevos productos, control de calidad o preferencias del consumidor, entre otros. Las técnicas del análisis sensorial se clasifican en dos grandes grupos dependiendo del objetivo que se persiga:



- Pruebas analíticas, que buscan medir o describir en detalle las características organolépticas de un producto.
- Pruebas de consumidores, que se emplean para evaluar las preferencias de los consumidores o medir la satisfacción que les proporciona el producto. El trabajo que presentamos se centra en estas últimas por lo que las analizamos con más detenimiento a continuación.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1.LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

El presente trabajo investigativo, se realizara en el laboratorio de tecnología de procesamiento de Alimentos, de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala.

#### **2.1.1 Universo de Trabajo.**

La provisión de la materia prima fue de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.

La harina de banano utilizada en la presente investigación, fue elaborada a partir del banano que no cumple con los parámetros de exportación tales como: grado de grosor, largo de dedo y manchas en la cáscara.

#### **2.1.2 Tipo de Muestra.**

Se tomaran muestras de harina de banano (*Musa cavendish*) en las cuales se harán varios tratamientos más la muestra testigo sin sustitución para verificar la elasticidad y tenacidad en la masa.

### **2.2 MÉTODOS.**

#### **2.2.1 Tipo de Investigación.**

En el presente trabajo investigativo, se realizó un estudio cuasi experimental, ya que se usó la prueba y pos prueba en la elaboración de pan, para medir el efecto y relación en la manipulación de la variable independiente como es el porcentaje de harina de banano.

### 2.2.2. Diseño de Experimental de la Investigación

El diseño de la investigación fue de carácter descriptivo (describe situaciones porque observamos y definimos la formulación que resulto estadísticamente significativo en la sustitución de harina de trigo por harina de banano en la elaboración de pan), inicialmente se varió el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de banano y se midió la extensibilidad y elasticidad de las masas para lo cual se varió la cantidad de harina de banano  $X_1$  (5, 7 y 15 %).

**Tabla 3.** Diseño del experimento

<b>Variables</b>	<b>F<sub>1</sub></b>	<b>F<sub>2</sub></b>	<b>F<sub>3</sub></b>
<b>X<sub>1</sub> = Harina de Banano</b>			
(%)	5	7	15
<b>X<sub>2</sub> = Harina de trigo (%)</b>	95	93	85

**Fuente:** Loja, 2015.

### 2.3. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.

La materia prima fue provista de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala será caracterizada por lotes y será la que se utilizará en el proceso de investigación.

### 2.4. TOMA DE MUESTRAS.

Para el proceso de sustitución parcial de harina de trigo por la harina de banano se realizará un muestreo después de molienda para buscar el porcentaje idóneo de sustitución se analizará varios tratamientos más la muestra testigo sin sustitución los mismos que serán colocados en fundas de identificación para luego hacer el proceso de amasado y medir su elasticidad y tenacidad.

### 2.5. ELABORACIÓN DE HARINA DE BANANO

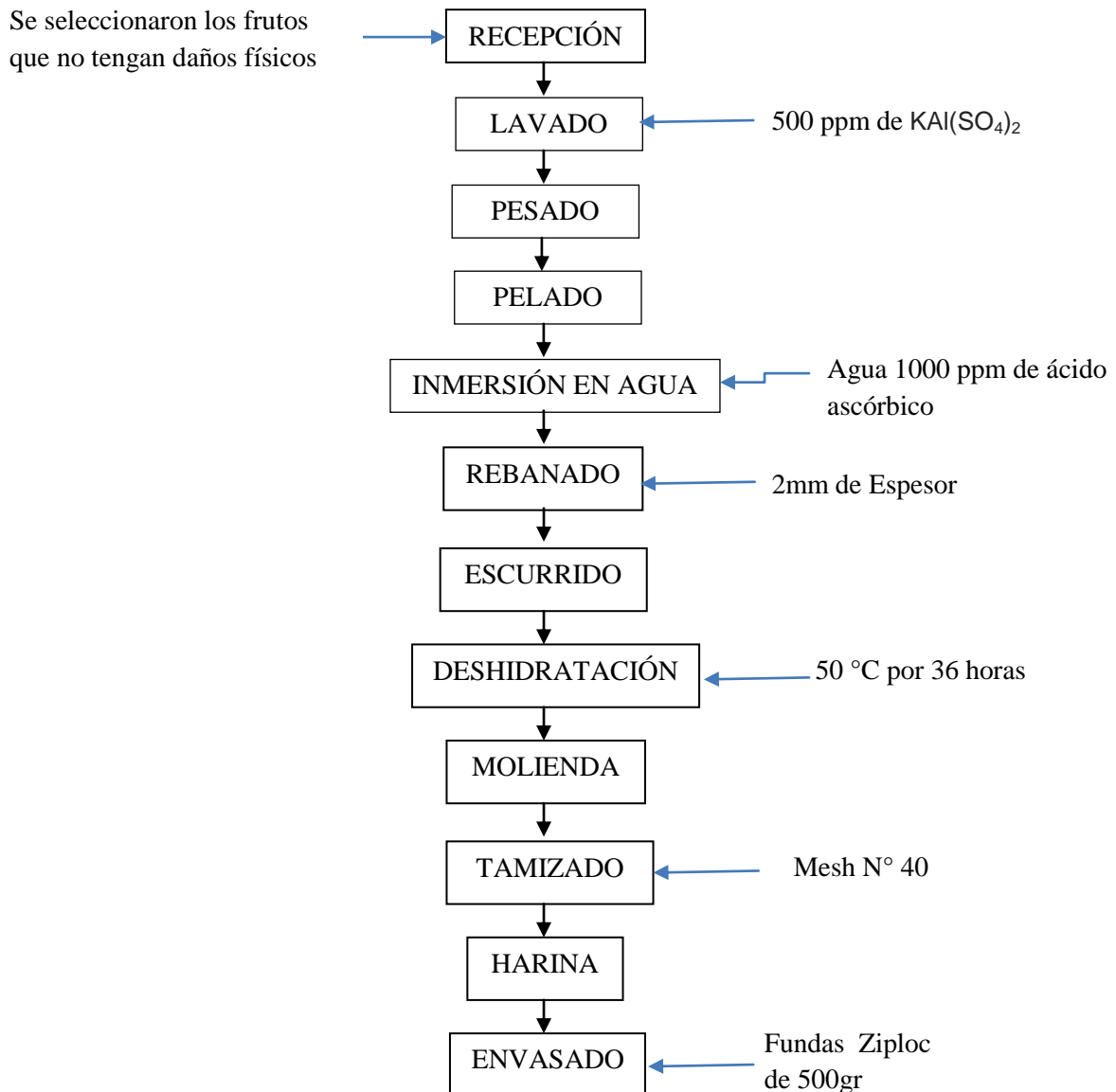
La harina de banano se elaboró con frutos sanos, limpios, libres de materia terrosa y en perfecto estado de conservación. La harina de banano estuvo exenta de parásitos, larvas, hongos, impurezas y microorganismos que indiquen manipulación defectuosa del producto.

### 2.5.1. Descripción de Proceso Básico para Elaboración Harina de Banano

La harina de banano es un producto importante de considerar para ser industrializado, no sólo para el consumo humano, sino también como concentrado animal.

A continuación el flujo grama para la elaboración de la harina de banano y seguidamente se presenta una descripción del procedimiento básico para obtenerla.

**Figura 6.** Flujograma para la elaboración de harina de banano



**Fuente:** Loja, 2015.

### **2.5.1.1.Descripción del Proceso**

#### **Pelado**

El pelado se realiza de forma manual. Se lo realizo mediante un rayado de la cascara para facilitar la eliminación de la misma.

#### **Inmersión**

Esta inmersión en solución de ácido ascórbico a una concentración de 1000 ppm por cinco minutos, se hace con el fin de evitar la oxidación del banano y los posteriores cambios de color no deseados que se podrían dar.

#### **Cubileteado**

Los plátanos ya pelados se cortan con cuchillo para obtener trozos más pequeños que pueden ser en forma de rodajas. Este paso es necesario para aligerar el proceso de secado.

#### **Tratamiento térmico**

Este tratamiento se lo realizo con el fin de extraer humedad. La deshidratación se lleva a cabo en la estufa de calentamiento a 65 °C.

#### **Molienda**

Se puede utilizar un molino manual, por el cual se pasan los trozos de producto seco para ser finamente divididos hasta partículas pequeñas, formándose así la harina.

#### **Tamizado**

La harina que se obtiene tiene diferentes tamaños de partícula y partículas extrañas, por lo que la totalidad del producto, el tamiz utilizado fue de 315 µm. De esta forma se llega a obtener un producto más fino.

#### **Empaque**

Una vez lista la harina se empaco en bolsas de polipropileno virgen.

#### **Almacenamiento**

Una vez listas las bolsas, se sellaron debidamente para evitar que entre humedad del medio al producto y también que se vaya a contaminar con insectos o materias extrañas.

## **2.6. ANÁLISIS SENSORIAL**

El Análisis Sensorial es un método directo, normalizado y muy sensible para apreciar las características sensoriales de los productos farináceos, que actualmente no se puede reemplazar por ninguna otra técnica. El análisis sensorial es por tanto, una técnica que aporta una valiosa información que permite, un conocimiento más complejo de las características de los alimentos, y que hace posible una adecuada elaboración de los mismos, con el objetivo de satisfacer las demandas de los consumidores (50 personas) a los que va dirigido.

La evaluación sensorial se define como el método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar aquellas respuestas percibidas a través de los sentidos de la vista, gusto, olfato, tacto y oído. (Stone y Sidel 1993).

### **2.6.1. Selección del Tipo de Prueba Aplicada.**

El tipo de prueba seleccionada fue la prueba hedónica dirigida a consumidores. Esta prueba cumple con el propósito de determinar la aceptabilidad de un producto y utiliza escalas categorizadas que reflejan el grado en que un producto agrada o desagrade al consumidor.

#### **2.6.1.1. Prueba Binomial (Dicotomía)**

La prueba binomial analizo las variables sensoriales de color, olor, sabor y textura mediante la prueba dicotómicas (aceptación/rechazo) y comparo las frecuencias observadas en cada categoría con las que cabría esperar según una distribución binomial de parámetro  $\pi$  especificado en la hipótesis nula. El nivel de significación crítico de esta prueba indica la probabilidad de obtener una discrepancia igual o superior a la observada a partir de la muestra si la distribución es la postulada por la hipótesis nula(Siegel, 1956).

La prueba binomial utiliza la distribución binomial para decidir si el resultado de un experimento en el que se cuenta el número de veces una de las dos alternativas se ha producido.

## **2.7. VARIABLES**

### **2.7.1. Variable Independiente**

Porcentaje de la sustitución de harina de trigo (*Triticum spp*).

### **2.7.2. Variable Dependiente**

- Elasticidad y tenacidad de la masa.
- Porcentaje (%) de aceptación.

## **2.8. MATERIALES A UTILIZARSE.**

### **2.8.1. Materiales**

- Vaso de precipitación
- Probeta
- Pipetas
- Cuchillos
- Tamices
- Cedazos
- Ollas de acero inoxidable
- Laminador de chifles
- Harina de banano (*Musa Cavendish*)
- Fundas de polietileno

### **2.8.2. Equipos.**

- Balanza analítica
- Horno de bandejas
- Amasador
- Balanza romana
- Alveógrafo de Chopin
- Texturómetro

### **2.8.3. Reactivos**

Ácido ascórbico

Ácido cítrico

Levadura de pan (*Sacharomyces cereviceae*)

Grasa vegetal

Mejoradores

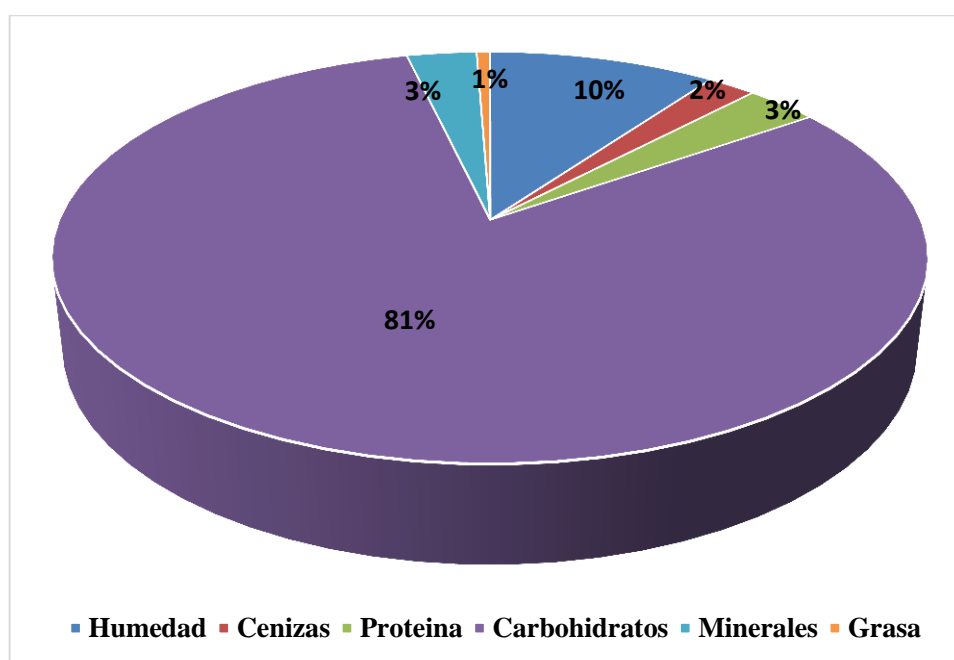
Esencia de vainilla.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA LA HARINA DE BANANO, (*Musa cavendish*).

La necesidad de caracterizar la materia prima fue de vital importancia, ya que permitió la identificación de los productos, de forma que se tuvo la certeza de referirse al mismo producto; la definición de una materia prima generalmente debe contener su origen, fuentes de las que proviene, información sobre los procesos a que son sometidas y las limitaciones y restricciones sobre su composición (Lyndon, 1966). A continuación en la figura 4 se muestra la composición físicoquímica de la harina de banano utilizada para la sustitución parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan común.

**Figura 7.** Composición físicoquímica de la harina de banano



**Fuente:** Loja, 2015.

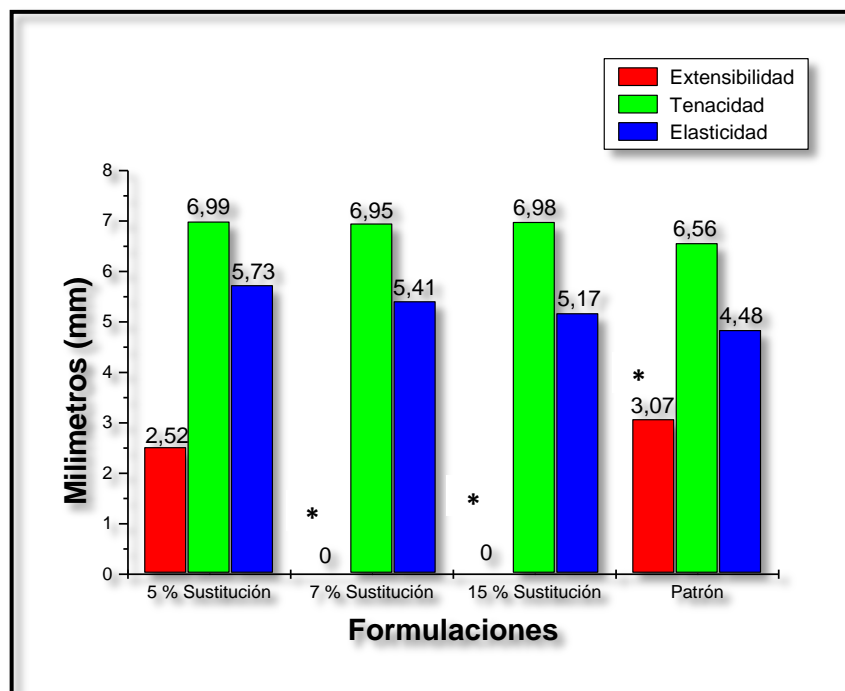
La figura 7 nos muestra que la harina de banano posee gran cantidad de sólidos totales (90 %), disponibles para ser utilizados en la elaboración de las masas compuestas para la elaboración de pan, lo cual otorga un alto índice de absorción de agua.

El bajo porcentaje de humedad y de grasa influye para que el pardeamiento enzimático ocurra a baja velocidad y no se modifique el sabor ni el valor nutritivo (Gil, y otros, 2011) .

### 3.2.PARÁMETROS DE EXTENSIBILIDAD Y TENACIDAD EN 3 NIVELES (5, 7 y 15 %) DE SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO POR LA HARINA DE BANANO.

Las gliadinas presentes en la harina de trigo están formadas por unidades pequeñas y uniformes, unidas por enlaces disulfuro intramoleculares (S-S), los cuales confieren elevada extensibilidad, tenacidad y baja elasticidad a la masa lo influyen significativamente en el volumen del pan (Khan, Tamminga, & Lukow, 1989). A continuación en la figura 5 se muestra las propiedades reológicas antes mencionadas.

**Figura 8.** Análisis reológico de la extensibilidad, tenacidad y elasticidad de las 3 % de sustituciones estudiadas.



**Fuente:** Loja, 2015.

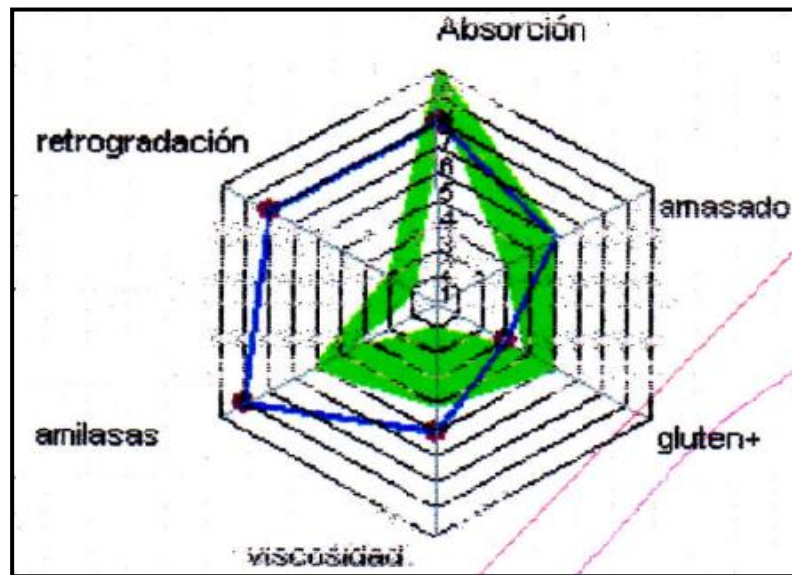
Como podemos ver en la figura 8 la formulacion con 5 % de sustitución presenta una extensibilidad de 2,52 mm frente al de patron (3,07 mm), mientras que las formulaciones con 7 y 15 % no presentan ningun milimetro de extensivilidad la masa es



debil y se rompe al iniciar la prueba en el alveografo. La tenacidad o dureza de las masas no presentan diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en ninguna formulacion, estadisticamente todas presentan igual dureza.

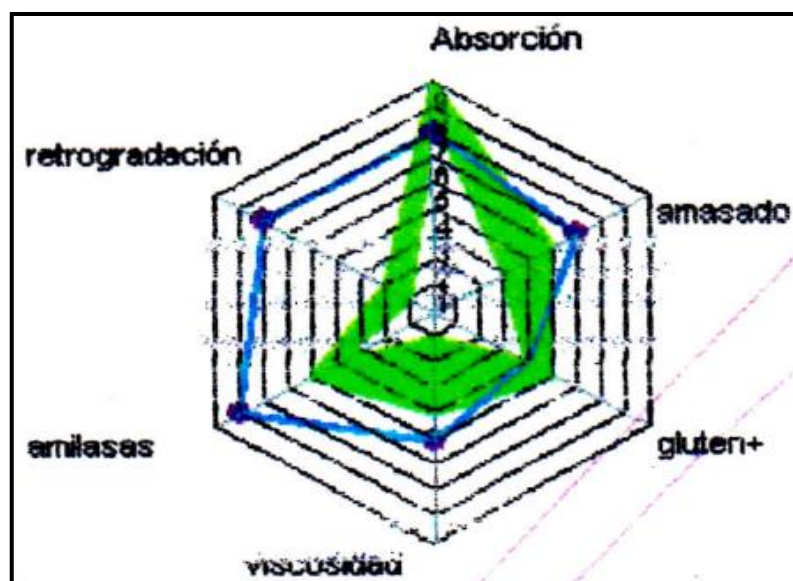
A continuacion en la figura 9, 10 y 11 se presentan las caracteristicas reologicas de los tres porcentajes de sustitucion estudiados (5, 7 y 15 %).

**Figura 9.** Características reológicas de las harinas compuestas (5 % de sustitución)



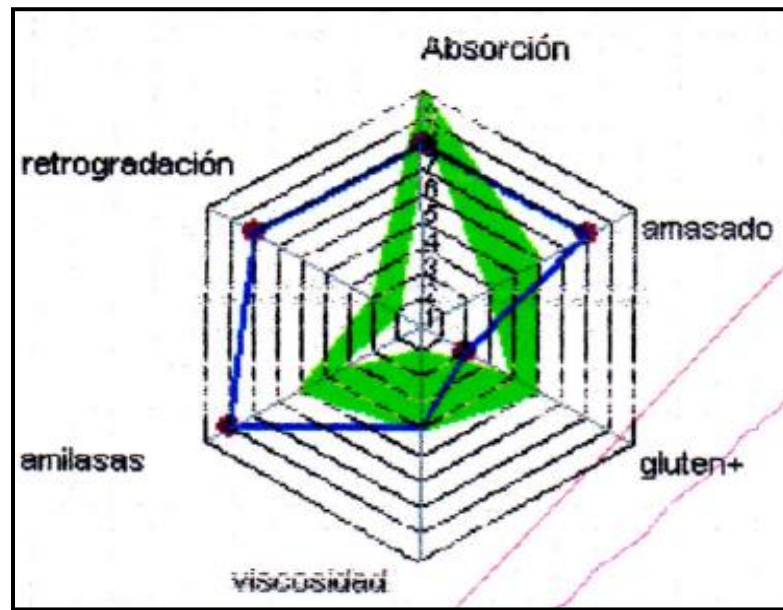
Fuente: LACONAL- UTA, 2014.

**Figura 10.** Características reológicas de las harinas compuestas (7 % de sustitución)



Fuente: LACONAL- UTA, 2014.

**Figura 11.**Características reológicas de las harinas compuestas (15 % de sustitución)



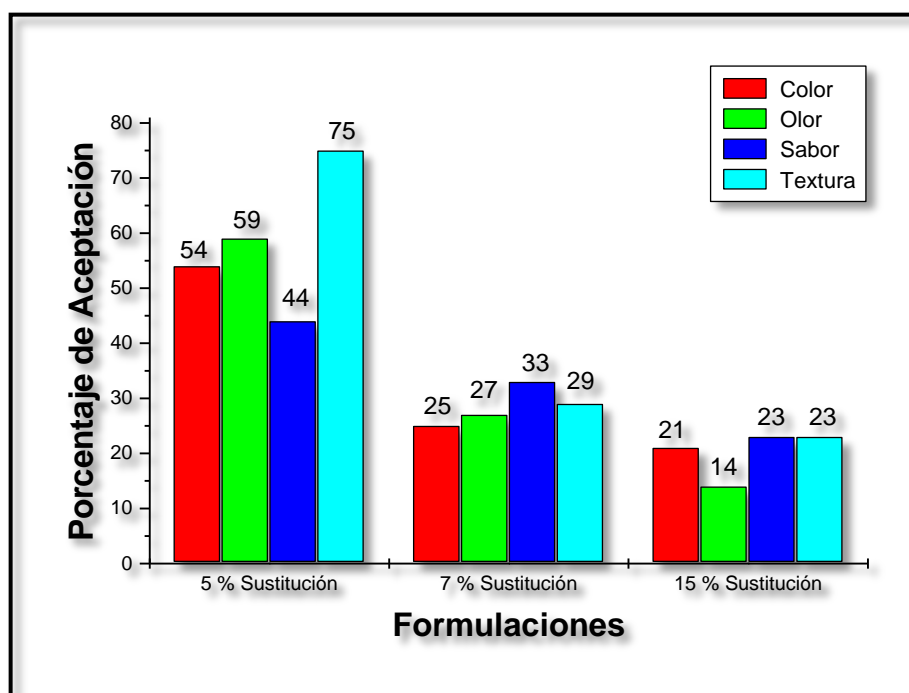
**Fuente:** LACONAL- UTA, 2014.

Como podemos observar en la figura 9, 10 y 11 todos los porcentajes de sustitución tienen un índice de absorción de agua de 7, difieren en el índice de amasado, tal es el caso la formulación con 5 % de sustitución tiene un índice de 5, la de 7 % el índice es de 6 y la de 15 % un índice de 7; la fuerza de gluten en la formulación con 5 % el índice es de 3, en la de 7 % el índice es de 4 y en la de 15 % es de 2; la viscosidad del gel es 5 en la de 5 y 7 % y 4 en la de 15 %; la resistencia de la amilasas es de 8 en todas las formulaciones y la retrogradación del almidón es de 7 en todas las formulaciones estudiadas.

### **3.3.EVALUACIÓN SENSORIALMENTE DEL PAN OBTENIDO, DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum spp*) POR HARINA DE BANANO (*Musa cavendish*).**

El pan al ser el derivado de los cereales más popular no solo por sus cualidades, sensoriales, nutricionales y de accesibilidad del producto. Fue necesario conocer el criterio de los habituales consumidores de este alimento para definir la mejor de las 3 formulaciones estudiadas. A continuación en la figura 12 se muestra los resultados de la evaluación sensorial del color, olor, sabor y textura de pan.

**Figura 12.** Evaluación sensorial del pan (trigo-banano)



**Fuente:** Loja, 2015.

Como nos indica la figura 12 la formulación de pan con 5 % de sustitución de harina de trigo por harina de banano, alcanza la mayor puntuación porcentual en los cuatro atributos sensoriales estudiados (color, olor, sabor y textura), las personas que realizaron la prueba dijeron que la textura es mejor que la del pan elaborado solo con harina de trigo.

### **3.3.1. Análisis Estadístico de la Evaluación Sensorial**

#### **3.3.1.1. Prueba de Comparación Múltiple**

Al estudiar el comportamiento de las 3 formulaciones con respecto al factor (% de sustitución), mediante un análisis de la varianza, el único objetivo fue establecer el grado de aceptación que tuvo el producto (García & Lara, 1998). A continuación en la tabla 4 se muestra la prueba de Tukey realizada al experimento.

**Tabla 4.** Comparación múltiple de las 3 formulaciones estudiadas

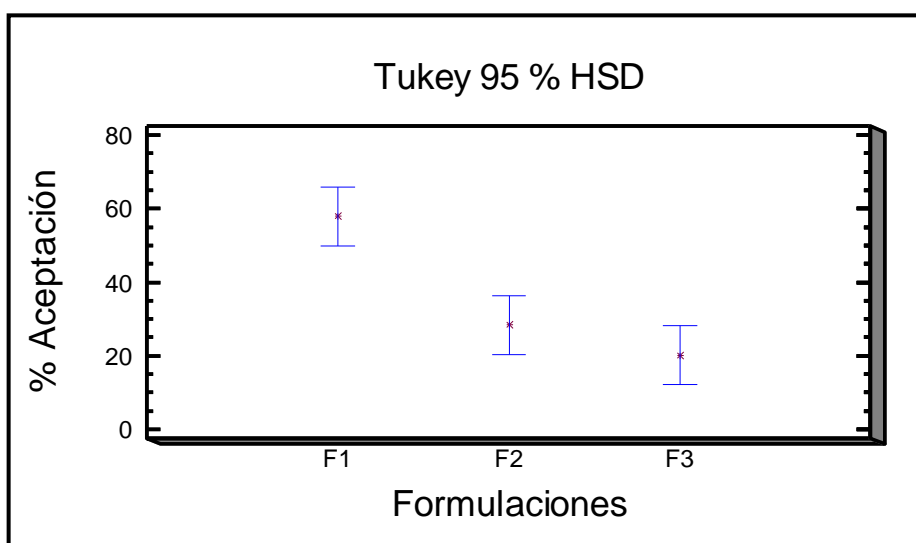
<b>Contraste</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Limites (<math>\pm</math>)</b>
F1 - F2	*29,5	16
F1 - F3	*37,75	16
F2 - F3	8,25	16

\* Indica una diferencia estadísticamente significativa.

**Fuente:** Loja, 2015.

Como podemos apreciar en la tabla 4, el análisis de comparación múltiple nos indica las medias de las formulaciones que difieren entre ellas, la formulación 1 difiere de la 2 y 3. El asterisco colocado junto a 2 pares, indicando que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas en el 95,0% nivel de confianza. El método de Tukey se utilizó para discriminar la diferencia significativa honestamente (HSD).

**Figura 13.** Prueba de Tukey



**Fuente:** Loja, 2015.

La figura 13 nos muestra los intervalos que no se solapan verticalmente corresponden a un par de medios que tienen una diferencia estadísticamente significativa.

### 3.3.1.2. Contraste de Hipótesis

El producto obtenido mediante la sustitución parcial de harina de trigo por la harina de banano, ofrece características reológicas (elasticidad y tenacidad) de la masa similar a la que se utiliza para la elaboración de pan común.

Hipótesis nula: desviación estándar = 0,5

Alternativa: no es igual

Computarizada estadístico Chi-cuadrado = 44,0

P-Value = 0,0000145339 ( $p < 0,05$ )

Rechazar la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Las dos hipótesis para ser probadas son:

Hipótesis nula:  $\sigma = 0,5$

Hipótesis alternativa:  $\sigma < 0,5$

Dada una muestra de 12 observaciones con una desviación estándar de 1,0, el estadístico Chi-cuadrado calculado es igual a 44,0. Dado que el valor P para la prueba es inferior a 0,05, la hipótesis nula es rechazada en un nivel de confianza del 95,0%.

### 3.4. RENDIMIENTO DE LA HARINA COMPUESTA CON MEJORES PROPIEDADES REOLÓGICAS Y SENSORIALES PARA LA ELABORACIÓN DE PAN (5%)

En la elaboración del volumen de la masa depende el número de unidades de pan que se produzcan. El porcentaje de sustitución que presentó las mejores características reológicas y sensoriales fue la del 5 %. Al poseer el 5 % de sustitución mayor índice de fuerza de gluten (3) en relación al patrón (2), la masa es más resistente al calor ya aumenta drásticamente la temperatura de las masas producido por el calor generado en el horno, hace que el gas contenido en los alvéolos del pan luego de la fermentación se expanda, generando el aumento del volumen en el pan (Chopin Technologies, 2015).

## CANTIDAD DE PAN

1000 g de harina de trigo

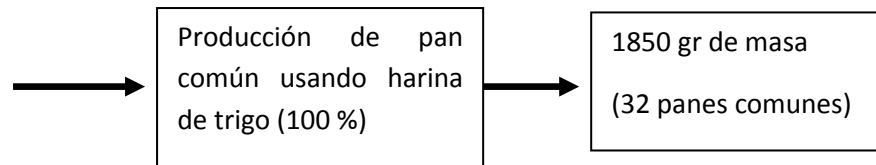
550 ml de agua

120 g de azúcar

20 g de sal

40 g de levadura

120 g de grasa



Para la producción de un lote de 1 kg de harina compuesta trigo-banano con un 5% de sustitución con harina de banano, la dureza de la masa (585 g) es menor en relación al patrón (1044 g) y la el volumen de la masa es ligeramente mayor, produciendo una unidad de pan más que el patrón, ya que los panes se los elabora en función del volumen y no de la masa.

950 g de harina de trigo

50 g de harina de yuca

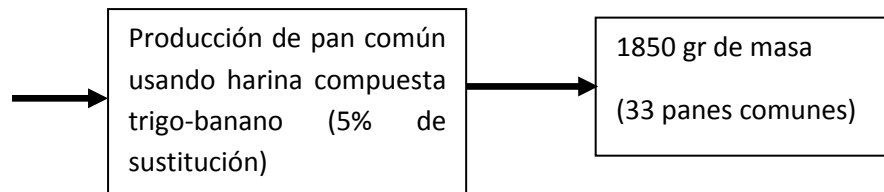
550 ml de agua

120 g de azúcar

20 g de sal

40 g de levadura

120 g de grasa



Como se observa en la producción de pan común usando harina compuesta trigo-banano se obtiene un pan adicional, como resultado de menor dureza de la masa y mayor volumen de la misma. El peso en masa de los panes común es de aproximadamente 50 g, en el horneado pierden 10% de su peso, es decir que el pan final pesa en promedio 45 g.

### **Valor de 1 pan de 45 g =15 centavos**

Al obtenerse una unidad más con la harina compuesta se estaría ganando 15 centavos más por cada kilo de masa producido.

## **4. CONCLUSIONES**

- Se determinó que la harina de banano posee gran cantidad de sólidos totales (90 %), disponibles para ser utilizados en la elaboración de las masas compuestas para la elaboración de pan, lo cual otorga un alto índice de absorción de agua. El bajo porcentaje de humedad y de grasa influye para que el pardeamiento enzimático ocurra a baja velocidad y no se modifique el sabor ni el valor nutritivo.
- La formulación con 5 % de sustitución fue la única formulación que presentó una extensibilidad de 2,52 mm frente al de patrón (3,07 mm), mientras que las formulaciones con 7 y 15 % no presentan ningún milímetro de extensibilidad la masa es débil y se rompe al iniciar la prueba en el alveógrafo. La tenacidad o dureza de las masas no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguna formulación, estadísticamente todas presentan igual dureza. Todos los porcentajes de sustitución tienen un índice de absorción de agua de 7, difieren en el índice de amasado, tal es el caso la formulación con 5 % de sustitución tiene un índice de 5, la de 7 % el índice es de 6 y la de 15 % un índice de 7.
- El análisis sensorial nos indica que la formulación con 5 % de sustitución de harina de trigo por harina de banano, alcanza la mayor puntuación porcentual en los cuatro atributos sensoriales estudiados (color, olor, sabor y textura), las personas que realizaron la prueba dijeron que la textura es mejor que la del pan elaborado solo con harina de trigo.
- El análisis de comparación múltiple nos indica que las 3 formulaciones sí difieren entre ellas, la formulación 1 difiere de la 2 y 3, mientras que la 2 y 3 no

difieren entre ellas. El método de Tukey se utilizó para discriminar la diferencia significativa honestamente (HSD). El estadístico Chi-cuadrado calculado es igual a 44,0. Dado que el valor P para la prueba es inferior a 0,05, la hipótesis nula es rechazada en un nivel de confianza del 95,0%. En conclusión se acepta la hipótesis alternativa: El producto obtenido mediante la sustitución parcial de harina de trigo por la harina de banano, ofrece características reológicas (elasticidad y tenacidad) de la masa similar a la que se utiliza para la elaboración de pan común.

- La masa preparada con la harina compuesta (5 % sustitución) produce un pan más que la masa elaborada con harina de trigo, presentando el 3,1 % más de rendimiento.
- La utilización de un 5% de harina de banano y un 95% de harina de trigo, en la elaboración del pan como producto de consumo masivo, el Ecuador dejaría de importar aproximadamente 32 mil toneladas métricas de trigo molido, lo que equivale a un ahorro de \$ 12.3 millones: “El ahorro para el país sería 12.3 millones de dólares”(Ecuavisa, 2014).



## **5. RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar antioxidantes como el ácido ascórbico (Vitamina C) en concentraciones de 1000 ppm en la elaboración de la harina de banano verde para evitar la oxidación y por ende el cambio de color del pan elaborado con este producto.

Evitar trabajar con bananos con calibre de dedo superior a 45, porque la harina presenta una reacción de oxidación acelerada en comparación con las harinas elaboradas con bananos de calibre de dedo menor a 45.

No trabajar con porcentajes de sustitución mayores a 5%, panes elaborados con porcentajes mayores a 5 presenta elasticidad reducida y el pan no leuda satisfactoriamente y se rompe el pan a inicios del horneado.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aleixandre, J. L. (1996). Procesos de Elaboración de Alimentos. *Ed. U.P.V.,.*
- Aleixandre, J. L., & García, M. J. (1999.). Industrias Agroalimentarias. *Ed. U.P.V.,.*
- Araujo, A. (1989). Manual de panificación. *Técnicas de panificación*, Pág. 274.
- Bingen, D. P. (16 de 06 de 2005). Recuperado el 20 de 01 de 2014, de <http://muehlenchemie.de/downloads-expertenwissen/mc-convenience-plasch-esp.pdf>
- Bourgeois, C. M., & Larpent, J. P. (1995). Microbiología Alimentaria II. *Fermentaciones Alimentarias.*
- CAICEDO, L. H. (2010). *dspace.espol.edu.ec*. Recuperado el 27 de 01 de 2014, de [www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../CAPÍTULO%201.doc](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../CAPÍTULO%201.doc)
- Callejo, M. J. (2002.). Industrias de Cereales y Derivados.
- Cardona, N. (1998). Primer encuentro técnico nacional de producción y transformación de yuca. *Le'Print Club Express. ISBN 958-9328-18-0.*
- Carvel, R. (2004). Molinería y panadería. *El sabor del pan.*
- Chopin Technologies . (2015). Características de la masa durante el amasado y calidad de la proteína y del almidón. *Mixolab 2-Métodos y equipos para el control calidad de los cereales y sus derivados.*
- Circe. (13 de septiembre de 2013). *unpedazodepan*. Recuperado el 22 de Febrero de 2014, de <http://www.unpedazodepan.es/2013/09/con-harinas-y-lo-loco-iv.html>
- CORSUN S.A.C. (2008). *Perfil de Mercado /Harina de Banano*. Chiclayo -Peru.
- Delgado, C. (2010).
- DÍAZ, J. D. (2007). *UNIVERSIADAD CATÓLICA DEL PERÚ*. Recuperado el 04 de FEBRERO de 2014, de *UNIVERSIADAD CATÓLICA DEL PERÚ*: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/309/REQUE\\_JOHNNY\\_ESTUDIO\\_DE\\_PRE-](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/309/REQUE_JOHNNY_ESTUDIO_DE_PRE-)

FACTIBILIDAD\_PARA\_LA\_FABRICACION\_DE\_HARINA\_DE\_ARROZ\_Y\_SU\_UTILIZACION\_EN\_PANIFICACION.pdf?sequence=1

Ecuavisa. (2014).

García, L. J., & Lara, P. A. (1998). Analisis de varianza. *Diseño Estadístico de Experimentos*.

Gil, G. M., Vélez, A. L., Millán, C. L., Acosta, H. M., Díez, R. A., Cardona, T. N., . . . Villa, M. G. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con alto valor nutricional a partir de la harina obtenida del banano verde con cáscara: una nueva opción para el aprovechamiento de residuos de la industria de exportación. *Rev. Producción + Limpia* .

Gimferrer, M. E. (30 de MARZO de 2009). Recuperado el 15 de FEBRERO de 2014, de <http://www.quiveter.com/ftp/articles/A3020409.pdf>

Gomez, M. P.-K. (ENERO de 2005). *WEBQUERY*. Recuperado el 27 de 01 de 2014, de *WEBQUERY*:  
<http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/01/MER/ADAP0000985.pdf>

Hoseney, R., Finney, K., Shogren, M., & Pomeranz, Y. (1969). Functional (Breadmaking) and Biochemical Properties of Wheat Flour Components III. Characterization of Gluten Protein Fraction Obtained by Ultracentrifugation. *Cereal. Chem*, Págs. 126-135.

INEC, I. N. (SEPTIEMBRE de 2011). *WWW.INEC.GOB.EC*. Recuperado el 29 de ENERO de 2014, de *WWW.INEC.GOB.EC*:  
<http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/pdfs/agro14.pdf>

INEN, I. E. (2006). Norma Técnica Ecuatoriana 616.2006. *Harina de Trigo.Requisitos*. Quito, Ecuador.

INIAP. (2014). Banano, Plátano y otras Musáceas. *Programa Nacional del Banano y Plátano*.

- ISAAC, Y. D. (16 de NOVIEMBRE de 2012). *UNIVERSIDAD DE PIURA*. Recuperado el 04 de FEBRERO de 2014, de UNIVERSIDAD DE PIURA: [http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1557/PYT,\\_Informe\\_Final,\\_BANANO,\\_v1.pdf?sequence=1](http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1557/PYT,_Informe_Final,_BANANO,_v1.pdf?sequence=1)
- Khan, K., Tamminga, G., & Lukow, O. (1989). The effect of wheat flour proteins on mixing and baking. Correlations with protein fractions and high molecular weight glutenin subunit composition by gel electrophoresis. *Cereal Chem.* 66(4), Págs. 391- 396.
- Lyndon, C. (1966). Análisis próximo de algunas materias primas colombianas empleadas en nutrición animal. *Revista ICA*, Págs. 47-'57.
- Madrid, A., & Cenzano, I. (2001). *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias*.
- MANUEL, J. (09 de junio de 2004). *Microsoft Word - LA\_MATERIA22.DOC*. Recuperado el 21 de febrero de 2014, de [http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/lvergara/propiedades\\_mecanicas1.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/lvergara/propiedades_mecanicas1.pdf)
- Navarro, M. (15 de DICIEMBRE de 2006). *TENACIDAD*. Recuperado el 21 de FEBRERO de 2014, de *TENACIDAD*: <http://www.ual.es/~mnavarro/Tema%206%20Elasticidad.pdf>
- Navarro, N., & Gimferrer, M. E. (30 de Marzo de 2009). *adiveter*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2013, de <http://www.adiveter.com/ftp/articles/A3020409.pdf>
- Ortiz, S. R. (11 de JUNIO de 2008). *PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CALIDAD DE TRIGO EN EL INSTITUTO DE*. Recuperado el 21 de FEBRERO de 2014, de *PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CALIDAD DE TRIGO EN EL INSTITUTO DE*: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Descargas/ProgramaInvestigacion.pdf>
- PASCAL, L. P. (2004). *FAO*. Recuperado el 27 de 01 de 2014, de *FAO*: <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s03.htm#TopOfPage>
- Ramirez, J. S. (2006). *lamolina.edu.pe*. Recuperado el 22 de Febrero de 2014, de <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Fundamentos%20de%20Reologia.pdf>

- Ruiz, M. G. (MAYO-AGOSTO de 2009). *utm.mx*. Recuperado el 27 de 01 de 2014, de utm.mx: [http://www.utm.mx/edi\\_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf](http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf)
- RUIZ, N. R. (20 de NOVIEMBRE de 2013). *UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA* . Recuperado el 13 de FEBRERO de 2014, de UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA .
- SALCEDO, A. O. (2003). *Estudio del Efecto de la Precocion y Adicion de Inhibidores para Controlar el Pardeamiento del Banano durante la elaboracion de harina precocida*. LOJA ECUADOR: TESIS.
- Siegel, S. (1956). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. New York: *MacGraw-Hill*.
- SINAGAP. (2013 ). *Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*. Recuperado el 29 de 01 de 2014, de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/site-map/2-produccion>
- Soto, M. (1985). Bananos cultivos y comercialización. *Editorial Lil, S.A.* , Pág. 581.
- Tejero, F. (1995). *Panadería Española (2 Vols.)*. *Montagud*.
- Tejero, F. (2010). Defectos de la harina de trigo. *Asesoría Técnica en panificación*, Pág. 2.
- Troxler, S. (2012). Intolerancia al Gluten y la Enfermedad de los Celíacos. *Food and Drug Protection Division*.
- Vega, G. (25 de MAYO-AGOSTO de 2009). *UTM.MX*. Recuperado el 14 de FEBRERO de 2014, de UTM.MX: [http://www.utm.mx/edi\\_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf](http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf)

# ANEXOS

**Anexo 1: Recepción de la materia prima (Banano verde)**



**Anexo 2: Pelado de los bananos verde.**



**Anexo 3:** Troceado de los bananos verdes para la elaboración de harina



**Anexo 4:** Secado del banano verde





**Anexo 5: Molienda de las hojuelas secas de banano**



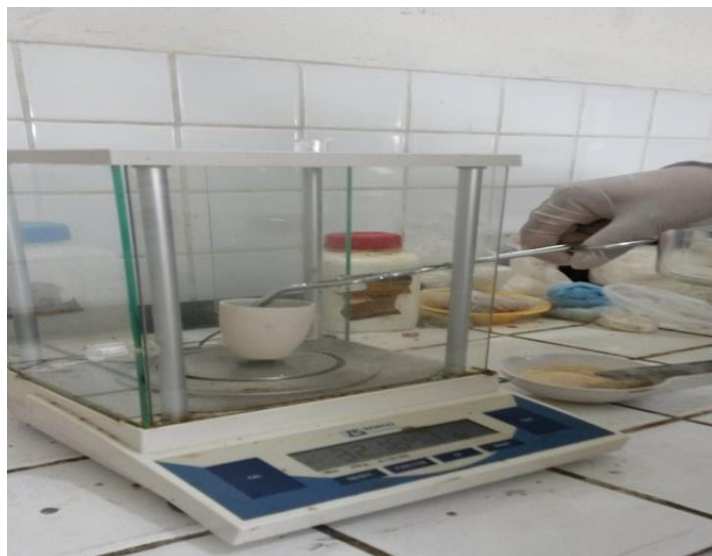
**Anexo 6: Tamizado de la harina de banano**



**Anexo 7: Envasado de la harina de banano**



**Anexo 8: Pesado de muestras para la determinación de humedad en la harina de banano.**



**Anexo 9: Calcinación de muestras para la determinación de cenizas**



**Anexo 10: Deseccación de las muestras de cenizas.**



**Anexo 11: Muestras para el análisis sensorial del pan de harina de banano (5, 7 y 15%)**



**Anexo 12: Panel de degustación del pan con sustitución parcial de harina de banano (5, 7 y 15%)**



## Anexo 13: Análisis reológicos de las harinas compuestas (trigo-banano)



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
 UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400998 Correo: laconal@hotmail.com

### CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

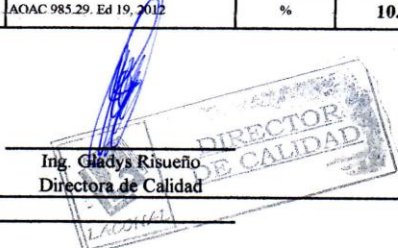
<b>Certificado No:14-351</b>		R01-5.10 06
Solicitud N°: 14-351		Pág.:1 de 2
Fecha recepción: 13 noviembre 2014		Fecha de ejecución de ensayos: 13-17 noviembre 2014
<b>Información del cliente:</b>		
Empresa: Particular		CI/RUC: 0705323798
Representante: Jose Gilberto Loja Macas		Celular: 0939044351
Dirección:		E-mail: rapica47@gmail.com
Ciudad: Pasaje-El Oro		
<b>Descripción de las muestras:</b>		
Productos: Harina, pan		Peso: 400 g c/u
Marca comercial: s/m		Tipo de envase: Funda polipropileno
Lote: s/f		No de muestras:
F. Elb.:n/a		F. Exp.: n/a
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: 30 días
Cierres seguridad: Ninguno: Intactos: X Rotos:		Muestreo por el cliente: 13 noviembre 2014

### RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Masa harina de trigo con sustitución de harina de banano	35114884	5%	Fuerza adhesividad	Texturómetro BROOKFIELD	g	6
			Adhesividad		mJ	0.40
			Resiliencia		Adimensional	0.07
			Longitud extensibilidad		mm	2.52
			Trabajo extensibilidad terminado		mJ	0.10
Masa harina de trigo con sustitución de harina de banano	35114885	7%	Fuerza adhesividad	Texturómetro BROOKFIELD	g	0
			Adhesividad		mJ	0.00
			Resiliencia		Adimensional	0.05
			Longitud extensibilidad		mm	0.00
			Trabajo extensibilidad terminado		mJ	0.00
Masa harina de trigo con sustitución de harina de banano	35114886	15%	Fuerza adhesividad	Texturómetro BROOKFIELD	g	0
			Adhesividad		mJ	0.00
			Resiliencia		Adimensional	0.02
			Longitud extensibilidad		mm	0.00
			Trabajo extensibilidad terminado		mJ	0.00
Masa harina de trigo	35114887	Patrón	Fuerza adhesividad	Texturómetro BROOKFIELD	g	2
			Adhesividad		mJ	0.00
			Resiliencia		Adimensional	0.11
			Longitud extensibilidad		mm	3.07
			Trabajo extensibilidad terminado		mJ	0.00

Documento original de LACONAL

### Anexo 14: Análisis reológicos de las harinas compuestas (trigo-banano)

Certificado N°: 14-351. Pág. 1 de 2						
Pan a base de harina de trigo con sustitución de harina de banano	35114888	5%	Ciclo 1 Dureza	Texturómetro BROOKFIELD	g	585
			Deformación según dureza		mm	6.99
			Adhesividad		mJ	0.2
			Resiliencia		Adimensional	0.19
			Ciclo 2 Dureza		g	368
			Elasticidad		mm	5.73
			Firmeza		g	216
			Masticabilidad		mJ	11.5
Pan a base de harina de trigo con sustitución de harina de banano	35114889	7%	Ciclo 1 Dureza	Texturómetro BROOKFIELD	g	1578
			Deformación según dureza		mm	6.95
			Adhesividad		mJ	1.2
			Resiliencia		Adimensional	0.19
			Ciclo 2 Dureza		g	1141
			Elasticidad		mm	5.41
			Firmeza		g	666.00
			Masticabilidad		mJ	35.4
Pan a base de harina de trigo con sustitución de harina de banano	35114890	15%	Ciclo 1 Dureza	Texturómetro BROOKFIELD	g	990
			Deformación según dureza		mm	6.98
			Adhesividad		mJ	0.6
			Resiliencia		Adimensional	0.19
			Ciclo 2 Dureza		g	770
			Elasticidad		mm	5.17
			Firmeza		g	4.54
			Masticabilidad		mJ	23.0
Pan a base de harina de trigo con sustitución de harina de banano	35114891	Patrón	Ciclo 1 Dureza	Texturómetro BROOKFIELD	g	1044
			Deformación según dureza		mm	6.56
			Adhesividad		mJ	0.5
			Resiliencia		Adimensional	0.16
			Ciclo 2 Dureza		g	658
			Elasticidad		mm	4.84
			Firmeza		g	409
			Masticabilidad		mJ	19.6
Harina de banano	35114892	100%	*Fibra dietética total	AOAC 985.29. Ed 19, 2012	%	10.7
Conds. Ambientales: 21.2° C; 50% HR						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						

## Anexo 15: Analisis de las características reologicas (5 % sustitución)

### LACONAL-35214893\_5%

Fecha: 26/11/2014 Hora: 14:29

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,2 %

índice: 7-53-587

Protocolo: Chopin+

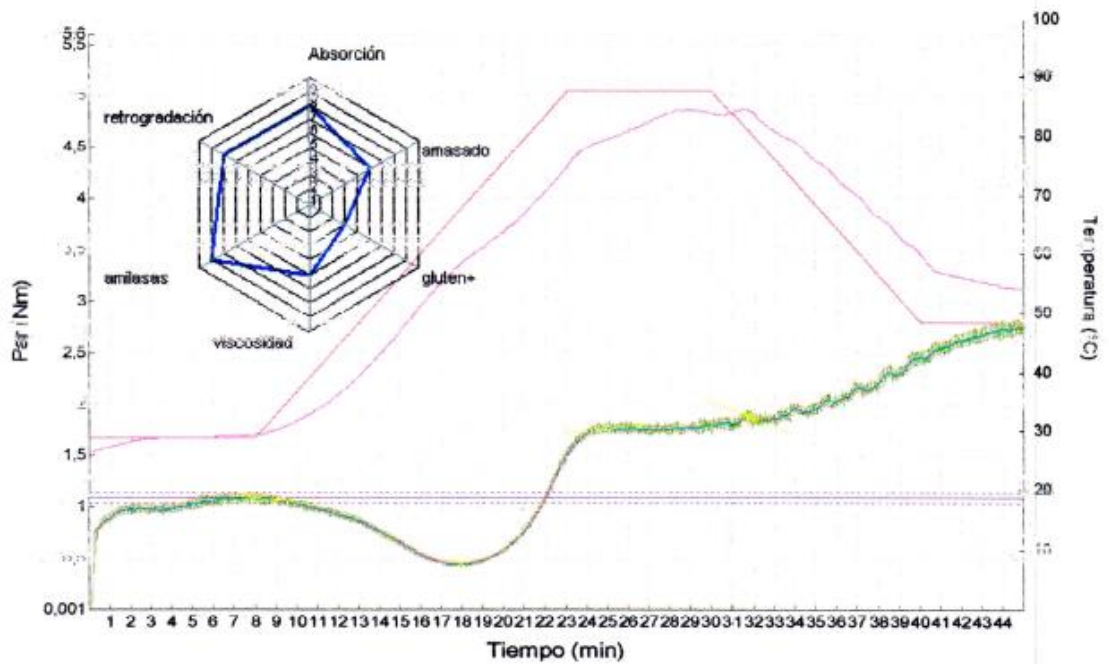
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7,83	1,10	30,4	0,10	10,60
C2	17,92	0,45	60,1		
C3	31,70	1,90	86,9		
C4	32,07	1,84	85,9		
C5	45,05	2,76	55,8		

$\alpha$ :	-0,024	Nm/min
$\beta$ :	0,018	Nm/min
$\gamma$ :	-0,062	Nm/min



## Anexo 16: Analisis de las características reológicas (5 % sustitución)

LACONAL-35214893\_5%

Fecha: 26/11/2014 Hora: 14:29

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,2 %

Índice: 7-53-587

Protocolo: Chopin+

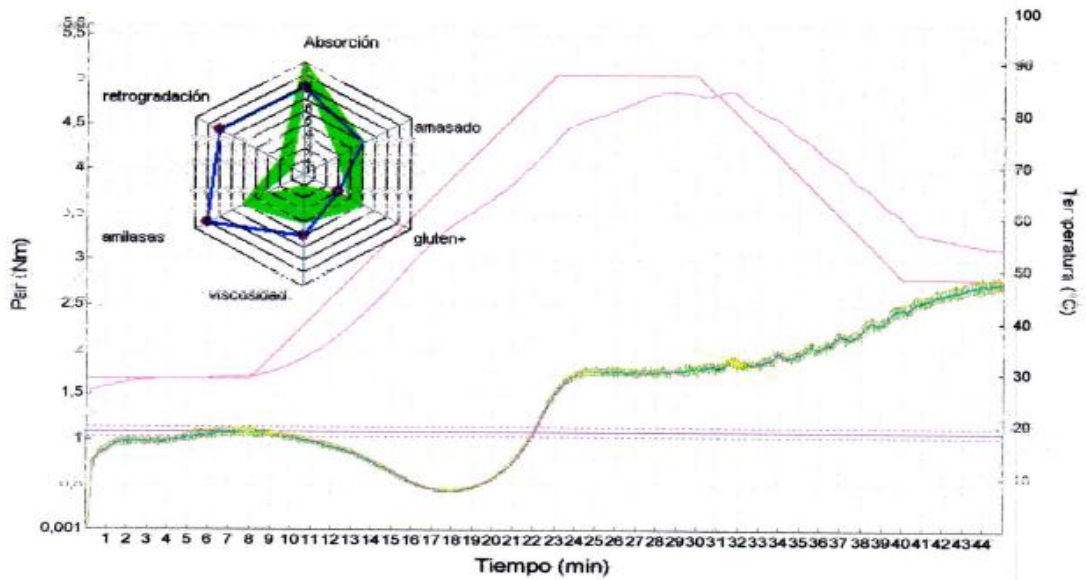
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7,83	1,10	30,4	0,10	10,60
C2	17,92	0,45	60,1		
C3	31,70	1,90	86,9		
C4	32,07	1,84	85,9		
C5	45,05	2,76	55,8		

$\alpha$ :	-0,024	Nm/min
$\beta$ :	0,018	Nm/min
$\gamma$ :	-0,082	Nm/min





## Anexo 17: Analisis de las características reologicas (5 % sustitución)

LACONAL-35214893\_5%\_S\_1

Fecha: 26/11/2014 Hora: 16:13

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,2 %

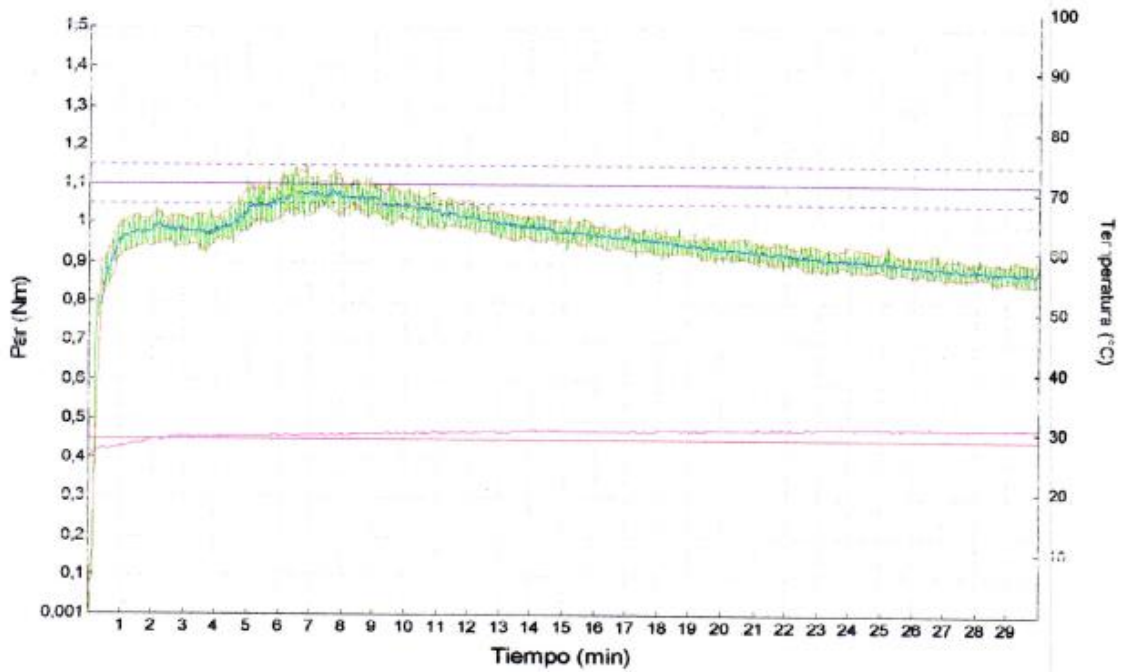
Protocolo: Chopin S

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Chopin S
Absorción	60,7 %
Tiempo de desarrollo	3,5 min
Estabilidad	15,0 min
Debilitamiento (Equ. UF)	20 UF
Debilitamiento (Nm)	0,04 Nm
Cmax	1,08 Nm



## Anexo 18: Analisis de las características reologicas (7 % sustitución)

### LACONAL-35214894

Fecha: 26/11/2014 Hora: 11:46

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,3 %

Índice: 7-64-587

Protocolo: Chopin+

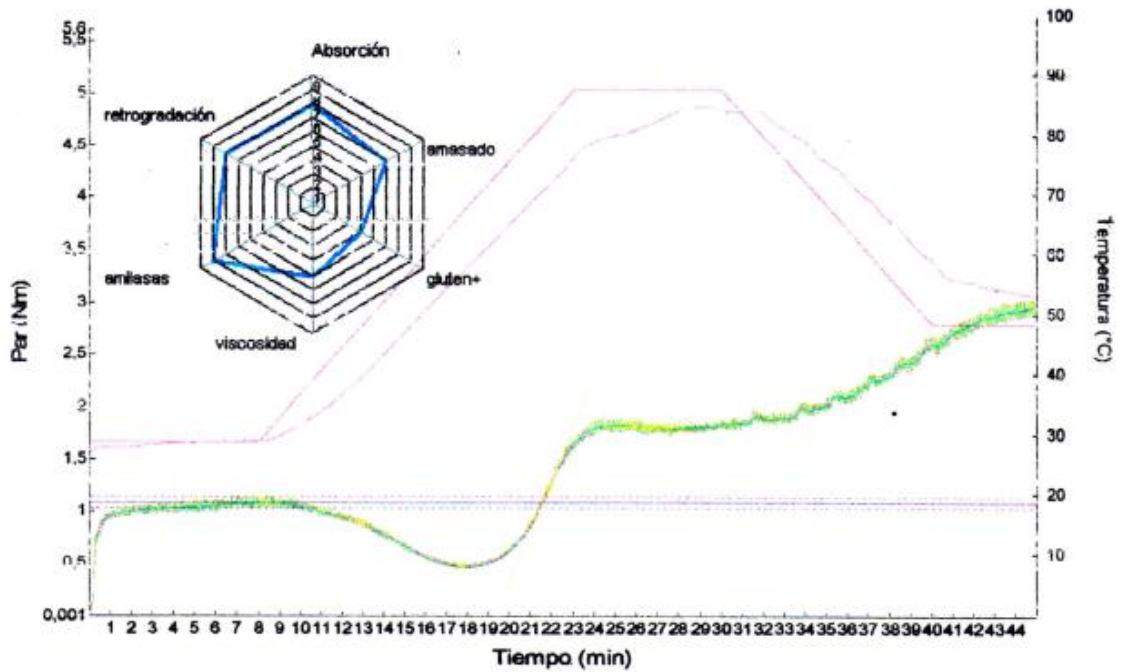
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,27	1,11	30,3	0,09	11,07
C2	17,68	0,48	58,8		
C3	25,92	1,84	83,2		
C4	27,58	1,79	85,9		
C5	45,05	2,98	54,9		

$\alpha$ :	-0,076	Nm/min
$\beta$ :	0,486	Nm/min
$\gamma$ :	-0,006	Nm/min



## Anexo 19: Analisis de las características reológicas (7 % sustitución)

### LACONAL-35214894

Fecha: 26/11/2014 Hora: 11:46

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,3 %

Índice: 7-64-587

Protocolo: Chopin+

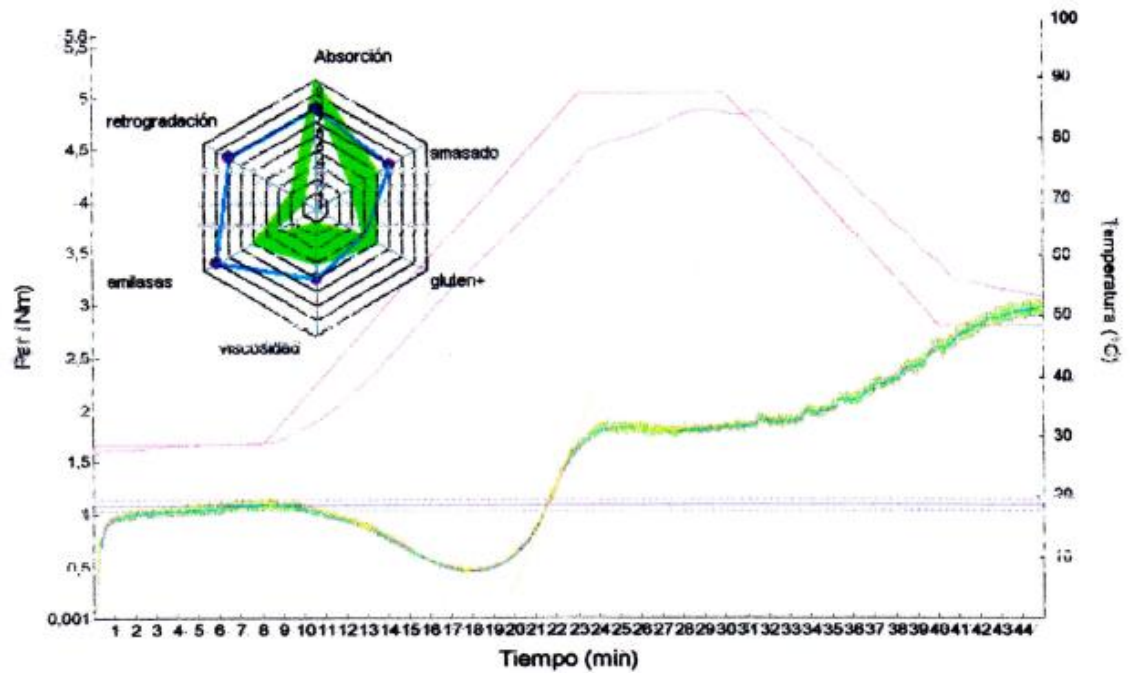
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (°C)	AMP/UMD (Nm)	ERR/UMD (min)
C1	8,27	1,11	30,3	0,09	11,07
C2	17,68	0,48	58,8		
C3	25,92	1,84	83,2		
C4	27,58	1,79	85,9		
C5	45,05	2,98	54,9		

$\alpha$ :	-0,076	Nm/min
$\beta$ :	0,486	Nm/min
$\gamma$ :	-0,006	Nm/min



## Anexo 20: Analisis de las características reologicas (7% sustitución)

LACONAL-35214894

Fecha: 26/11/2014 Hora: 13:42

Muestra:

Hidratación: 60,1 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,3 %

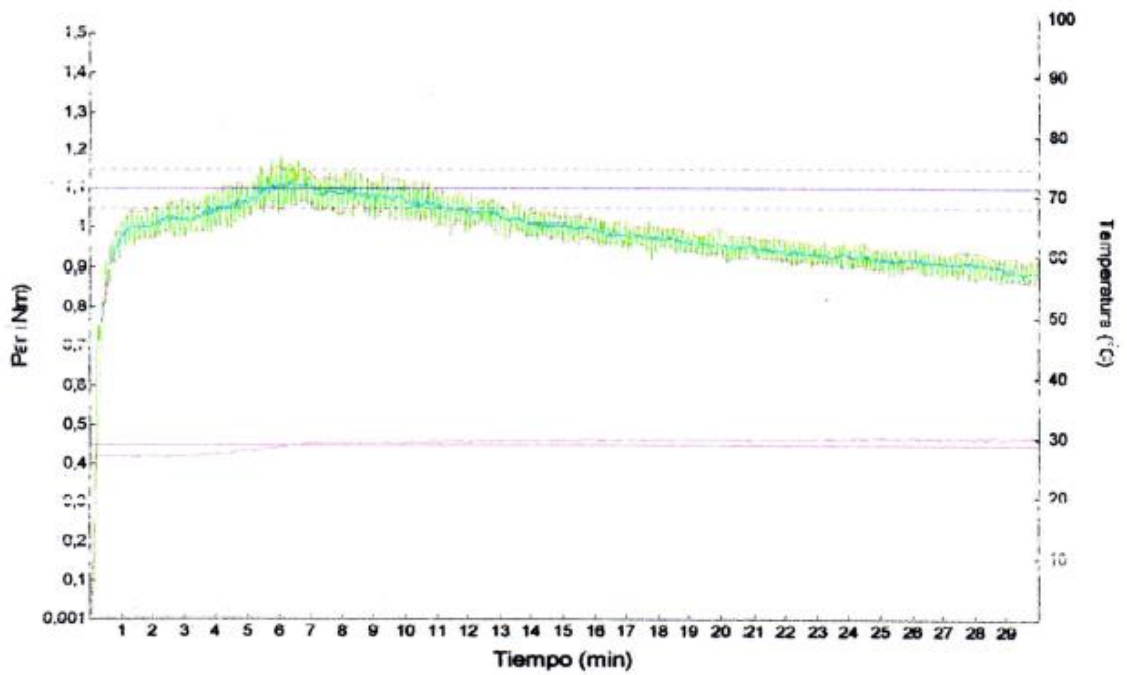
Protocolo: Chopin S

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Chopin S
Absorción	61,1 %
Tiempo de desarrollo	4,5 min
Estabilidad	16,5 min
Debitamiento (Equ. UF)	23 UF
Debitamiento (Nm)	0,05 Nm
Cmax	1,13 Nm



## Anexo 21: Analisis de las características reologicas (15 % sustitución)

### LACONAL-35214895\_15%

Fecha: 26/11/2014 Hora: 17:04

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,7 %

Índice: 7-72-487

Protocolo: Chopin+

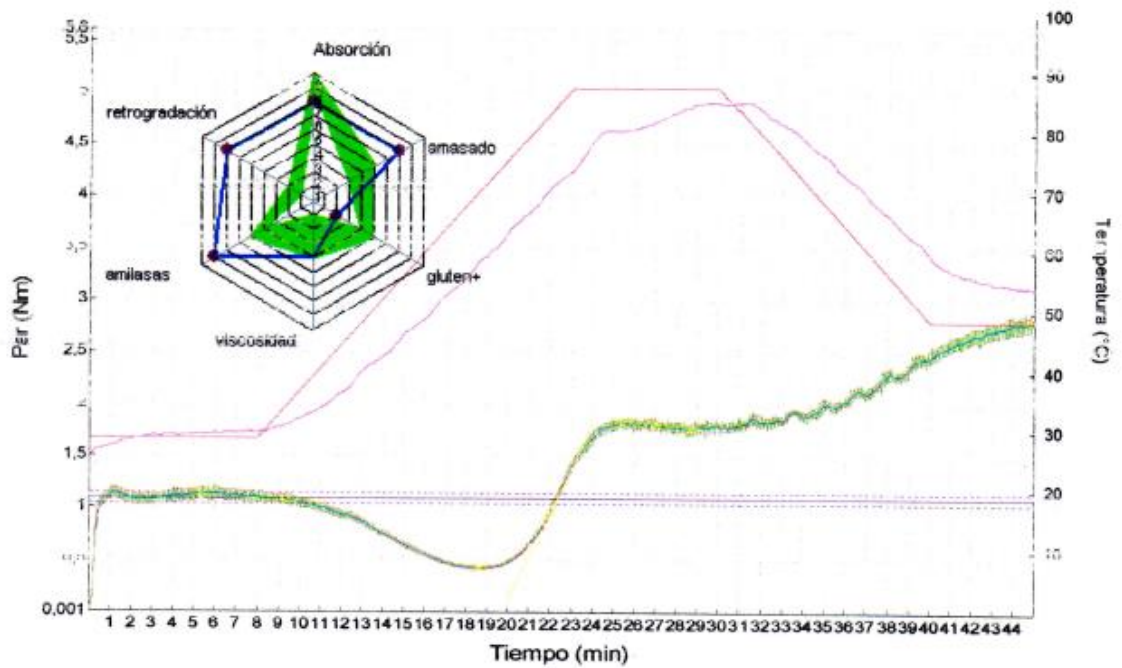
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5,35	1,15	30,6	0,10	10,87
C2	18,63	0,43	60,4		
C3	25,43	1,83	82,8		
C4	28,70	1,77	86,9		
C5	45,03	2,80	55,7		

$\alpha$ :	-0,010	Nm/min
$\beta$ :	0,422	Nm/min
$\gamma$ :	-0,018	Nm/min



## Anexo 22: Analisis de las características reologicas (15 % sustitución)

LACONAL-35214895\_15%\_S\_6

Fecha: 01/01/2008 Hora: 05:54

Muestra:

Hidratación: 63,2 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,7 %

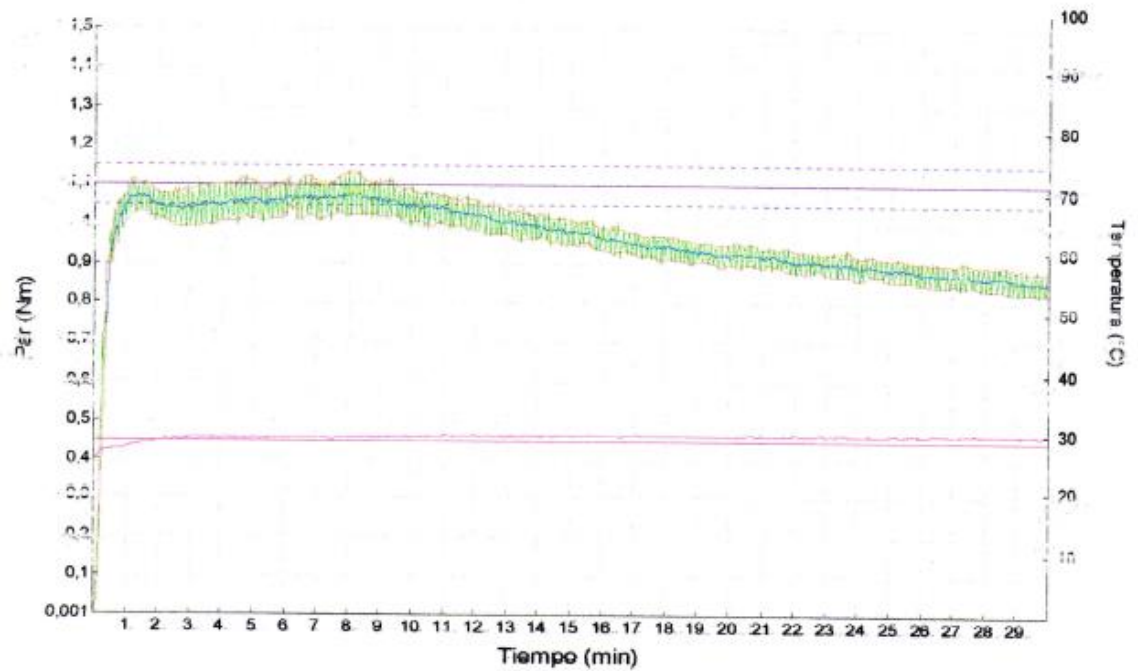
Protocolo: Chopin S

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Chopin S
Absorción	64,0 %
Tiempo de desarrollo	3,5 min
Estabilidad	8,5 min
Debitamiento (Equ. UF)	41 UF
Debitamiento (Nm)	0,09 Nm
Cmax	1,08 Nm



## Anexo 23: Analisis de las características reologicas (15 % sustitución)

### LACONAL-35214895\_15%

Fecha: 26/11/2014 Hora: 17:04

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,7 %

Indice: 7-72-487

Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5,35	1,15	30,6	0,10	10,87
C2	18,63	0,43	60,4		
C3	25,43	1,83	82,8		
C4	28,70	1,77	86,9		
C5	45,03	2,80	55,7		

$\alpha$ :	-0,010	Nm/min
$\beta$ :	0,422	Nm/min
$\gamma$ :	-0,018	Nm/min

