

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de Alimentos.



**“CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA HARINA DE PLÁTANO VERDE  
(*Musa acuminata* AA y *Musa acuminata* AAA) Y SU ENRIQUECIMIENTO,  
PARA LA ELABORACIÓN DE PANES CACHITOS.”**

**TESIS**

**Para optar el título de:**

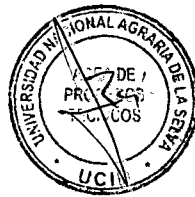
**Ingeniero en Industrias Alimentarias**

**VELÁSQUEZ FLORES MARIELA KARÍN**

**Promoción 2010 –II.**

**Tingo María – Perú**

**2012**



**Q02**

**V38**

**Velásquez Flores, Mariela Karin**

Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano verde (*Musa acuminata* AA y *Musa acuminata* AAA) y su enriquecimiento, para la elaboración de panes "cachitos". Tingo María 2011

97 páginas; 6 cuadros; 19 fgrs.; 77 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

**1. PLÁTANO VERDE**

**2. FIBRA**

**3. PANES**

**4. HARINAS**

**5. PROTEÍNAS**

**6. TRIGO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**Tingo María**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156  
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 30 de diciembre de 2011, a horas 5:10 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por la Bach. **VELASQUEZ FLORES, Mariela Karin**, titulada:

### **“CARACTERIZACION FISICOQUÍMICA DE LA HARINA DE PLATANO (*Musa acuminata* AAA y *Musa acuminata* AA) Y SU ENRIQUECIMIENTO PARA LA ELABORACION DE PANES “CACHITOS”**

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO** en consecuencia la Bachiller, queda apta para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 05 de enero de 2012

M.Sc. Jorge Castro Gracey  
Presidente

Ing. Eduardo Cáceres Almenara  
Miembro

Bigo. Julio Giraldo Huayta  
Miembro

Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez  
Asesor

## **DEDICATORIA.**

A Dios, quien es mi pastor que me conduce por el buen camino y siempre esta conmigo.

A mi familia, en especial a mi madre Argelia Flores Dávila, a mis hermanas y sobrinos (as); porque ellos fueron mi motivación para seguir adelante y no caer ante los obstáculos.

A Ricardo Miguel Quintana Romero por haberme brindado su apoyo para poder cumplir con mis objetivos; y también por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles.

En memoria de mi recordado padre Luis Enrique Velásquez Reyna y a mi abuelita Gudelia Dávila Cárdenas, quienes desde la eternidad guían mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS.**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser mi alma mater y formarme profesionalmente durante mis estudios de pregrado.
- A la Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez, por su asesoramiento, respaldo y amistad.
- A mis grandes amigos, con quienes compartí experiencia a lo largo de mi formación profesional; más aún a Ríos Silva Cristian y Hurtado Vela Pierina que estuvieron a mi lado en la investigación brindándome su apoyo y levantándome el ánimo en momentos de flaqueza, ellos son como mis hermanos.
- A los jefes y técnicos de los laboratorios de Tecnología de carnes, Nutrición animal y Química, por haberme permitido trabajar con ustedes en los laboratorios antes mencionados.

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del trigo.....	3
2.1.1. Definición.....	3
2.1.2. Origen.....	4
2.1.3. Clasificación taxonómica.....	5
2.2. Generalidades del plátano.....	5
2.2.1. Definición.....	5
2.2.2. Clasificación botánica.....	7
2.2.3. Variedades.....	7
2.2.4. Composición química.....	8
2.2.5. Aplicaciones.....	9
2.3. Generalidades de la harina.....	10
2.3.1. Definición.....	10
2.3.2. Valor nutritivo de las harinas.....	10
2.3.3. Tipos de harinas.....	11
2.3.4. Harinas compuestas.....	13
2.3.5. Harina de plátano.....	14
2.3.6. Control de calidad de las harinas.....	16

2.4.	Generalidades de los panes.....	20
2.4.1.	Definición.....	20
2.4.2.	Tipos de pan.....	21
2.4.3.	Características del pan.....	23
2.4.4.	Materias primas.....	23
2.4.5.	Proceso de elaboración.....	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1.	Lugar de ejecución.....	30
3.2.	Materia prima.....	30
3.3.	Equipos, materiales y reactivos.....	31
3.3.1.	Materiales de laboratorio y/o proceso.....	31
3.3.2.	Equipos de laboratorio y/o proceso.....	32
3.3.3.	Reactivos y soluciones.....	32
3.4.	Métodos de análisis.....	33
3.4.1.	Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano verde de dos variedades.....	33
3.4.2.	Caracterización física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde.....	34
3.4.3.	Determinación de la formulación para la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.....	34
3.4.4.	Cuantificación de fibra bruta en las mejores formulaciones de panes. ...	35

3.5. Metodología experimental.....	35
3.5.1. Preparación de la muestra.....	35
3.5.2. Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano verde de dos variedades.....	36
3.5.3. Caracterización física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde.....	38
3.5.4. Determinación de la formulación para la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.....	39
3.5.5. Cuantificación de fibra bruta en las mejores formulaciones de los panes.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	47
4.1. Caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano verde de dos variedades.....	47
4.1.1. Humedad.....	47
4.1.2. Proteína.....	48
4.1.3. Grasa.....	48
4.1.4. Ceniza.....	49
4.1.5. Fibra bruta.....	51
4.1.6. Carbohidratos.....	51
4.1.7. pH.....	52
4.1.8. Acidez.....	52
4.1.9. Color.....	53



4.2.	Caracterización física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde.	54
4.2.1.	Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS).	54
4.2.2.	Índice de absorción de agua (IAA).	57
4.2.3.	Retención de gas (RG).	58
4.3.	Determinación de la formulación para la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.	64
4.3.1.	Evaluación fisicoquímica de los panes.	64
4.3.2.	Evaluación sensorial.	71
4.4.	Cuantificación de fibra bruta en las mejores formulaciones de panes.	77
V.	CONCLUSIONES.	83
VI.	RECOMENDACIONES.	84
VII.	ABSTRACT.	85
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	86
IX.	ANEXOS.	98

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición química de la harina de trigo.....	11
2. Análisis químico proximal para las variedades de harina de plátano y banano.....	15
3. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina de plátano verde.....	50
4. Resultados de las características físicas de las harinas compuestas de trigo- plátano verde.....	55
5. Resultados de la caracterización fisicoquímica de los panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.....	68
6. Resultados de las pruebas sensoriales en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	74

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagen del plátano (izquierda) y banano (derecha).....	06
2. Escala cromática a, b y L .....	37
3. Flujo-grama para la elaboración de los panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.....	40
4. Diseño experimental de la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde .....	43
5. Escala cromática L y b* de las harinas de plátano verde moquicho y morado .....	54
6. Comportamiento del CAAS de las harinas compuestas de trigo-plátano verde .....	56
7. Comportamiento del IAA en las harinas compuestas de trigo-plátano verde .	57
8. Porcentaje de retención de gas en las harinas compuestas de trigo-plátano verde .....	60
9. Comportamiento lineal del volumen de masas panarías de los tratamientos S <sub>0</sub> , S <sub>5</sub> y S <sub>6</sub> .....	62
10. Comportamiento lineal del volumen de masas panarías de los tratamientos S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub> .....	63
11. Volumen específico de panes elaborados con harina de trigo y plátano verde .....	67

12. Color de la miga con respecto a L* de los panes con harina compuestas de trigo-plátano verde .....	70
13. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en el olor de los panes .....	72
14. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en el sabor de los panes .....	73
15. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en la textura de los panes .....	75
16. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en el color de la miga de los panes .....	77
17. Análisis de los componentes principales y conglomerados de los tratamientos con respecto a las pruebas fisicoquímicas .....	79
18. Análisis de los componentes principales y conglomerados de los tratamientos con respecto a la evaluación sensorial.....	80
19. Contenido de fibra en los panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde .....	82

## INDICE DE ANEXOS

Anexos	Página
A-I. Modelo de cartilla de evaluación sensoria .....	199
A-II. Modelo de formulaciones usadas en la elaboración de panes con harinas compuestas trigo: plátano .....	100
A-III. Distribución de las muestras para la evaluación sensorial.....	101
A-IV. Análisis de varianza de la determinación de la capacidad de absorción de agua subjetiva en harinas compuestas de trigo-plátano verde .....	102
A-V. Análisis de varianza de la determinación del índice de absorción de agua en harinas compuestas de trigo-plátano verde .....	102
A-VI. Análisis de varianza de la determinación de retención de gas con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	103
A-VII. Análisis de varianza de la determinación de humedad en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde .....	103
A-VIII. Análisis de varianza de la determinación del volumen en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde .....	104
A-IX. Análisis de varianza de la determinación del pH en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde .....	104
A-X. Análisis de varianza de la determinación del color (L*) de la miga de los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	105
A-XI. Análisis de varianza de la determinación del color (a*) de la miga de los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	105

A-XII. Análisis de varianza de la determinación del color (b*) de la miga de los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	106
A-XIII. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo olor en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	106
A-XIV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo sabor en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	107
A-XV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo textura en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.....	107
A-XVI. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo color de la miga en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde .....	108
A-XVII. Análisis de los componentes principales con respecto a las pruebas fisicoquímicos en los panes .....	108
A-XVIII. Análisis de los componentes principales con respecto a la evaluación sensorial en los panes .....	110

## RESUMEN.

El plátano verde presenta alto contenido de fibra dietética (6% a 15,5%). Este fruto puede ser aprovechado completamente (pulpa y cáscara) para la obtención de harinas y asimismo en la fabricación de panes. El presente trabajo de investigación fue realizado en los laboratorios de nutrición animal, de carnes y de química, de la UNAS. Los objetivos fueron: caracterizar la composición fisicoquímicas de las harinas de plátano verde (HPV), caracterizar la composición física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde, determinar los parámetros para la elaboración de panes con harinas compuestas y sus características fisicoquímicas y sensoriales. Se utilizaron dos variedades de plátano moquicho y morado, en estado verde, para determinar la influencia en la elaboración de panes, con tres niveles de sustitución (7%, 10% y 15%). Se determinó mediante análisis fisicoquímicos (HPV), físicas (harinas compuestas de trigo-plátano verde, también análisis fisicoquímicos y sensoriales en los panes; que los tratamientos que contienen 7% de HPV de ambas variedades resultaron con similares características que el testigo, sin embargo el nivel de sustitución afecto negativamente a las características fisicoquímicas y sensoriales de los panes. En conclusión las HPV presentan diferencia dentro de su composición según la variedad; además son aplicables en un 7% (morado y moquicho) en la panificación.

## SUMMARY

The green banana has a high content of dietary fiber (6% to 15.5%). This fruit can be fully exploited (pulp and peel) to obtain flour and also in the manufacture of bread. This research was conducted in the laboratories of animal nutrition, meat and chemistry of the nails. The objectives were to characterize the physicochemical composition of green banana flour (HPV), to characterize the physical composition composed of wheat flour, green plantain, determine the parameters for the development of composite flours and breads with physicochemical and sensory characteristics. We used two varieties of banana moquicho and purple, green state, to determine the influence on the preparation of breads, with three levels of substitution (7%, 10% and 15%). It was determined by physicochemical analysis (HPV), physical (composed of wheat flour, green plantain, Physico-chemical and sensory analysis also in breads, that treatments containing 7% of HPV in both varieties with similar characteristics were the witness, however substitution level adversely affect the physicochemical and sensory characteristics of bread. in conclusion, the HPV differ in their composition depending on the variety, they are also applicable in a 7% (moquicho purple) in the bakery.



## I. INTRODUCCIÓN.

El plátano (género *Musa*) representa la cuarta fuente de energía para países en vías de desarrollo después del maíz, arroz y trigo (PACHECO-DELAHAYE y TESTA, 2005). El elevado contenido de almidón resistente (79% a 95%), en los frutos verdes de banano y plátano, así como el conocimiento actual del impacto positivo sobre el estado de salud que se deriva de la ingestión del almidón resistente, ha hecho en la últimas décadas se haya incrementado el interés para determinar las propiedades físicas, químicas y funcionales de la harina y almidón de plátano (MADRIGAL *et al.*, 2007).

La harina de trigo, sirve como materia prima fundamental en la elaboración de panes y fideos, que forman una parte importante de la dieta en el Perú y en la mayoría de los países del mundo. Es sabido que el Perú no es un país productor del trigo y tiene que importar grandes cantidades de este cereal, cuyas fluctuaciones en el precio representan una agresión a la economía nacional (LEÓN y VILLACORTA, 2010). Sin embargo este producto puede ser mezclado con dos o más harinas provenientes de cereales, leguminosas, tubérculos u otros vegetales, lo cual es llamada "harinas compuestas". Entre los productos que puede ser aprovechado y utilizado la harina de plátano verde como harinas compuestas, destacan los horneados y en especial el pan, donde la función de la

compuestas, destacan los horneados y en especial el pan, donde la función de la panificación es presentar al trigo en una forma atractiva y palatable. Sin embargo cualquier sustitución de la harina de trigo puede ocasionar cambios en las características reológicas de la masa, también cambios fisicoquímicos y sensoriales en el producto final (PACHECO-DELAHAYE y TESTA, 2005). Pero al mismo tiempo se puede ofertar un pan como fuente de fibra y con menor contenido de gluten dentro de su composición, lo cual beneficiara a un gran sector de consumidores intolerantes al mismo (celíacos) (LEÓN y VILLACORTA, 2010).

Es por ello que en esta investigación se ha estudiado las harinas provenientes de plátanos verdes que no son muy comercializados en el mercado nacional y local como la variedad moquicho y morado; asimismo, la influencia de éste en las características fisicoquímicas y sensoriales de los panes. Por tales motivos se planteó en la presente investigación los siguientes objetivos:

- Caracterizar la composición fisicoquímico de la harina de plátano verde de dos variedades (moquicho y morado).
- Caracterizar la composición física de las harinas compuestas de trigo-moquicho y trigo-morado.
- Determinar la formulación para la elaboración de pan "cachito" con harinas compuestas.
- Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de los panes elaborados con harinas compuestas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. Generalidades del trigo.

#### 2.1.1. Definición.

El trigo es el más importante de los cereales y como crece en cualquier tipo de suelo y en climas moderadamente templados, es uno de los cultivos más ampliamente distribuidos por todo el mundo. Se cultivan muchos tipos, pero en alimentación se emplean dos grupos botánicos *Triticum vulgare* y *Triticum durum* el primero se usa para obtener pan y en pastelería; y el segundo para la fabricación de macarrones y similares, se considera el trigo como el mejor cereal de panificación por la proteína que forma su gluten, lo cual permite a la masa formar una estructura celular estable por fermentación o por gasificación química, así se puede obtener un pan de estructura ligera y miga estable (BENNION, 1967). Según HENAO (2004), el grano de trigo comprende tres partes esenciales:

- **Afrecho o salvado:** formado por las capas externas del pericarpio, las capas envolventes del endospermo o aleurona y las del germen, que constituyen el 14% del total del grano y cuyo componente químico mayoritario es celulosa y hemicelulosa, seguido de proteínas, minerales y vitaminas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>.

- **Germen o embrión:** constituye el 3% del total del grano y su finalidad es formar la futura planta. El componente mayoritario de este grupo es la materia grasa, seguido de proteínas (principalmente enzimas), también contiene azúcares, minerales y vitaminas B y E (tocoferol).
- **Endospermo:** constituye el 83% del total del grano y su componente químico mayoritario es el almidón, seguido de proteínas (responsable del gluten) y en un menor porcentaje lípidos. Los gránulos de almidón se encuentran en el interior de células vegetales, llamadas plastidios, cuya composición química son: pentosanas, principalmente seguido de hemicelulosas y  $\beta$ -glucanos.

### 2.1.2. Origen.

El trigo es uno de los cereales más antiguos y más extensamente cultivado. Se estima que fue cultivado por primera vez en 10000 – 15000 años a.c. aproximadamente. Este producto era particularmente importante en Persia, Egipto, Grecia y Europa. Su origen se dio probablemente en las tierras áridas del Asia menor. En la región del Mediterráneo el trigo ha sido, junto con la cebada un cultivo muy extendido ya hace miles de años. En el imperio Romano tuvo un papel central en la alimentación, aunque la introducción del centeno le restó importancia por un tiempo (REPO-CARRASCO, 1998).

### 2.1.3. Clasificación taxonómica.

CALAVERAS (2004) sostiene que el trigo tiene la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino : Eucariontes.
- Subreino : Cosmofitas.
- División : Espermafitas o fanerogamas.
- Subdivisión : Angiospermas.
- Clase : Monocotiledóneas.
- Orden : Glumíferas.
- Familia : Gramineas.
- Género : Triticum.
- Especie : Triticum durum.

## 2.2. Generalidades del plátano.

### 2.2.1. Definición.

En México el término "Plátano" se le denomina tanto a los bananos como a los plátanos; en otros países esta separación de nomenclatura se basa en la forma de consumirse, los bananos son los que se consumen como fruta cruda o fresco y los plátanos los que se consumen cocinados por la razón de que tienen más harina (VASQUEZ, 2005).

- **Diferencia entre plátano y banano.**

La principal diferencia entre un banano y un plátano es su contenido de humedad, el plátano contiene un promedio de 65% de humedad y el banano, 83%. Ya que la hidrólisis, que es el proceso por el cual los almidones se convierten en azúcares, actúa con mayor rapidez en las frutas con un mayor contenido de humedad, por consiguiente los almidones se convierten en azúcares más rápido en los bananos que en los plátanos. Muchos bananos de cocción tienen contenidos de humedad que se encuentran entre los plátanos y bananos de postre. Estas variedades pueden ser cocinadas cuando no están completamente maduras, pero también se maduran suficientemente para poder comer las frutas crudas. En resumen el plátano no se puede comer crudo, se debe freír o asar, ya sea verde (tiene un sabor salado) o maduro (tiene un sabor más dulce). Es una comida muy típica en algunos países latinoamericanos y se come como acompañante de la comida (APPT, 2007).



Figura 1. Imagen del Plátano (izquierda) y banano (derecha).

### **2.2.2. Clasificación botánica.**

La planta del plátano al igual que la del banano son monocotiledóneas, que por poseer sépalos coloreados y ovario adherente ínfero, se han situado dentro del orden de las escitamiáceas. Los plátanos y bananos comestibles hacen parte de la familia de las musáceas, que a su vez está dividida en tres subfamilias, uno de los cuales es la musoidea. La subfamilia musoidea está formada por dos géneros como son el *Ensete* y el *Musa*, siendo este último el de mayor interés para el hombre, ya que incluye un gran número de especies comestibles (BELALCAZAR, 2001). El género *Musa* está formado por cuatro secciones: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*. La sección *Eumusa* es la de mayor importancia económica y difusión geográfica, ya que en ella se incluyen los bananos y plátanos comestibles. En esta sección, las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* son las más importantes porque por hibridación y poliploidía dieron origen a los plátanos y bananos cultivados (VASQUEZ, 2005).

### **2.2.3. Variedades.**

Castañeda (1979) citado por INGA (2003) afirma que los plátanos comestibles se han originado de dos especies triploides y de las hibridaciones, entre estos destacan: *Musa acuminata* AAA y *Musa balbisiana* BBB. Basándose en estas características los plátanos comestibles se agrupan de la siguiente manera:

- **Grupo 1:** De mesa, conocidos como bananos, triploides AAA, presentan las siguientes variedades: seda, cavendish y lacatan.
- **Grupo 2:** De cocina, como plátanos triploides BBB, presentan las siguientes variedades: Inguiri, bellaco y guayabo.
- **Grupo 3:** De mesa y cocina, conocidos como plátanos triploides ABB, no son muy difundidos en el mundo y presenta la siguiente variedad: Isla.

Por otro lado APPT (2006) indica que los cultivares que derivan de *Musa acuminata* son:

- **AA:** Plátano Moquicho o plátano de oro.
- **AAA:** Plátanos seda o Gros Michel, Cavendish enano y gigante, Valery, lacatan, Williams y Morado.
- **AAAA:** Plátano "I C2" producto del cruce de Gros michel y *Musa acuminata* silvestre.

#### **2.2.4. Composición química.**

BELALCAZAR (2001) sostiene que en 100 g de pulpa pueden estar conformados en su mayor parte por agua (66,2%) y otros componentes químicos de naturaleza orgánica e inorgánica, como los hidratos de carbono (30,7%), proteínas (1,3%), grasas (0,3%), vitaminas y cenizas (0,8%). El número de calorías alcanza un valor 122; dentro de lo hidratos de carbono, priman por su contenido los polisacáridos y disacáridos, cuya cantidad está relacionada



directamente con los procesos de llenado y madurez fisiológica. Tocante a los polisacáridos se encuentran principalmente los almidones (23%) y la celulosa (11%) y entre los disacáridos la sacarosa (0,2 – 4,2%) y la glucosa (4%).

Con respecto a las vitaminas, está constituida principalmente por retinol (58 mg), el ácido ascórbico (20 mg), la tiamina (0,06 mg), la rivoftamina (0,04 mg) y la niacina (0,6 mg). En cuanto a los componentes químicos inorgánicos, estos también varían con acorde del proceso de llenado, al igual que los carbohidratos. Los elementos que contiene son: azufre (0,23 -0,04 ppm), boro (30,5 ppm), calcio (0,18 – 0,06%), cobre (10 – 2,4 ppm), fósforo (0,4 – 0,07%), hierro (54 – 46 ppm), magnesio (0,35 -0,12 %), manganeso (3,1 – 3,5 ppm), nitrógeno (1,8 – 0,28%), potasio (3,6 – 1,1%) y zinc (40 – 2,5 ppm).

### **2.2.5. Aplicaciones.**

Algunas de las aplicaciones comerciales más populares del banano son: papillas infantiles, tajadas de banano (bocaditos, frituras), banano deshidratado (harina, pasa), almidón y bebidas (jugos, bebidas alcohólicas) (NUÑEZ, 2003). Aunque la mayor parte del cultivo de plátano es consumido como fruta fresca, hay otras formas de utilizarlo, tal como, la obtención almidón y harina, para uso alimentario e industrial. Por otra parte el plátano como pulpa se utiliza para la elaboración de alimentos infantiles, como jugo clarificado y plátanos deshidratados. En estado verde se utiliza principalmente para la producción de almidón, pero se utiliza únicamente la pulpa y la cáscara es desechada (AGUIRRE *et al.*, 2007).

## **2.3. Generalidades de la harina.**

### **2.3.1. Definición.**

Las harinas se obtienen por el proceso de molturación del trigo limpio u otras cereal o leguminoso. La harina, sin otro calificativo, se entiende siempre como procedente del trigo. Cuando se trata de harinas procedentes de otros productos se debe indicar (harina de maíz, harina de cebada, etc.) (MADRID y CENZANO, 2001). Debe entenderse por harina sin otro calificativo, el producto finalmente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finalmente triturados de otros cereales deberán llevar añadido, el nombre genérico de la harina del grano del cual procede (CALAVERAS, 2004).

### **2.3.2. Valor nutritivo de las harinas.**

KENT (1987) indica que los nutrientes de la harina de trigo son: hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas y sustancias minerales. La harina de trigo es considerada popularmente como una fuente de hidratos de carbono por ser el almidón el constituyente químico más preponderante, mientras que se suele pasar por alto su valiosa contribución de proteínas, vitaminas particularmente las del grupo B y sustancias minerales. JIMENEZ *et al.* (2009) indican en el cuadro 01 los componentes químicos principales que contiene la harina de trigo.

Cuadro 1. Composición química de la harina de trigo.

Componente g/100g	Harina de trigo
Humedad	12,10 ± 0,40
Cenizas	0,47 ± 0,04
Proteínas	16,20 ± 0,25
Grasa	0,85 ± 0,02
Almidón	64,24 ± 1,05
Fibra dietética	2,95 ± 0,05

Fuente: JIMÉNEZ *et al.* (2009).

Las proteínas son los componentes más importantes de la harina de trigo por la capacidad para formar una masa viscoelástica cuando son mezclados con agua, especialmente las gliadinas y gluteninas, además estas aportan la funcionabilidad de la harina en la panificación. Las proteínas poliméricas proporcionan fuerza y elasticidad a la masa de trigo, mientras que las gliadinas monoméricas son responsables de la viscosidad de la masa (VÁSQUEZ *et al.*, 2009).

### 2.3.3. Tipos de harinas.

PURATOS (1993) indica que para la elaboración de panes, las harinas se clasifican en cuatro tipos, siendo las siguientes:

- **Harina integral:** contiene todas las partes del trigo.

- **Harina completa:** son las más corrientes, se obtiene al moler el trigo, separando sólo el salvado y el germen (sólo se utiliza el endospermo).
- **Harina patente:** es la mayor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo, tiene la mayor cantidad panificadora, es blanda y tiene poca cantidad de cenizas.
- **Harina clara:** es la porción que queda después de separar la patente. En algunas se les llama harina de segunda. Es más oscura y tiene mayor contenido de cenizas.

En cambio MADRID y CENZANO (2001), clasifican a la harina desde el punto de vista comercial, siendo las siguientes:

- **Harina enriquecida:** es aquella a la que se adicionado algún producto que eleve su valor nutritivo (leche en polvo, azúcares, etc.).
- **Harina acondicionada:** es la que mediante tratamientos físicos o adición de ciertos productos (ácido ascórbico, fosfatos, etc.) es mejorada en sus características plásticas y organolépticas.
- **Harina mezclada:** es el resultado de la mezcla de harinas de diferentes cereales, debiendo indicarse cuáles son las harinas integrantes.
- **Harina integral:** es la obtenida por la trituración del cereal, sin la separación de ninguna parte del mismo.
- **Sémolas:** son los productos procedentes de la molturación de los cereales, limpios, libres de restos de sus tegumentos y germen.

- **Harinas malteadas:** son las obtenidas a partir de cereales que hayan sufrido un malteado (tueste) previo, y se clasifican según el contenido en almidón soluble en agua.
- **Harinas dextrinas:** son las que por tratamiento térmico o adición de una pequeña cantidad de ácido no perjudicial contienen dextrinas.

#### **2.3.4. Harinas compuestas.**

El término harina compuesta se refiere a cualquier mezcla de dos o más harinas de cereales; leguminosa, tubérculos, con fines diferentes. Entre los productos desarrollados con esas harinas compuestas destacan los homeados; en especial el pan, donde la función especial de la panificación es presentar a la harina de trigo en forma atractiva, palatable y digerible (TORRES y PACHECO, 2007). Las harinas compuestas se pueden considerar en primer lugar como mezclas de harina de trigo y de harinas procedentes de otros cereales para la elaboración de productos homeados, tanto fermentados como no fermentados, y de pastas. En segundo lugar, se pueden considerar como mezclas de harinas, no enteramente de trigo o de otros productos para utilizarlos como sustitutos de las harinas en la elaboración de los distintos productos tanto tradicionalmente como demás de recientemente desarrollo (DENDY y DOBRASZCZYK, 2004).

Las harinas compuestas son materias primas producto de la sustitución parcial de la harina de trigo, como ingrediente principal en la

elaboración del pan. El uso de las harinas compuestas se presenta, desde el punto de vista económico, como una solución a las limitantes relacionadas con el cultivo del trigo, así como la importación del mismo (SALAZAR *et al.*, 2004), sin embargo, para la utilización de las harinas compuestas, obviamente se necesita de ciertos ingredientes que reemplacen las características funcionales únicas del gluten, para que así prevalezcan las propiedades reológicas y nutricionales características de un buen pan (QUAGLIA, 1991).

### **2.3.5. Harina de plátano.**

Las harinas de plátano están elaboradas a base de la pulpa comestible del plátano verde o inmaduro, que han sufrido una deshidratación, sin que este método afecte a sus componentes (PACHECO *et al.*, 2007). Las características más importantes del proceso para la producción de harinas a partir de plátano y banano es que requiere equipo sencillo, no requiere la cadena de frío, puede aplicarse con el excedente de producción, permite el aprovechamiento de la fruta de rechazo, puede apoyar al control de la oferta y precio de la materia prima; además se considera un proceso sencillo y de bajo costo que permite obtener productos con mejores características de almacenamiento, ya que al eliminar la mayor parte del agua de la fruta (plátano), se disminuye también la actividad acuosa ( $A_w$ ), lo que permiten su conservación a temperatura ambiente en empaque adecuado (MADRIGAL *et al.*, 2007).

La composición químico proximal de la harina de plátano verde de diferentes variedades, se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis químico proximal para las variedades de harinas de plátano y banano (g/100g).

Parámetro	FHIA-17	FHIA-20	FHIA-23	Plátano macho
Humedad	7,63 ± 0,76	4,00 ± 0,69	7,11 ± 0,24	4,71 ± 0,70
Cenizas	2,62 ± 0,12	2,09 ± 0,49	3,28 ± 0,25	1,32 ± 0,30
Grasa	0,57 ± 0,18	0,52 ± 0,19	0,46 ± 0,15	0,26 ± 0,12
Proteína N*6.25	4,21 ± 0,13	3,87 ± 0,13	3,49 ± 0,15	2,34 ± 0,35
Fibra cruda	1,41 ± 0,61	1,25 ± 0,07	1,32 ± 0,18	1,29 ± 0,20
Carbohidratos	83,56	87,67	84,34	90,08

Fuente: MADRIGAL *et al.*, (2007).

### Proceso de elaboración de la harina de plátano.

ROBLES (2007) indica que los procedimientos que sirve de manera óptima para la obtención de harina de la pulpa y/o cáscara de plátano comprenden las siguientes etapas:

- **Lavado:** Lavar las piñas y/o manojos de plátanos con agua a presión, con el fin de eliminar las adherencias y otras impurezas que pudiesen contaminar la harina de plátano obtenida posteriormente, y desmanizar (separar) los plátanos de las piñas y/o anojos.
- **Pelado:** El pelado se realiza de forma manual.
- **Inmersión:** Esta inmersión en solución de dióxido de azufre al 1%, por cinco minutos, se hace con el fin de evitar la oxidación del plátano y los posteriores cambios de color no deseados que se podrían dar.

- **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.
- **Tratamiento térmico:** Este tratamiento se hace con el fin de extraer humedad, la deshidratación se lleva a cabo en secadores de bandejas.
- **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.
- **Cernido:** La harina que se obtiene tiene diferentes tamaños de partícula por lo que la totalidad del producto se debe hacer pasar por un tamiz para obtener las diferentes fracciones por separado y de esta forma se llega a obtener un producto más fino.
- **Empaque:** Una vez lista la harina se puede empacar en bolsas, preferiblemente de polipropileno o celofán.

### **2.3.6. Control de calidad de las harinas.**

Es importante evaluar las características de la harina para predecir su comportamiento durante los procesos de transformación y especialmente de panificación, teniendo en cuenta las siguientes características:



- **Contenido de humedad.**

El contenido de humedad de la harina es una característica muy importante en relación a un almacenamiento seguro, la harina no debe tener más del 5% de humedad (REPO-CARRASCO, 1998).

- **Proteínas: cantidad y calidad.**

Tanto la calidad como la cantidad de la proteína son importantes cuando queremos determinar el uso apropiado para una harina, la cantidad de proteína cruda de una harina está relacionada con el nitrógeno total, especialmente, de las características fisicoquímicas de los componentes del gluten y los criterios para la calidad proteica están relacionados con el gluten; para la harina de trigo se utiliza el factor 5,7 (REPO-CARRASCO, 1998).

- **Prueba de cenizas.**

La prueba de cenizas se utiliza para medir el grado de extracción de la harina, además el valor de ceniza influye en la clasificación de las harinas, siendo para la especial de 0,64% como máximo y la integral 1,41% como mínimo (REPO-CARRASCO, 1998).

- **Prueba de fibra cruda.**

La fibra cruda indica el contenido de  $\alpha$  y  $\beta$  glucanos, celulosa, hemicelulosa, pectinas y lignocelulosas (SURCO y ALVARADO, 2010), el

contenido de este componente en la harina afecta a la calidad del gluten y aumenta la absorción y retención de agua (CALAVERAS, 2004).

- **Acidez.**

Este parámetro depende de las condiciones de suelo, variedad, clima y agrícolas del grano de trigo, el exceso de acidez cambia la calidad del gluten, disminuyendo su elasticidad, su cohesión y su coeficiente de hidratación. La acidez aumenta a medida que la harina envejece y también cuando tienen mayor grado de extracción, las harinas frescas y sin almacenamiento, tienen una acidez de 0,015% (HERNÁNDEZ, 2006).

- **Color de la harina.**

La prueba de color de la harina de trigo informa también sobre el grado de extracción, tal como la prueba de cenizas (REPO-CARRASCO, 1998).

- **Almidón dañado.**

Los granos de almidón (forma y estructura) ponen una cierta resistencia a las fuerzas mecánicas, a la penetración del agua y a la acción de las enzimas, sólo los gránulos dañados del almidón por la molienda y los gelatinizados son susceptibles a la acción de la amilasa que en un almidón nativo (CALLEJO, 2002). El contenido de almidón puede ser estimado mediante la determinación de maltosa o azúcares reductores liberados del almidón por la

acción de las amilasas. Los gránulos dañados pueden ser reconocidos microscópicamente con la coloración del Congo Rojo, porque los gránulos intactos no se tiñen con este colorante (REPO-CARRASCO, 1998).

Según KENT (1987), la calidad panadera de las harinas se mide mediante pruebas fisicoquímicas en las masas, así mismo se puede determinar con diferentes aparatos de laboratorio, entre los que se encuentran los siguientes:

- **El farinógrafo de Brabender:** mide la plasticidad y movilidad de la masa cuando se le somete a amasado continuo a temperatura constante.
- **El extensógrafo de Brabender:** registran la resistencia de la masa a estirarse y la longitud que se estira la masa antes de romperse.
- **El alveógrafo de Chopin:** con aire a presión se insufla en la masa una burbuja hasta que la rompe; el instrumento registra continuamente la presión de aire y el tiempo que pasa antes de que se rompa la masa.
- **El amilógrafo de Brabender:** mide continuamente la resistencia a la agitación de una suspensión de 10% de harina de agua mientras se va elevando la temperatura a la velocidad constante de 1,5°C/min, desde 20°C a 95°C y luego se mantiene a 95°C. Es de utilidad para probar harinas para sopas, etc., para cuyo destino, una característica importante es la viscosidad del producto después de la gelificación y para ajustar la adición de malta a las harinas de panificación.

- **Medidor de absorción de agua:** mide la velocidad de extrusión de la masa por un pequeño orificio bajo condiciones controladas. Mediante pruebas de masas con diferentes cantidades de agua y registrando gráficamente los resultados, se puede estimar la cantidad de agua necesaria para producir masas con características de flujo estándar.

## **2.4. Generalidades de los panes.**

### **2.4.1. Definición.**

El pan ha sido un alimento preponderante en toda la historia de la humanidad, el primer pan hecho metódicamente, apareció en Roma de los Césares, de donde se tiene noticia de los primeros ingenios mecánicos para mezclar las masas. Sin embargo, la evolución del pan empieza 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 molinera. 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 (HENAO, 2004). El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de la harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae* (MESAS y ALEGRE, 2002).

Por otro lado la norma ICONTEC 1963 citado por HERNÁNDEZ (2006) define como pan común al producto poroso obtenido de la cocción de una masa preparada con una mezcla esencialmente compuesta de harina de trigo, levadura, agua potable y sal, la cual puede contener grasa de origen vegetal o animal, aceite hidrogenado, mantequilla, lecitina, margarina, diastasa y clorhidrato de lisina y huevo. En cambio HENAO y ARISTIZÁBAL (2009) indican que un buen pan debe tener la corteza crujiente, de miga de color blanco cremoso, de olor apetitoso, sabroso y con buena conservación. Las materias primas que se utilizan tienen una gran influencia en las variaciones de estas características. Durante el proceso de panificación el pan se ve sometido a transformaciones de tipo físico, químico y biológico, que lo dotan finalmente de cualidades nutritivas y características.

#### **2.4.2. Tipos de pan.**

MADRID y CENZANO (2001) citan a continuación los tipos de pan más importante, citados como tales en el Código Alimentario y en la reglamentación técnico-sanitaria para la fabricación, circulación y comercio del pan y panes especiales. Así tenemos:

- **Pan común:** Sus ingredientes principales son harina de trigo, sal, levadura y agua, sin embargo pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados, dentro de este tipo se incluyen: Pan bregado y de flama o miga blanda.

**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 el uso de cilindros refinadores en su elaboración.

- **Pan especial:** Es aquel que por su composición, es decir por contener algún insumo o ingrediente especial ya sea harina, leche, huevo, cacao, grasa, etc. Como ejemplo de pan especial podemos citar: Pan integral, con grañones, con salvado, de viena, francés, glutinado, al gluten, tostado, biscote, colines, de huevo y de cereales.
- **Pan integral:** Es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano complejo, 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.

#### **2.4.3. Características del pan.**

MADRID y CENZANO (2001) manifiestan que las características del pan común y especial son los siguientes:

- Su aspecto, textura, color, olor y sabor serán agradables y característicos del producto.
- La acidez no será superior al cinco por mil, expresada en ácido láctico, referida a sustancia seca y determinada sobre extracto acuoso.
- No presentará enmohecimientos, residuos de insectos, sus huevos o larvas o cualquier otra materia extraña que denote su deficiente estado higiénico-sanitario.
- El pan bregado, de miga dura, español o candeal en cualquiera de sus modalidades o características tendrá una humedad máxima de 30%.
- El pan especial tendrá una humedad máxima de 38%.

#### **2.4.4. Materias primas.**

Los principales componentes que se utiliza en la elaboración de pan son: harina, agua, sal y levadura, sin embargo se puede utilizar otros componentes, dependiendo del tipo de pan a elaborar (CALLEJO, 2002).

- **Harina.**

El 85% de las proteínas de la harina de trigo son gliadinas y gluteninas, que son insolubles y que en conjunto reciben el nombre de gluten que tiene la capacidad de formar una red o malla que atrapa al dióxido de carbono. Esta propiedad que posee las proteínas de trigo, le hace panificable, y rara vez se presenta en otro tipo de harina (CALAVERAS, 1996).

- **Agua.**

Es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado le confiere a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad (CALVEL, 1983). La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan (MESAS y ALEGRE, 2002).

- **Sal.**

Su objetivo principal es dar sabor al pan (CALVEL, 1994). Además es importante porque hace la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención del agua (CALVEL, 1983).



- **Levadura.**

En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO<sub>2</sub>. Este dióxido de carbono queda atrapado en la masa a la cual se esponja y aumenta de volumen, a este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa (GUINET y GODON, 1996). La especie que mayormente se utiliza en panadería es *Saccharomyces cerevisiae* (CALLEJO, 2002).

- **Otros componentes.**

Pueden ser simples aditivos o coadyuvantes tecnológicos que se emplean en baja proporción y cuyo único objetivo es favorecer el proceso tecnológico de elaboración del pan. En este caso se les denomina mejorantes y su empleo no significa que el pan elaborado sea un pan especial (MIRALBÉS, 2000). El objetivo de estos ingredientes son: aumentar el valor nutritivo del pan o proporcionarle un determinado sabor. Entre ellos tenemos: leche en polvo, azúcar, huevo, frutas, etc. (TEJERO, 1995).

**Grasa:** Se emplean diferentes tipos de grasas de acuerdo a la formulación; estas son: grasa de origen vegetal o animal, aceite hidrogenado, mantequilla y margarina. Su función es ayudar a fijar los líquidos, obtener productos más suaves, lubricar el gluten manteniéndolo elástico y mejorar la

conservación ya que la grasa disminuye la pérdida de humedad, manteniendo el pan fresco.

**Azúcar:** Se emplean diferentes clases de azúcares como la sacarosa, lactosa, glucosa, maltosa, melaza, miel. Este componente sirve de alimento para la levadura, es responsable de la coloración de la corteza del pan, debido a la caramelización del azúcar, actúa como conservador porque aumenta la presión osmótica, inhibiendo la proliferación de microorganismos, absorbe la humedad ya que es hidroscópica y trata de guardarse con el agua y proporciona suavidad al producto (HERNÁNDEZ, 2006).

**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 colocarse 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 (HENAQ, 2004).

**Mejorantes:** Un mejorante es una mezcla de aditivos alimentarios y otras sustancias, su finalidad es compensar las variaciones en la calidad de las harinas, aumentar el volumen del pan y acelerar la velocidad de fermentación (CALLEJO, 2006).

#### 2.4.5. Proceso de elaboración.

Según HENAO y ARISTIZÁBAL (2009), las etapas para la fabricación de pan son:

- **Pesado:** El pesaje de las materias primas proporciona el conocimiento de las cantidades exactas de los componentes del pan según la formulación a elaborar.
- **Mezclado:** Los componentes del pan deben ser mezclados de manera homogénea para lograr una completa incorporación y garantizarla ausencia de grumos. Los ingredientes sólidos son mezclados y una vez obtenida una mezcla homogénea se adiciona paulatinamente el agua, que proporciona a la masa sus características de elasticidad y extensibilidad conferidas por el gluten en formación.
- **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 se divide en varias fases: rotura y estirado, donde los brazos amasadores estiran la masa, rompiéndola y los fragmentos son lanzados contra las paredes, lo que desarrolla progresivamente el gluten. Soplado y oxigenado, donde la masa se estira al máximo y atrapa el aire con facilidad, quedando disuelto en la masa y formándose burbujas minúsculas de aire,

esenciales para el posterior desarrollo de la estructura esponjosa del pan.

- **Reposo:** Se realiza con el fin de que la masa se vuelva más maleable debido a la producción de gas, ya que este es de gran importancia para el buen desempeño de la masa al momento del formado.
- **Boleado:** Mediante el paso de la masa a través de rodillos se acaba de desarrollar la elasticidad y extensibilidad del gluten para obtener una masa plástica, suave y elástica que permita elaborar panes lisos y de buena presentación y textura final.
- **Corte:** Se realiza con el fin de homogeneizar el tamaño de los panes. Este procedimiento se hace sólo para algunos panes como el tipo común y el tipo hamburguesa.
- **Formado:** Consiste en dar forma simétrica a los trozos de masa. Se debe tener cuidado de no desgarrar la masa en el formado ya que eso reduce el volumen del pan, esta operación está condicionada por la fuerza y la tenacidad de la masa.
- **Fermentación:** La fermentación más importante que ocurre en este proceso es la fermentación alcohólica, en la cual la levadura actúa sobre los azúcares presentes en la masa para producir anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), alcohol, vapor de agua, además de productos aromáticos, como aldehídos y cetonas, que son responsables del sabor del pan, los cuales

son encapsulados por la película de gluten desarrollado durante el amasado, la masa se fermenta a una temperatura entre 28-32 °C.

- **Horneado:** Una vez el pan ha alcanzado su punto correcto de fermentación, éste es horneado a una temperatura que varía según el tamaño de los panes y el tipo de horno, la cual oscila entre 190 - 260 °C. En esta operación suceden tres fases: la primera, cuando las piezas de pan entran al horno la masa no deja de fermentar hasta que alcanza los 45 °C y por consiguiente sigue produciendo gas carbónico y estas burbujas comienzan a dilatarse por efecto del calor. En la segunda fase, se forman los alvéolos de la miga y las enzimas amilásicas degradan 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, la cual causa que la masa se levante un poco más por efecto de los vapores producidos y ocurre una refrigeración natural en el interior de la pieza que le impide hervir. En la tercera fase, la corteza se colorea por el efecto de las dextrinas que se localizan en la superficie del producto. La temperatura al interior de la miga nunca supera los 90-100 °C debido a las reacciones de evaporación de agua y alcohol (HENAO y ARISTIZÁBAL, 2009).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1. Lugar de ejecución.**

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva: Planta Piloto de Carnes, Análisis de Alimentos, Nutricional Animal y Química, que está ubicado en la ciudad de Tingo María; distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, que se encuentra a una altitud de 669 m.s.n.m., a 09° 17' 08" de latitud sur, a 75° 59' 52" de latitud oeste, con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 24°C.

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

La materia prima utilizada fue plátano verde de las variedades: morado (*Musa acuminata* AAA) y moquicho (*Musa acuminata* AA), y la harina de trigo; los cuales fueron obtenidos del mercado de frutas y de abastos de la ciudad de Tingo María, respectivamente.

### **3.3. Equipos, materiales y reactivos.**

#### **3.3.1. Materiales de laboratorio y/o proceso.**

##### **3.3.1.1. Materiales de vidrio.**

- Probetas de 50, 100, 250 ml. Fisher brand, Germany.
- Vasos de precipitación de 50, 200, 500, marca Kimax, U.S.A.
- Lunas de reloj, marca pirex, México.
- Matraz volumétrico de 250, 500, 1000 ml, marca Kimax, U.S.A.
- Pipetas de 2, 5, 10 ml. Fisher brand, Germany.
- Buretas de 25, 50 ml, marca fortuna, Germany.
- Pesa filtro Schot Duran, Germany.
- Crisoles de porcelana, Halden wanger, Berlín.
- Perlas de vidrio, Durcan.
- Balones de digestión, marca pirex, U.S.A.

##### **3.3.1.2. Otros materiales.**

- Jarras medidoras de 250, 500 ml.
- Tabla de picar.
- Platos descartables.
- Vasos descartables.
- Cuchillos de acero inoxidable.

### **3.3.2. Equipos de laboratorio y/o proceso.**

- Balanza analítica, Galaxy Ohaus Electronic, modelo 6161, capacidad 500 g, U.S.A, precisión de 0,0001 g.
- Estufa de circulación de aire caliente, "modelo 18 EM, con siete divisiones y 2 rejillas, U.S.A., precisión" serie 10 AS/5.
- Equipo Micro Kjeldahl, marca pirex, U.S.A.
- Equipo de soxhlet, marca pirex, U.S.A.
- Mufra Heracus. Type 170. Hasta 1000 °C. 220V. U.S.A.
- pH - metro, Marca ATC.
- Colorímetro "Cónica – Minolta CR-400"
- Horno eléctrico de la marca Nova de panadería.
- Molino Willy con tamiz N° 1.
- Determinador de humedad SARTORIUS – MA45.
- Baño María de la marca CHAMBER WATER BATH – GCA CORPORATION.
- Centrifugadora de la marca BUDAPESTI VEGYPARI GEPGYAR, MADE IN HUNGARY, hasta 3000 rpm.

### **3.3.3. Reactivos y soluciones.**

- Hidróxido de sodio, Q.P; 0.1N; 1.25 % Riedel de Haen, Germany.
- Ácido clorhídrico al 35 %, 0.4 M; 0.02N; 10 %. Panreac, Germany.



- Ácido sulfúrico Q.P. 1.25 %, 0.1N. EM Science, Germany.
- Ácido bórico 0.2 %, Riedel de Haen, Germany.
- Catalizador de proteína: óxido de mercurio y sulfato de potasio. Merk, Germany.
- Hexano absoluto Q.P. EM Science, Germany.
- Etanol 96 °G L induquímica S.R. Ltda. Perú.
- Metanol al 50 %. Sigma, Germany.
- Fenoltaleína al 1 % L & H Chemical Products, U.S.A.
- Agua destilada.

### **3.4. Métodos de análisis.**

#### **3.4.1. Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano verde de dos variedades.**

- Humedad se determinó por el método 23,003 (AOAC, 1997).
- Proteína se determinó por el método 991,29 (AOAC, 1997).
- Grasa se determinó por el método 948,15 (AOAC, 1997).
- Cenizas se determinó por el método 942,50 (AOAC, 1997).
- Fibra bruta se determinó por el método de HART y FISHER (1991).
- Carbohidratos, por diferencia restando de 100 el porcentaje de proteína, grasa, humedad, ceniza y fibra bruta (HART y FISHER, 1991).
- pH se determinó por el método descrito por BERNABÉ *et al.* (2007).

- Acidez se determinó por el método descrito por BERNABÉ *et al.* (2007).
- Color se determinó mediante un colorímetro marca "Cónica – Minolta CR-400" (HUNTERLAB, 2001).

#### **3.4.2. Caracterización física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde.**

- Capacidad de absorción de agua subjetiva se determinó por el método descrito por FLORES *et al.* (2002).
- Índice de absorción de agua se determinó por el método descrito por Anderson (1969) citado por FLORES (1997).
- Retención de gas se determinó por el método descrito Defloor *et al.* (1991) citado por SALAZAR *et al.* (2004).

#### **3.4.3. Determinación de la formulación para la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.**

##### **3.4.3.1. Caracterización fisicoquímica de los panes.**

- Humedad se determinó mediante un humectómetro de la marca SARTORIUS – MA45.
- Volumen se determinó por desplazamiento de semilla de linaza (DA MOTA *et al.*, 2004).

- Volumen específico se determinó mediante cálculo matemático descrito por HENAO (2004).
- Densidad aparente se determinó mediante cálculo matemático descrito por HENAO (2004).
- pH se determinó por el método descrito por BERNABÉ *et al.* (2007).
- Color de la miga se determinó mediante un colorímetro marca Cónica –Minolta CR-400 (HUNTERLAB, 2001).

#### **3.4.3.2. Evaluación sensorial de los panes.**

En la evaluación sensorial se tomó en cuenta los atributos de olor, sabor, textura y color de la miga, se utilizó una cartilla (A-I) con una escala hedónica de 5 puntos, siendo para cada aspecto diferente característica (COCHRAN y COX, 1991).

#### **3.4.4. Cuantificación de fibra bruta en las mejores formulaciones de panes.**

- Método de HART y FISHER (1991).

### **3.5. Metodología experimental.**

#### **3.5.1. Preparación de la muestra.**

La preparación de la harina de plátano se realizó de la siguiente manera: se lavó y se peló los plátanos verdes manualmente, luego se cortó en

hojuelas y se colocó en una solución de 0,3% de ácido cítrico/30 min, después se eliminó el agua y se colocó en las bandejas para realizar el secado a 60°C/12 h. Las hojuelas secas fueron molidas y se tamizó a 0,1 um, se envasó en bolsas de polipropileno hasta su análisis, el mismo procedimiento fue para las dos variedades de plátano moquicho y morado (PACHECO-DELAHAYE y TESTA, 2005).

### **3.5.2. Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano verde de dos variedades.**

- **Pruebas químicas.**

Se analizó la humedad, grasa, proteína, cenizas, fibra bruta y carbohidratos, según los métodos descritos en el ÍTEM 3.4.1.

- **pH y acidez.**

Se pesó 10 g de harina y se añadió 100 ml de acetona – agua (5:95) luego se disgregó la mezcla con una varilla durante 1 min hasta su homogenización, se midió el pH, previamente calibrado.

La solución en el cual se mide el pH, también sirvió para determinar la acidez es así que se valoró con NaOH 0,1N, hasta que cambie de color. Sin embargo, antes a la solución se filtró y se agregó 3 gotas de fenolftaleína.

- **Color.**

La determinación del color se realizó con un colorímetro Cónica Minolta CR-400, con el que se midió el color de las harinas de plátano verde, colocadas en una placa Petri cubiertas en una superficie de vidrio plano y transparente, se colocó el equipo sobre esta superficie y se realizó el escaneo del color de las harinas. El principio del equipo se basa en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro, y reflejada por el color blanco, así como la descomposición misma en los colores rojo, azul, amarillo y verde. Los valores que caracterizan a estos colores son a, b y L. El eje L o de luminosidad va de 0 que corresponde al negro, al 100 correspondiente al blanco (figura 2). Los otros dos ejes de coordenadas a y b representan variación del rojo (valores positivos) al verde (valores negativos) y de amarillo (valores positivos) a azul (valores negativos), respectivamente (HUNTERLAB, 2001).

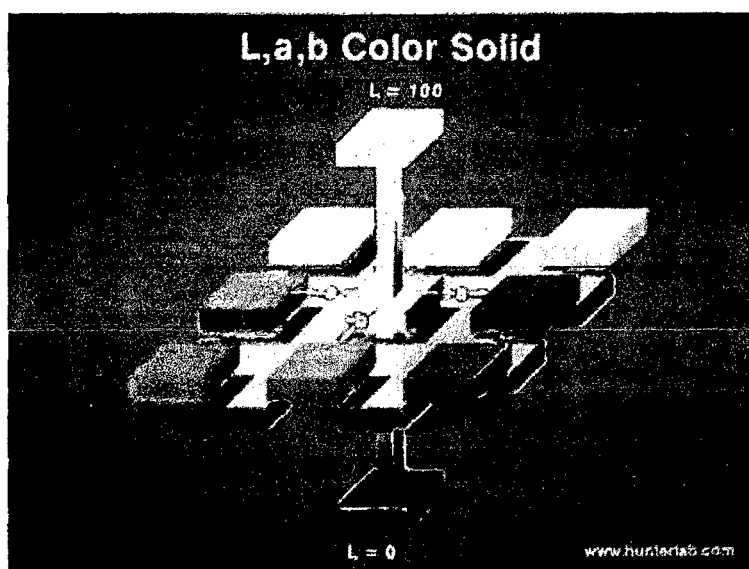


Figura 2. Escala cromática a, b y L.

### 3.5.3. Caracterización física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde.

- **Capacidad de agua subjetiva (CAAS).**

Se determinó pesando 100 g de harina, se adicionó agua de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia. La cantidad de agua se registró como la CAAS.

- **Índice de absorción de agua (IAA).**

Se tomó 1 g de muestra en bases seca y cada una de ellas fue colocado en tubos de centrifuga de 15 ml previamente tarados y se adicionaron 10 ml de agua destilada. Los tubos fueron colocados en un baño María a 30°C durante 20 minutos. Luego se centrifugó a 2000 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se vertió cuidadosamente en vasos tarados para evaporarse en estufa a 60° C durante 16 horas o a peso constante. Por otro lado se determinó el peso del residuo de centrifugación por diferencia de peso de los tubos de centrifugación con el gel. El IAA se determina mediante la siguiente fomula:

$$IAA = \frac{\text{peso del residuo de centrifugación}}{\text{peso seco de la muestra} - \text{peso del residuo de evaporación}}$$

- **Retención de gas (RG).**

Se preparó 200 g de masa panificable de harina compuesta (trigo-plátano verde) a ensayar y se introdujo en una probeta graduada de 500 ml. Luego se midió el aumento de volumen a intervalos de 5 minutos durante 120 minutos a

temperatura ambiente. Se determinó el porcentaje de gas mediante la siguiente fórmula:

$$\%RG = \frac{\text{volumen final} - \text{volumen inicial}}{\text{volumen final}} * 100$$

### **3.5.4. Determinación de la formulación para la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.**

#### **3.5.4.1. Proceso de elaboración de los panes**

El proceso de elaboración de los panes fue preparado en base a la formulación establecida (A-II), las sustituciones de la harina de trigo por la de plátano verde moquicho y morado fueron 7%, 10% y 15%, las etapas a seguir se presentan en el flujograma de la Figura 3, la cual se describe a continuación:

- **Recepción:**

La harina de plátano verde y de trigo, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), mejorador, azúcar, sal, huevo y agua, se recibió verificando las especificaciones requeridas y de acuerdo a los tratamientos establecidos (Figura 4).

- **Pesado:**

Se realizó el pesado de las harinas y los insumos, para ser mezclados.

- **Mezclado:**

Primero se mezcló los ingredientes secos (harina, sal, mejorador, azúcar y levadura); luego los húmedos (huevo, manteca y agua), el agua se adicionó poco a poco.

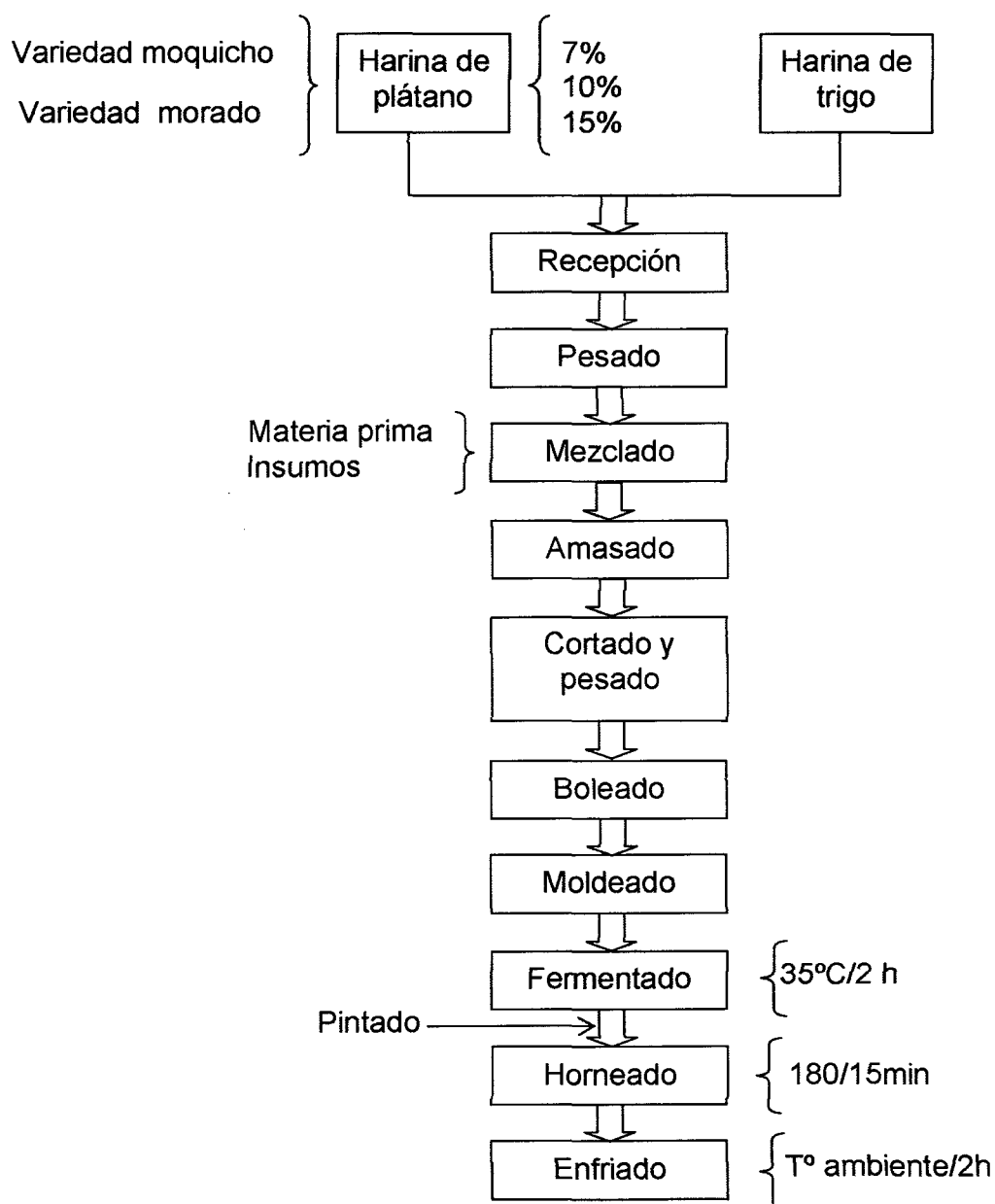


Figura 3. Flujograma para la elaboración de los panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.



**• Amasado:**

Se amasa hasta formar y desarrollar el gluten, se verifica cuando llega el punto liga que es cuando se estira una parte de la masa y este no se rompe, la finalidad es formar una masa elástica, consistente y homogénea.

**• Cortado y pesado:**

Se corta en trozos de masa manualmente de un peso de 30 g aproximadamente, para que las porciones sean homogéneas en tamaño y peso.

**• Boleado:**

Conocida esta operación también como redondeado, las porciones cortadas se hacen una bola compacta, se realizó manualmente presionando la palma de la mano en forma circular.

**• Moldeado:**

Las bolas compactadas se extienden con la ayuda de un rodillo, se enrolla la masa sobre si misma asegurando un buen sellado, esta operación se debe realizar rápido, es decir, en el menor tiempo posible.

**• Fermentado:**

Se realizó inmediatamente después del moldeado a una temperatura de 30-35 °C, con una humedad relativa entre 80-85%, para evitarse el resecamiento de la corteza, durante 2 horas. La finalidad es dar a la masa un buen volumen haciendo que la miga del pan se forme bien y sea pareja.

- **“Pintado”:**

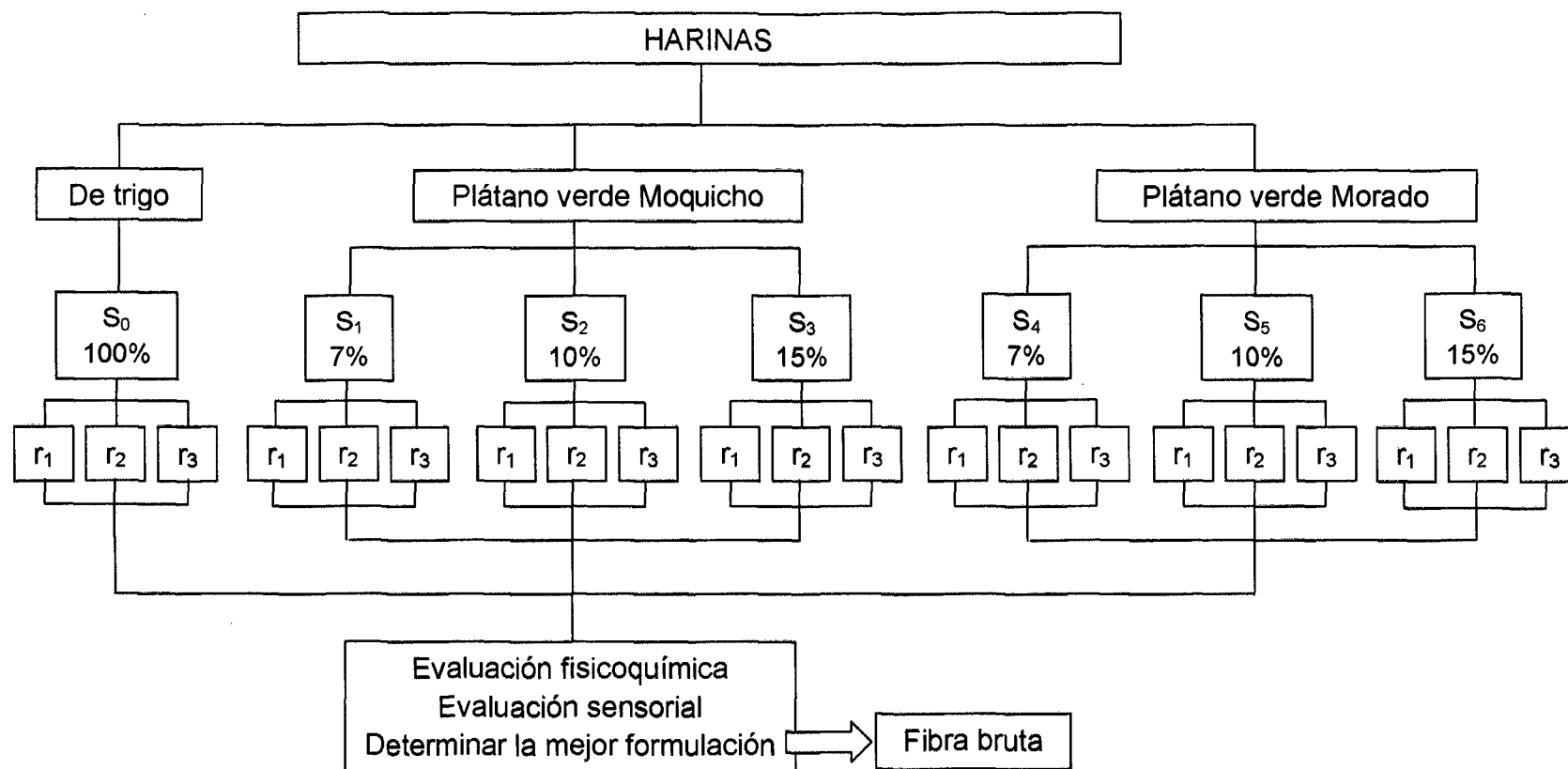
El pintado se realizó con huevo batido, esta operación se realiza con cuidado y suavemente para poder dar brillo al pan en el momento del horneado.

- **Horneado:**

Se realizó a una temperatura de 180°C/10 a 15 min, el objetivo del horneado es la cocción de la masa transformándola en pan el cual debe ser apetitoso y agradable.

- **Enfriado:**

Después del horneado el pan se enfría antes de ser almacenado, aproximadamente por 3 horas a temperatura ambiente, este enfriamiento se realiza sobre las latas en las mesas de trabajo.



**Donde:** S<sub>0</sub>: 100%H      S<sub>1</sub>: 93%HT: 7%HPM      S<sub>2</sub>: 90%HT: 10%HPM      S<sub>3</sub>: 85%HT: 15%HPM  
 S<sub>4</sub>: 93%HT: 7%HPMo      S<sub>5</sub>: 90%HT: 10%HPMo      S<sub>6</sub>: 85%HT: 15%HPMo      r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub> y r<sub>3</sub>: repeticiones.  
 HT: harina de trigo; HPM: harina de plátano verde moquicho; HPMo: harina de plátano verde morado.

Figura 4. Diseño experimental de la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.

### 3.5.4.2. Caracterización fisicoquímica de los panes.

Se realizó la evaluación fisicoquímica a los panes de los 7 tratamientos.

- **Humedad.**

La determinación de humedad en los panes se realizó mediante el analizador de humedad, las muestras fueron colocadas desmenuzadas en el plato del equipo de 1 a 2 g, sin embargo previamente se estableció en el equipo la temperatura y el tiempo lo cual se requirió en el análisis. Después se cerró la tapa del equipo, pasado el tiempo se registra los resultados.

- **Volumen.**

El procedimiento para medir el volumen es el siguiente: se introduce el pan en el recipiente, del cual debemos conocer el volumen ( $V_1$ ). Se vacían las semillas de linaza, se saca la pieza de pan del recipiente y se colocan las semillas de linaza restantes en la probeta para determinar el volumen ( $V_2$ ). El volumen ocupado por el pan se obtiene por diferencia entre el volumen inicial y el final, es decir:

$$\text{Volumen del pan}(ml) = V_1 - V_2$$

- **Volumen específico.**

Se realizó mediante cálculo matemático, siendo el siguiente:

$$\text{Volumen específico} \left( \frac{ml}{g} \right) = \frac{\text{volumen del pan}}{\text{peso del pan}}$$

- **Densidad aparente.**

Se realizó mediante cálculo matemático, siendo el siguiente:

$$\text{Densidad Aparente } \left( \frac{g}{ml} \right) = \frac{\text{peso del pan}}{\text{volumen del pan}}$$

- **pH.**

Se siguió el mismo procedimiento descrito en el ITEM 3.5.2.

- **Color.**

Se utilizó el mismo procedimiento descrito en el ITEM 3.5.2.

### **3.5.4.3. Evaluación sensorial de los panes.**

Para determinar el mejor tratamiento de sustitución de panes elaborados con harina de plátano verde de las variedades moquicho y morado (7%, 10% y 15% para ambas variedades) conformado por 7 tratamientos, se utilizó una cartilla con una escala hedónica de 5 puntos, los atributos evaluados fueron olor, sabor, textura de los panes y color de la miga. Para lo cual se utilizó 21 panelistas entre mujeres y varones mayores de 18 años y su distribución se presenta en el A-III. La distribución de los tratamientos se realizó mediante el bloque incompleto balanceado (Tipo V), se trabajó con los siguientes parámetros  $t = 7$ ,  $k = 2$ ,  $b = 21$ ,  $r = 6$ ,  $\lambda = 1$ , Tipo V y  $E = 0,58$  COCHRAN y COX (1991).

### **3.5.5. Cuantificación de fibra bruta en las mejores formulaciones de los panes.**

Para determinar la mejor formulación de los panes los resultados fueron tratados mediante un análisis multivariado considerando los componentes principales y conglomerados para las pruebas fisicoquímicas y sensoriales, se realizó mediante el paquete estadístico "INFOSTAD" versión 2011. En el mejor tratamiento se analizó el contenido de fibra bruta, según los métodos descritos en el ÍTEM 3.4.4. Sin embargo las muestra fueron primero desengrasadas según el método folch, que consistió en pesar 20 g de muestra de panes secos y molidos, después se maceró por 24 horas en 50 ml de solvente (1:2 v/v metanol y cloroformo), luego se filtró para separar la torta de la grasa, siendo la torta secado en estufa a 45°C/1h para evaporar el solvente.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.**

### **4.1. Caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano verde de dos variedades.**

#### **4.1.1. Humedad.**

El contenido de humedad de la harina de plátano (pulpa) moquicho verde (cuadro 3) fue de 6,4% y el de morado fue de 9,12%; MADRIGAL *et al.* (2007), mencionan 4,71% en plátano macho (*Musa paradisiaca*); GONZALEZ y PACHECO-DELAHAYE (2006) reportan 5,18% (equivalente g/100g de muestra) en harinas de banano verde y PÉREZ y MARÍN (2009), indican 9,97% en harina que se obtiene de los frutos (pulpa) verdes de plátano. Sin embargo la humedad de la harina que se obtiene del raquis del plátano fue 7,5 % (BOTERO y MAZZEO, 2009) y cuando se utilizó la cáscara y la pulpa es de 12,6%, estas diferencias de resultados puede ser debidas al método y tiempo de secado utilizado (AGUIRRE *et al.*, 2007). Así mismo la harina de trigo tiene 14,04% de humedad (SURCO y ALVARADO, 2010). El parámetro de humedad es importante, porque está relacionado con la vida anaquel de las harinas, cuando estas tiene un contenido de humedad de 10% al 12% son estables frente a la contaminación microbiana especialmente por lo mohos y levaduras (Mendez, 2004 citado por CONTRERAS, 2009). Por otro lado la baja humedad de la harina puede contribuir a la

conservación fisicoquímica de la misma, porque retarda la rancidez de los lípidos y reduce la actividad enzimática, manteniendo por mayor tiempo sus características (FLORES, 2004).

#### **4.1.2. Proteína**

Con respecto al contenido de proteína (cuadro 3) en la harina de plátano verde moquicho fue de 4,81%; y de morado fue de 4,98% en base seca. Por otro lado el plátano macho (*Musa paradisiaca*) tiene 2,34% de proteína (MADRIGAL *et al.*, 2007); y el plátano hartón gigante de 2,35% (PÉREZ y MARÍN, 2009), siendo menores al de las variedades estudiadas. Sin embargo al utilizar el raquis del plátano aumenta considerablemente en comparación cuando se obtiene sólo de la pulpa como se observa en el cuadro 03, siendo el contenido proteico de 12,8% (BOTERO y MAZZEO, 2009). Todos los valores reportados por los autores y encontrados en la investigación son menores a la de la harina de trigo que contiene 13,5% de proteína (SINDONI *et al.*, 2008); el valor nutritivo de las frutas es afectado por el proceso de secado, causando la pérdida de algunos de sus nutrientes como la proteína; además la diferencia de los valores entre harinas de plátano verde puede ser debida a que algunos autores utilizan sólo la pulpa, otros pulpa y cáscara, y también sólo el raquis (AGUIRRE *et al.*, 2007).

#### **4.1.3. Grasa.**

El contenido de grasa (cuadro 3) en la harina de plátano verde moquicho y de morado fue de 0,42% y 0,51% respectivamente expresados en



base seca; comparando los resultados con la del Hartón gigante 0,51% siendo igual a la variedad morado (PÉREZ y MARÍN, 2009). Sin embargo MADRIGAL *et al.* (2007) sostienen que el plátano macho (*Musa paradisiaca*) reporta 0.26%. Así mismo la harina de trigo contiene 1,2% de grasa (SINDONI *et al.*, 2008) y del raquis del plátano Dominico Hartón 0,1% (BOTERO y MAZZEO, 2009).

#### **4.1.4. Ceniza.**

En la harina de plátano verde de moquicho y de morado se cuantificó 2,99% y 3,74% en base seca respectivamente (cuadro 3). GONZÁLEZ y PACHECO-DELAHAYE (2006) indican 2,72% de la variedad *Musa AAA*, mientras MADRIGAL *et al.* (2007), reportan en la harina de variedad FHIA-17, FHIA-20, FHIA-23 y plátano macho, 2,62%, 2,09%, 3,28% y 1,32% respectivamente. Estas diferencias encontradas en el contenido de cenizas puede ser atribuidas a la materia prima (plátanos), ya que estos provienen de diferentes regiones de cultivo y las características agronómicas de la variedad o híbrido utilizado son diferentes (AGUIRRE *et al.*, 2007).

Cuadro 3. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano verde.

Componentes	Unidad	Moquicho		Morado	
		Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Humedad	%	6,40 ± 0,14	-----	9,12 ± 0,04	-----
Proteína (N*6,25)	%	4,35	4,81 ± 0,06	4,53	4,98 ± 0,09
Grasa	%	0,39	0,42 ± 0,05	0,46	0,51 ± 0,05
Ceniza	%	2,80	2,99 ± 0,01	3,40	3,74 ± 0,06
Fibra bruta	%	0,63	0,67 ± 0,07	0,85	0,94 ± 0,02
Carbohidratos <sup>1</sup>	%	85,43	91,11	81,64	89,83
pH	-	5,83 ± 0,01		4,97 ± 0,01	
Acidez <sup>2</sup>	%	0,05 ± 0,00	-	0,07 ± 0,00	-
Color	L*	70,40 ± 0,41	-	62,11 ± 0,50	-
Color	a*	- 0,03 ± 0,01	-	-0,59 ± 0,00	-
Color	b*	14,10 ± 0,35	-	20,24 ± 0,13	-

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=3).

<sup>1</sup> Carbohidratos fue cuantificado por diferencia.

<sup>2</sup> % de ácido sulfúrico.

#### 4.1.5. Fibra bruta.

La fibra cruda indica el contenido de  $\alpha$  y  $\beta$ -glucanos, celulosa, hemicelulosa, pectinas y lignocelulosas; indicando en la harina de trigo un valor de 0,70% (SURCO y ALVARADO, 2010); sin embargo ESCOBAR *et al.* (2009) mencionan 0,6%. Comparando con los resultados (cuadro 3), el contenido de fibra cruda en la harina de plátano verde de moquicho y de morado fue de 0,67% y 0,94% respectivamente en base seca, siendo valores similares a la de trigo. Por otro lado MADRIGAL *et al.* (2007) reportan de las variedades FHIA-17, FHIA-20, FHIA-23 y plátano macho, 1,41%, 1,25%, 1,32% y 1,29% respectivamente. En cambio SOTO (2010) reporta en la harina de plátano (*Musa Cavendishii*) verde es 1,65% y la de banana (*Musa paradisiaca*) verde es 1,13%, estos resultados fueron cuando se utiliza sólo la pulpa del plátano. Por otro lado cuando la materia prima es el raquis del plátano verde se obtiene un valor elevado de fibra cruda siendo 23,02% (BOTERO y MAZZEO, 2009).

#### 4.1.6. Carbohidratos.

El contenido de carbohidratos (cuadro 3) fue de 91,11% en la harina de plátano moquicho; y de morado fue de 89,83%, ambos expresados en base seca, encontrándose valores similares a lo reportado por los autores. Puesto que MADRIGAL *et al.* (2007) reportan FHIA-17, FHIA-20, FHIA-23 y plátano macho 83,56%, 87,67%, 84,34% y 90,08% respectivamente. En cambio SOTO (2010) reporta 81,03% (*Musa Cavendishii*) y 87,83% (*Musa Paradisiaca*).

#### 4.1.7. pH.

En el cuadro 3 se presenta los resultados del pH de las harinas de plátano verde, se aprecia una diferencia numérica mínima entre las variedades, siendo para el moquicho 5,83 y para morado 4,97. Al respecto, SANCHEZ *et al.* (1998) reportan un pH de 6,2 en harinas de trigo fortificadas con ácido fólico y dióxido de cloro así como con vitaminas y CARVAJAL *et al.* (2002) indican pH 5,7 en harina de raquis de plátano. Las harinas que se obtienen del maíz (harinas nixtamalizadas), su pH se encuentra entre 5.4 – 7,5 (BRESSANI *et al.*, 2001).

#### 4.1.8. Acidez.

CALVEL (1983) menciona que la acidez en la harina se debe a la presencia de fosfatos ácidos y pequeñas cantidades de ácidos orgánicos como ácido láctico, fórmico, málico, cítrico, succínico y fumárico, también al método de extracción y la acción de microorganismos y enzimas (lipasa, fosfatasa); por lo cual su determinación nos indica sobre el estado de conservación del producto. Según los resultados del Cuadro 3, la acidez en la harina de plátano moquicho fue 0,05% y para morado 0,07% expresada como porcentaje de ácido sulfúrico, encontrándose dentro de lo establecido por la NORMA TÉCNICA NACIONAL (1986) que indica que la harina debe tener como máximo 0,22% de acidez expresado en % de ácido sulfúrico. Por otro lado HERNÁNDEZ (2006) menciona que un exceso de acidez indica envejecimiento de la harina, además cambia la calidad del gluten, disminuyendo su elasticidad, su cohesión y su coeficiente de hidratación, una harina fresca y sin almacenamiento tiene una acidez de 0,015%.

#### 4.1.9. Color.

La medición del color (cuadro 3 y figura 5) presentó diferencia en cuanto a la luminosidad  $L^*$  entre las variedades, teniendo mayor luminosidad la harina de plátano moquicho ( $70,40 \pm 0,41$ ) que morado ( $62,11 \pm 0,50$ ) esta diferencia de luminosidad puede deberse a lo reportado por GONZALES y PACHECO-DELAHAYE (2006) que la harina de plátano verde contiene polifenoles que influye en el color de las harinas, disminuyendo su luminosidad. Por otro lado MADRIGAL *et al.* (2007) indican que el parámetro  $L^*$  de la harina de plátano macho fue la más blanca (88,17), le siguió el FHIA-23 (84,81), FHIA-20 (82,88) y FHIA-17 (79,71), siendo más blanca que de las harinas comerciales 60. Así mismo, ESCOBAR *et al.* (2009) indican que el valor  $L^*$  para la harina de trigo es 93,1.

Los valores  $a^*$  (verde – a rojo +) para ambas harinas fueron -0,03 para moquicho y -0,59 para morado, comparando estos resultados con la harina de trigo el valor  $a^*$  es 0,0 (ESCOBAR *et al.*, 2009). En cuanto al valor de  $b^*$  (azul – a amarillo +) podemos indicar que la harina de plátano morado presentó mayor valor 20,24 y moquicho 14,10, al respecto ESCOBAR *et al.* (2009) reportan el valor de  $b^*$  para la harina de trigo 7,7.

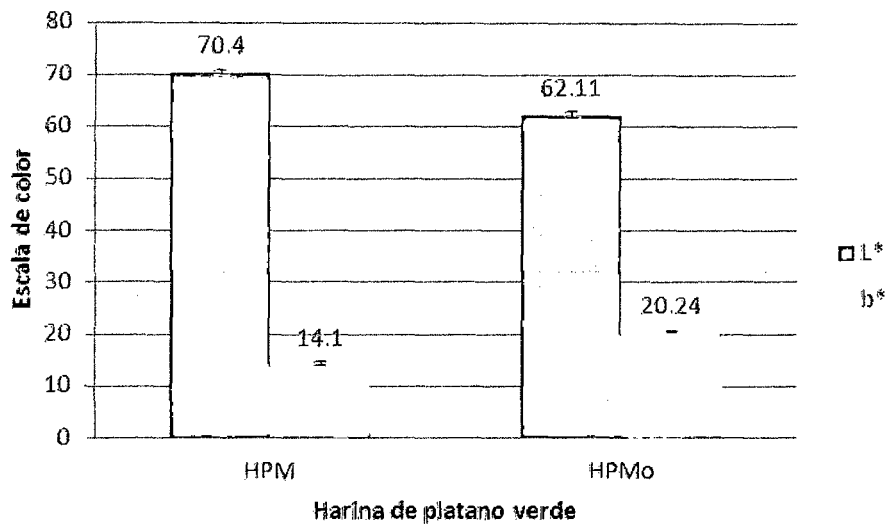


Figura 5. Escala cromática L y b\* de las harinas de plátano verde moquicho (HPM) y morado (HPMo).

#### 4.2. Caracterización física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde.

Los resultados de la caracterización física referido a las harinas compuestas de trigo-plátano verde moquicho y morado se presentan en el cuadro 4.

##### 4.2.1. Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS).

La capacidad de absorción de agua subjetiva es una característica muy importante de las harinas comerciales desde el punto de vista funcional y económico. En el cuadro 4 y figura 6 se presentan los resultados de las harinas compuestas de trigo-plátano verde, realizado el análisis estadístico encontramos que presentó diferencia significativa (A-IV), tuckey  $\leq 0,05$ .

Cuadro 4. Resultados de las características físicas de las harinas compuestas de trigo-plátano verde.

Tratamiento	Leyenda	CAAS <sup>1</sup>	IAA <sup>2</sup>	RG (%)
S <sub>0</sub>	100%HT	55 ± 0,58 <sup>c</sup>	2,02 ± 0,01 <sup>a</sup>	71,20 ± 0,93 <sup>a</sup>
S <sub>1</sub>	93%HT:7%HPM	55 ± 1,15 <sup>c</sup>	1,98 ± 0,01 <sup>ab</sup>	59,42 ± 1,83 <sup>d</sup>
S <sub>2</sub>	90%HT:10%HPM	55 ± 1,15 <sup>c</sup>	1,99 ± 0,01 <sup>ab</sup>	63,17 ± 0,59 <sup>bcd</sup>
S <sub>3</sub>	85%HT:15%HPM	58 ± 0,58 <sup>bc</sup>	2,02 ± 0,01 <sup>a</sup>	60,07 ± 1,24 <sup>d</sup>
S <sub>4</sub>	93%HT:7%HPMo	60 ± 0,58 <sup>ab</sup>	2,01 ± 0,01 <sup>a</sup>	62,95 ± 0,84 <sup>cd</sup>
S <sub>5</sub>	90%HT:10%HPMo	60 ± 0,33 <sup>ab</sup>	1,96 ± 0,00 <sup>b</sup>	68,40 ± 1,02 <sup>ab</sup>
S <sub>6</sub>	85%HT:15%HPMo	63 ± 0,58 <sup>a</sup>	1,86 ± 0,01 <sup>c</sup>	66,02 ± 0,65 <sup>abc</sup>

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna (p<0,05).

HT: harina de trigo, HPM: harina de plátano moquicho y HPMo: harina de plátano morado.

<sup>1</sup>Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS) expresado en ml de agua/ 100 g de harina.

<sup>2</sup>Índice de absorción de agua (IAA) expresado en g de gel/ g de harina.

Comparando los promedios de los tratamientos, se encontró que el mayor valor lo obtuvo el tratamiento S<sub>6</sub> (85%HT:15%HPMo) siendo 63 ± 0,58 (ml de agua/100 g de harina) y el menor corresponde a los tratamientos S<sub>0</sub> (100%HT), S<sub>1</sub> (93%HT:7%HPM) y S<sub>2</sub> (90%HT:10%HPM) teniendo como valores 55 ± 0,58, 55 ± 1,15 y 55 ± 1,15 respectivamente; esta diferencia puede deberse al tamaño de partícula, el grado de gelatinización y el porcentaje de almidón dañado presentes en las harinas (FLORES, 1997). Cabe recalcar que el S<sub>6</sub> (85%HT: 15%HPMo) obtuvo la mayor capacidad de absorción de agua subjetiva que el resto de las

mezclas incluyendo al trigo ( $S_0$ ) este comportamiento es explicado por PACHECO-DELAHAYE y TESTA (2005) que indican que el contenido de fibra dietética en las harinas de plátano verde tiene la capacidad de absorber agua por su contenido de gomas y mucilagos; al respecto AGUIRRE *et al.* (2007) reportan 17,14% de fibra dietética total en harina de plátano verde, utilizando como materia prima sólo la pulpa del fruto.

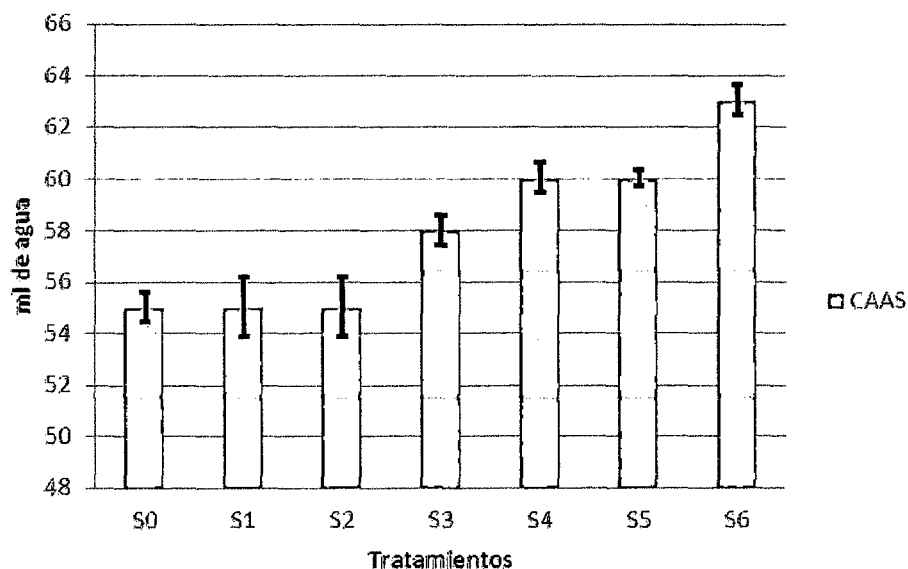


Figura 6. Comportamiento del CAAS de las harinas compuestas de trigo- plátano verde.

La capacidad de absorción de agua subjetiva varía de acuerdo al nivel de sustitución, lo que afecta en el rendimiento del pan (ALASINO, 2009). Por otro lado CONTRERAS (2009) indica que en harinas nixtamalizadas su CAAS fluctúa entre 87 – 111 expresados en ml de agua/100g de harina.



#### 4.2.2. Índice de absorción de agua (IAA).

El índice de absorción de agua es una medida de la capacidad que presenta la harina para retener agua y es también un indicador del rendimiento de masa fresca (FLORES, 1997); en el A-V se presenta el análisis estadístico del IAA, encontrando diferencia significativa entre los tratamientos ( $p \leq 0,05$ ), así mismo en el cuadro 4 y figura 7 se observa que  $S_0$  (100%HT) presenta el mayor valor siendo  $2,02 \pm 0,01$  y el menor corresponde  $S_6$  (85%HT:15%HPMo) de  $1,86 \pm 0,01$  (g de gel/g de harina), también se observa que al aumentar el nivel de sustitución de las harina de plátano moquicho aumenta el IAA. Por el contrario sucede con el aumento del nivel de sustitución de la harina de plátano morado, que provoca el descenso del IAA.

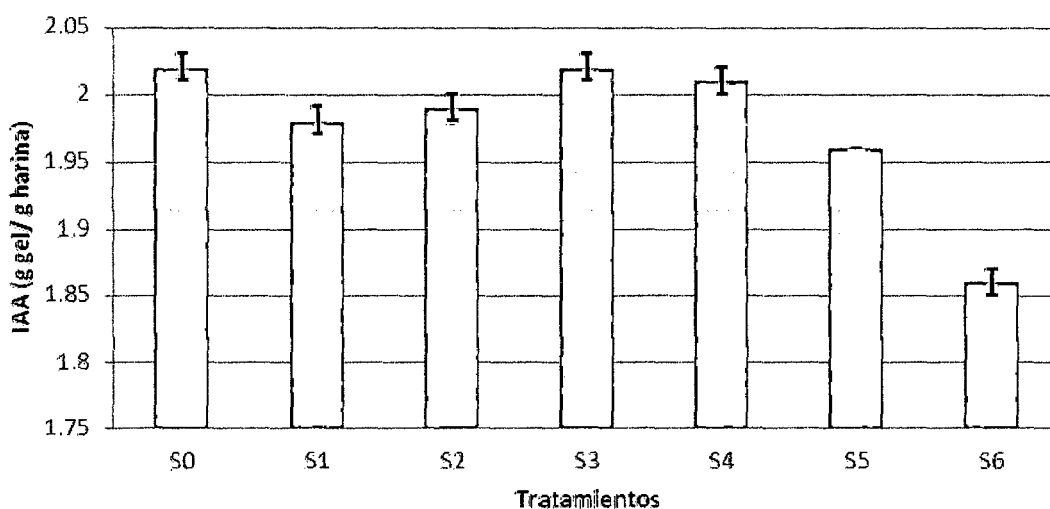


Figura 7. Comportamiento del IAA en las harinas compuestas de trigo-plátano verde.

Esta variación entre los valores del IAA obedece a la disponibilidad de los grupos hidrófilos y a la capacidad de formar geles de las macromoléculas (FLORES, 1997); el descenso de esta característica física en las harinas empieza con la destrucción en las que las moléculas de almidón empiezan a romperse en pequeñas moléculas, además las características intrínsecas de los gránulos de almidón de cada materia prima lo hace más o menos susceptibles a la degradación (COMBARIZA y SÁNCHEZ, 2006). En el trabajo de investigación el índice de absorción de la harina de trigo ( $S_0$ ) fue  $2,02 \pm 0,01$ , al respecto SALAZAR y ÁLVAREZ (2001) reportan 2,08 y SALAZAR *et al.* (2004) indican un valor de 2,03 en g de gel/g de harina esto concuerda con nuestros resultados. Así mismo las harinas nixtamizadas presentan de 3,4 a 4 g de gel/g de harina (BRESSANI *et al.*, 2001).

#### **4.2.3. Retención de gas (RG).**

La retención de gas de las harinas compuestas de trigo-plátano verde se presenta en el cuadro 4, esta medida de las masas panarias de harina de trigo se debe a la matriz visco elástica formada por la hidratación del gluten que tiene la capacidad de comportarse tanto como un fluido viscoso o como un sólido elástico dependiendo de las condiciones de temperatura, tiempo y deformación experimentada (COLIN, 2009). Analizando los resultados mediante la prueba estadística (A-VI) se encontró que entre los tratamientos existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), además en la figura 8 se observa que el tratamiento  $S_0$  (100%HT) presentó mayor porcentaje de retención de gas 71,27% y los menores

S<sub>1</sub> (93%HT:7%HPM 59,58%) y S<sub>3</sub> (85%HT:15%HPM) de 59,42% y 60,07%, respectivamente. SALAZAR *et al.* (2004) indican 40,7% y SALAZAR y ÁLVAREZ (2001) reportan 58,68% de retención en masas elaboradas sólo con harina de trigo; cómo podemos apreciar nuestro resultado (71,27%) es mayor, esto posiblemente se debe al uso de los insumos ya que en la investigación al elaborar la masa panaria se incluyó además de los ingredientes básicos, huevo y mejorador. Los componentes del huevo tienen efecto emulsionante que estabilizan la interface gas-liquido presente en los alveolos de la masa de forma que incrementa la capacidad de retención de gas, siendo una de sus propiedades funcionales (BOATELLAR *et al.*, 2004); por otro lado HERNÁNDEZ (2006) menciona que una de las funciones de los mejoradores es aumentar la retención de gas de las masas debido a que estos actúan sobre las estructura de las gliadinas y gluteninas, específicamente sobre los grupos tioles (-SH) del aminoácido azufrado cisteína presente en cada una de ellas, haciendo que la masa sea más elástica. En la capacidad de esponjamiento o retención de gas durante la elaboración del pan también influyen otros componentes como el almidón y los lípidos (COLIN, 2009).

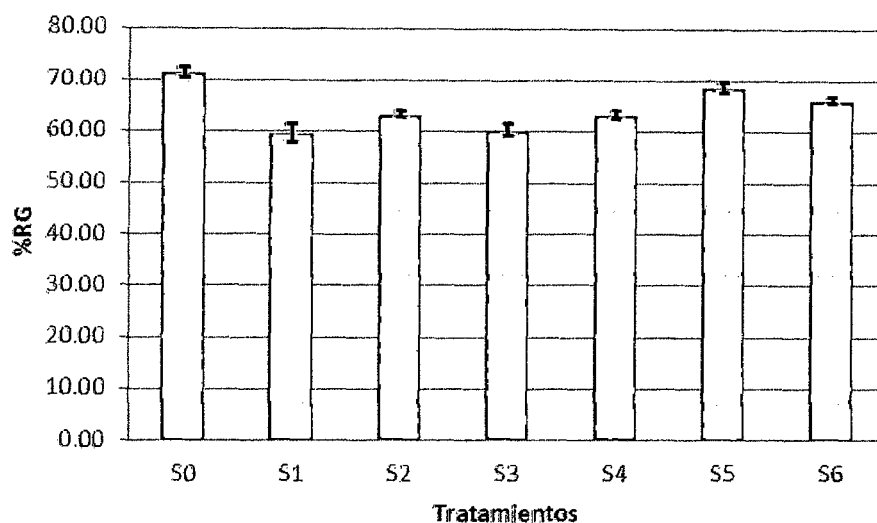


Figura 8. Porcentaje de retención de gas en las harinas compuestas de trigo-plátano verde.

En la figura 8 se observa que al comparar entre las mezclas de cada variedad, el aumento de sustitución hasta 10% aumenta el %RG, y al utilizar un 15% lo disminuye; por otro lado la harina de plátano morado provoca una mejor capacidad de retención de gas que la de moquicho, al respecto HERNÁNDEZ y SASTRE (1999) sostienen que la presencia de fibra influye en la %RG a mayor contenido de fibra menor %RG.

En la figura 9 se presenta la relación tiempo con aumento de volumen, observando que S<sub>0</sub> (100%HT), S<sub>5</sub> (90%HT:10%HPM<sub>0</sub>) y S<sub>6</sub> (85%HT:15%HPM<sub>0</sub>) tienen un comportamiento lineal, esto obedece a una ecuación de primer orden que indica que la forma de estudio de la asociación entre las variables "X" e "Y" es la regresión que consiste en determinar una relación funcional (recta de regresión) entre ellas, con el fin que se pueda predecir el valor de una variable en base a la

otra CORDOVA (2003). De los tratamientos en estudio  $r^2= 0,9697$  ( $S_0$ );  $r^2=0,9929$  ( $S_5$ ) y  $r^2=0,9972$  ( $S_6$ ) con respecto a estos valores HERNÁNDEZ *et al.*, (2001) indica que valores  $r^2$  cercanos a 1 se considera ajuste casi perfecto.

Por otro lado los tratamientos  $S_1$  (93%HT:7%HPM),  $S_2$  (90%HT:10%HPM),  $S_3$  (85%HT:15%HPM) y  $S_4$  (93%HT:7%HPMo) se comportan logarítmicamente (figura 10); que representa que la variable "X" no es directamente proporcional a "Y", además cada tratamiento presenta un valor de  $R^2 \geq 0,9$  lo que indica el grado de información compartida entre las dos variables y que dicho modelo matemático es apropiado (DEL CASTILLO, 1993).

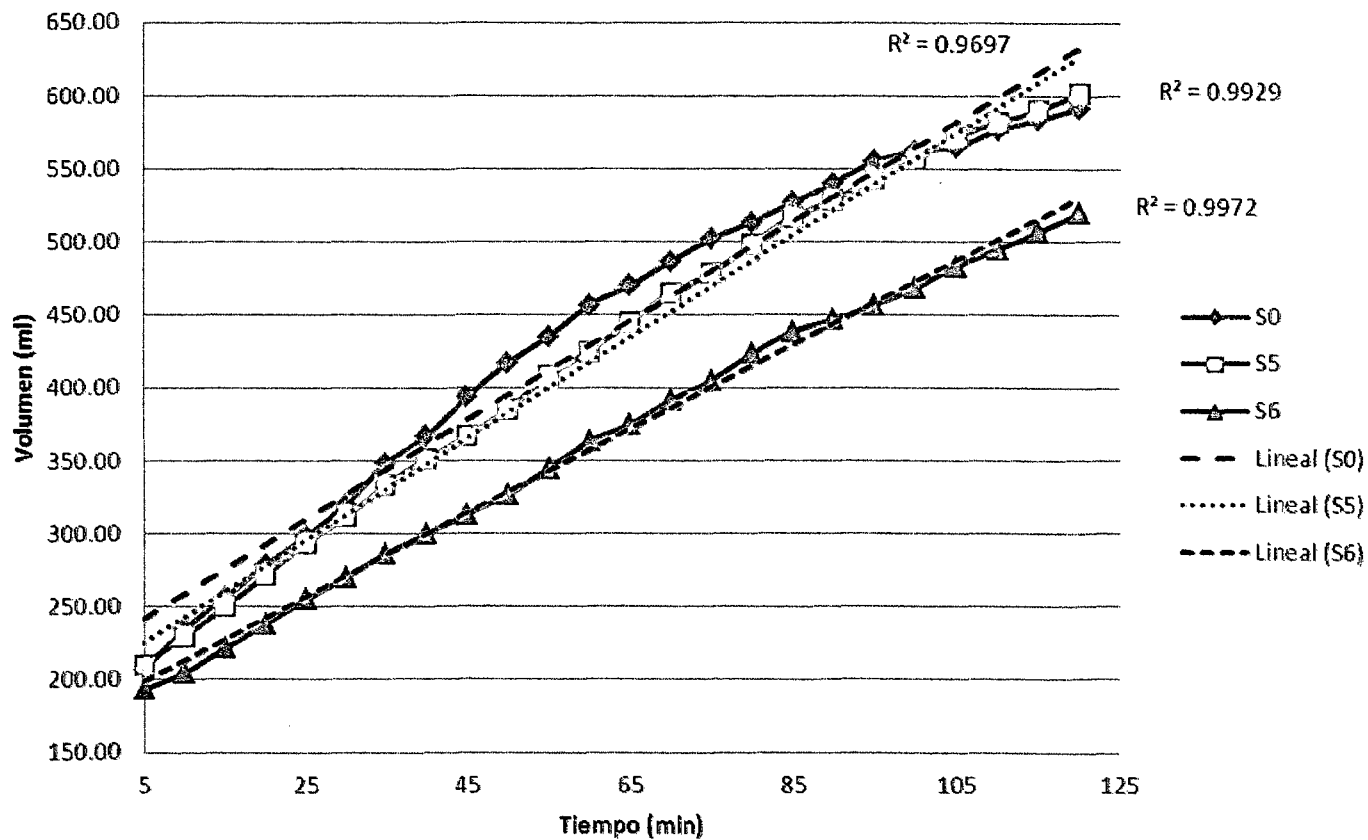


Figura 9. Comportamiento lineal del volumen de masas panarias de los tratamientos S<sub>0</sub>, S<sub>5</sub> y S<sub>6</sub>.

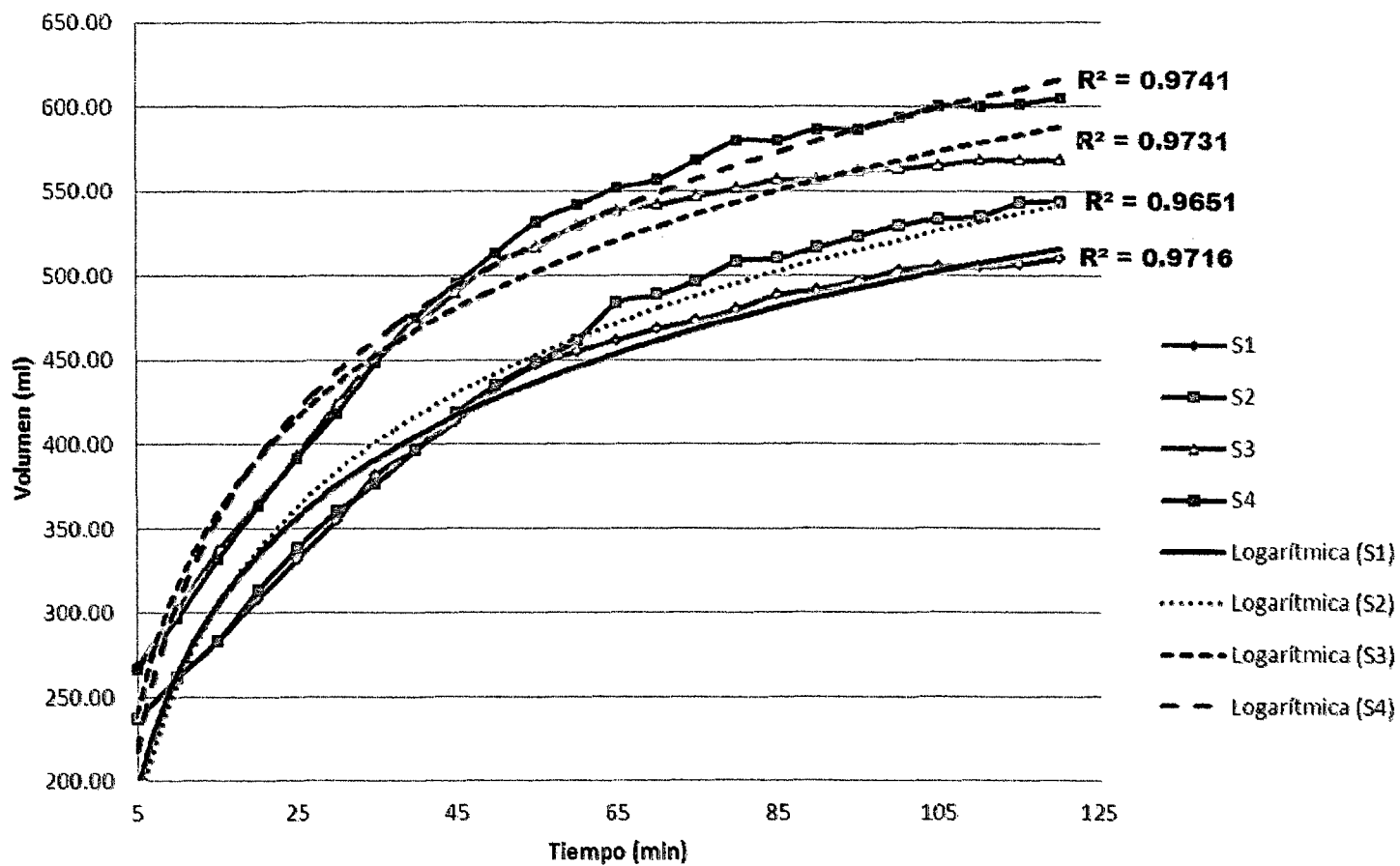


Figura 10. Comportamiento logarítmico del volumen de masas panarias de los tratamientos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> y S<sub>4</sub>.

### **4.3. Determinación de la formulación para la elaboración de panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.**

#### **4.3.1. Evaluación fisicoquímica de los panes.**

- **Humedad.**

En el cuadro 5 se presenta los resultados de la humedad de los panes elaborados con harinas compuestas de trigo-plátano verde moquicho y morado, como podemos apreciar que entre los tratamientos existió diferencia estadística altamente significativa (A-VII) y realizando la comparación de medias ( $p \leq 0,05$ ) con los resultados tenemos que la mayor humedad se encontró en  $S_6$  (85%HT:15%HPMo)  $18,23 \pm 0,32$  % y el menor correspondió a los tratamientos  $S_0$  (100%HT),  $S_1$  (93%HT:7%HPM),  $S_2$  (90%HT:10%HPM) y  $S_5$  (90%HT:10%HPMo) fluctuando entre  $16,45 \pm 0,24$  a  $16,88 \pm 0,42$  %, al respecto podemos indicar que LOPEZ *et al.* (1999) reporta un contenido de humedad para pan blanco entre 11,96 a 38,22% y para pan dulce (13,09 a 21,66%). La variación puede ser justificada por LEDESMA y MILDE (2011) que sostiene que la humedad de los panes está influenciada por la composición y propiedades de interacción del almidón, pues al ser un componente hidrófilo tiene mayor capacidad de unión. PACHECO-DELAHAYE y TESTA (2005) indica que la harina de trigo contiene 64,23% de almidón total y al sustituir con un 20% con harina de plátano verde aumenta hasta 67,10%



- **Volumen (V).**

El volumen es el espacio ocupado por el pan generando una relación ideal entre el peso del pan y el volumen (ALASINO, 2009); así mismo DA MOTA *et al.* (2004) sostienen que es una característica física del pan que tiene como objetivo analizar el efecto de los cambios de formulación o en el procedimiento de elaboración. Los resultados de esta evaluación se presenta en el cuadro 5, analizando los resultados estadísticamente se encontró que existe diferencia significativa entre los tratamientos (A-VIII) comparando las medias mediante Tukey ( $p \leq 0,05$ ) se encontró que el mayor volumen lo presentó S<sub>0</sub> (100%HT)  $90 \pm 1,15$  (ml) y el menor correspondió a S<sub>6</sub> (85%HT:15%HPMo)  $58 \pm 0,33$  (ml), esta variación en el volumen lo justifica ALASINO (2009) que indica que el volumen del pan constituye uno de los factores más importantes de la fuerza potencial de la harina, porque demuestra la capacidad de expansión del gluten por medio de la gasificación producida por la levadura en contacto con los azúcares y, al mismo tiempo, la capacidad de mantener este gas durante todo el tiempo de dicha expansión.

De los resultados podemos indicar que los panes elaborados con las diferentes mezclas de harina de plátano moquicho y morado pierden volumen en comparación al trigo, el mayor volumen perdido fue 35,5 % esto puede deberse a que la proteína de las mezclas son diferentes a la harina de trigo y no tienen las características elásticas de las gliadinas, lo que resulta teóricamente en una cierta dificultad para la formación adecuada del gluten (AGUILAR *et al.*, 2011).

- **Volumen específico (Ve).**

El volumen específico (Ve) representa la relación entre el volumen y el peso de un pan, esta medida permite determinar el espacio que ocupa un gramo del producto, siendo un indicador de la capacidad de la masa para retener gas (HENAO, 2004). Los resultados de la investigación se presentan en el cuadro 5 y figura 11, comparando los resultados de las muestras de pan podemos indicar que el que tiene 100 % de harina de trigo ( $S_0$ ) obtuvo el mayor Ve 3,60 (ml/g) y el menor correspondió a todas las mezclas de harina y fluctuó entre 2,32 a 3,20 (ml/g). ALASINO *et al.* (2011) indican que el Ve puede ser afectado por la calidad proteica de harina siendo de 4,29 (ml/g); en cambio PINEDA y VÁZQUEZ (2010) indican Ve de 3,99 (ml/g) en panes con harina de trigo. Al respecto HENAO y ARISTIZÁBAL (2009) sostienen que en panes elaborados con harinas de yuca y trigo con sustitución de 15 % disminuye la cantidad de gluten presente en la masa, reduciendo la fortaleza de su estructura frente a la hogaza. Así, pues ante cambios súbitos de presiones internas la estructura se debilita, dejando escapar los gases y por lo tanto disminuyendo el volumen específico del pan final.

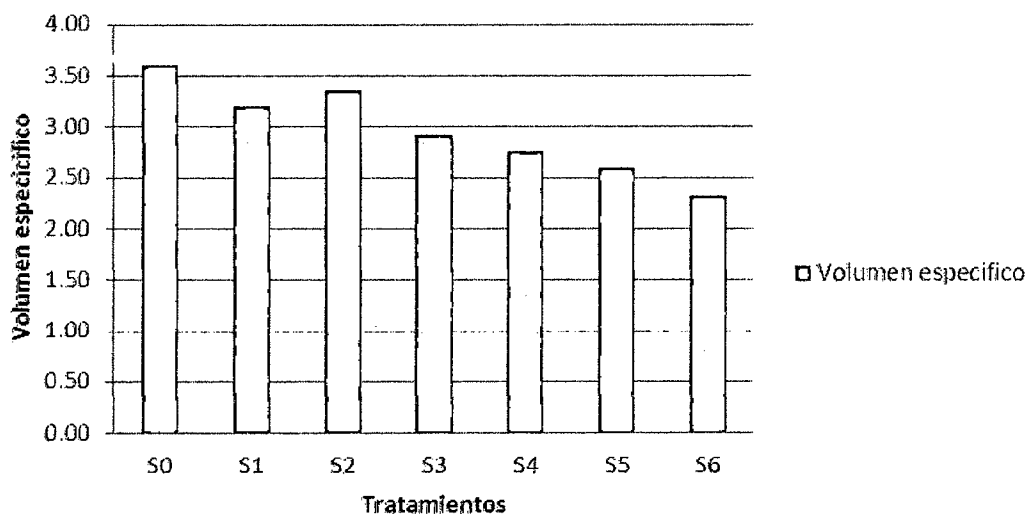


Figura 11. Volumen específico de panes elaborados con harina compuesta de trigo-plátano verde.

- **Densidad aparente.**

Los resultados de la evaluación se presentan en el cuadro 5, lo cual indica que S<sub>6</sub> (85%HT: 15%HPMo) presentó el máximo valor de 0,431g/ml, en cambio el tratamiento S<sub>0</sub> (100%HT) fue el menor de 0,278 g/ml, esto pues indica que a mayor densidad aparente menor volumen específico, HENAO (2004) indica una densidad aparente de 0,19 g/ml en panes elaborados con harina de trigo ya que su calidad depende de su contenido de proteínas especialmente la gliadina y glutenina que son responsables de proporcionar al pan su característica final.

Cuadro 5. Resultados de la caracterización fisicoquímica de los panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.

Tratamiento	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
Humedad (%)	16,47±0,33 <sup>b</sup>	16,45±0,24 <sup>b</sup>	16,46±0,24 <sup>b</sup>	17,13±0,12 <sup>ab</sup>	16,95±0,14 <sup>ab</sup>	16,88±0,42 <sup>b</sup>	18,23±0,32 <sup>a</sup>
Volumen (ml)	90±1,15 <sup>a</sup>	80±0,58 <sup>c</sup>	84±0,58 <sup>b</sup>	73±0,33 <sup>d</sup>	69±1,00 <sup>e</sup>	65±0,58 <sup>f</sup>	58±0,33 <sup>g</sup>
Peso (g)	25	25	25	25	25	25	25
Ve (ml/g)	3,60	3,20	3,36	2,92	2,76	2,60	2,32
ρ (g/ml)	0,278	0,313	0,298	0,343	0,362	0,385	0,431
pH	5,48±0,04 <sup>c</sup>	5,70±0,02 <sup>b</sup>	5,72±0,01 <sup>ab</sup>	5,83±0,02 <sup>a</sup>	5,80±0,02 <sup>ab</sup>	5,73±0,01 <sup>ab</sup>	5,81±0,01 <sup>a</sup>
Color <sup>1</sup> L*	58,03±0,34 <sup>a</sup>	53,73±0,58 <sup>b</sup>	52,6±0,50 <sup>b</sup>	51,94±0,53 <sup>b</sup>	52,16±0,43 <sup>b</sup>	48,91±0,37 <sup>c</sup>	49,35±0,48 <sup>c</sup>
Color <sup>1</sup> a*	-0,29±0,02 <sup>f</sup>	-0,31±0,02 <sup>d</sup>	0,22±0,01 <sup>e</sup>	0,65±0,01 <sup>b</sup>	0,53±0,01 <sup>c</sup>	0,81±0,01 <sup>a</sup>	0,78±0,02 <sup>a</sup>
Color <sup>1</sup> b*	17,69±0,17 <sup>a</sup>	17,12±0,21 <sup>ab</sup>	15,51±0,35 <sup>cd</sup>	16,42±0,42 <sup>abc</sup>	15,62±0,23 <sup>cd</sup>	14,90±0,18 <sup>d</sup>	15,98±0,33 <sup>cd</sup>

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada fila (p<0,05).

<sup>1</sup>Representa el color de la miga de los panes.

S<sub>0</sub>: 100%HT, S<sub>1</sub>: 93%HT:7%HPM, S<sub>2</sub>: 90%HT:10%HPM, S<sub>3</sub>: 85%HT:15%HPM, S<sub>4</sub>: 93%HT:7%HPMo, S<sub>5</sub>: 90%HT:10%HPMo, S<sub>6</sub>: 85%HT:15%HPMo, HPM: harina de plátano moquicho, HPMo: harina de plátano morado.

- **pH.**

Los resultados de pH presentados en el Cuadro 5, fueron analizados estadísticamente (A-IX) se encontró diferencia significativa entre ellos, comparando las medias con Tukey ( $p \leq 0,05$ ) encontramos que el mayor pH fue en los tratamientos  $S_6$  (85%HT: 15%HPMo)  $5,81 \pm 0,01$  y  $S_3$  (85%HT: 15%HPM)  $5,83 \pm 0,02$ , y el menor correspondió a  $S_0$  (100%HT) 5,48. Sin embargo LEÓN *et al.* (2006) reporta que los panes que contiene solo harina de trigo presentan un pH de 5,58. En cambio MADRIGAL *et al.* (2007) indica que cuando sustituye un 25% harina de plátano por harina tiende a variar, siendo una diferencia mínima puesto que al utilizar la variedad FHIA-17 aumenta a 5,09.

- **Color de la miga.**

Los resultados de la luminosidad de la miga del pan se presentan en el Cuadro 5 analizándose estadísticamente se encontró diferencia significativa (A-X) comparándose los tratamientos ( $p \leq 0,05$ ), el tratamiento  $S_0$  (100%HT) presentó mayor luminosidad de  $58,03 \pm 0,34$  y los menores fueron  $S_5$  (90%HT: 10%HPMo) y  $S_6$  (85%HT: 15%HPMo)  $48,91 \pm 0,37$  y  $49,35 \pm 0,48$  respectivamente. Comparando los resultados concuerda con MADRIGAL *et al.* (2007) quienes reportan que los panes elaborados con harina de trigo presentaron mayor luminosidad (76,07) y al sustituir por un 25% con diferentes variedades de harina de plátano tienden a disminuir de 76,06 a 54,92.

Así, mismo en la figura 12 se observa que al aumentar el nivel de sustitución con cada una de las variedades de plátano, la luminosidad ( $L^*$ ) tiende a disminuir; al respecto PACHECO-DELAHAYE y TESTA (2005) mencionan que la variación puede deberse probablemente a la presencia de pigmentos tales como los polifenoles, que son componentes que influyen en el oscurecimiento de las harinas, del mismo modo PATZI (2007) indica que las harinas de plátano son de color ligeramente grisáceo; puesto que la cantidad y tipo de harina es un factor determinante en el color de la miga de los panes (MUÑOZ *et al.*,2009).

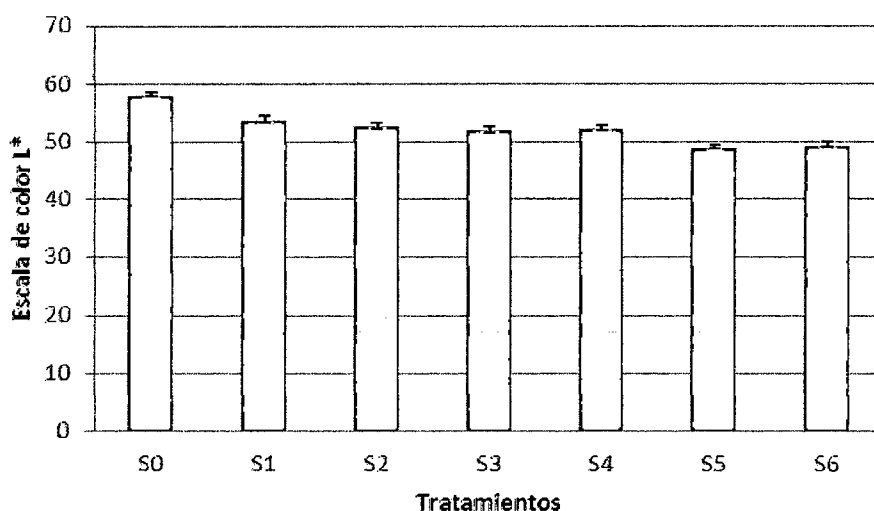


Figura 12. Color de la miga con respecto a  $L^*$  de los panes con harina compuestas de trigo-plátano verde.

Con respecto al parámetro  $a^*$  (-verde a +rojo) se observa en el A-XI que existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p \leq 0,05$ ), en el cuadro 5 se presenta el resultado del color de la miga donde  $S_5$  (90%HT: 10%HPMo) y  $S_6$

(85%HT: 15%HPMo) son mayores siendo  $0,81\pm 0,01$  y  $0,78\pm 0,02$  respectivamente esto indica el color del croma tiende a rojo.

Por otro lado, el  $S_0$  (100%HT) obtuvo un  $a^*$  de  $-0,29\pm 0,02$ , al respecto MADRIGAL *et al.* (2007) en su investigación indica que en todos sus tratamientos obtuvo valores negativos para el trigo fue  $-0,91$  y para los panes elaborados con harina de plátano con 25% sustitución fue  $-2,47$ , este valor significa que tiende colorarse más a verde.

El resultado del valor  $b^*$  (-azul a +amarillo) se presentan en el cuadro 5 según el análisis estadístico los tratamientos presentaron diferencia significativa (A-XII) según tukey ( $p\leq 0,05$ ), el mayor valor fue para  $S_0$  (100%HT)  $17,69\pm 0,17$  que indica un croma más amarillo por el contrario el  $S_5$  (90%HT: 10%HPMo)  $14,90\pm 0,18$  obtuvo una menor croma amarillo. MADRIGAL *et al.* (2007) reporta que los valores de  $b^*$ , el menor valor lo tiene cuando se utiliza 25% de harina de plátano de la variedad FHIA-17 (10,62) y el mayor con 25% de FHIA-20 (17,01).

#### 4.3.2. Evaluación sensorial.

- **Olor.**

Según el análisis estadístico (A-XIII), existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $P\leq 0,05$ ), comparando los valores numéricos según la escala hedónica de 5 puntos, que se presenta en el cuadro 6 y figura 13, el tratamiento  $S_0$  (100% HT) obtuvo el mayor valor 4,30 con un calificativo "olor a harina de plátano ligero" y el menor  $S_3$  (93% HT: 7% HPM) de 2,65 "olor a harina de plátano moderado". Al respecto GONZÁLES *et al* (2004) indican que los panes

elaborados con mezclas de harina de trigo y chachafruto (0%, 10%, 20% y 30%), en cuanto al olor no presentaron diferencias significativa entre sus tratamientos, siendo el pan con 10% de harina de chachafruto el que tuvo mayor aceptación, también menciona que el aroma y olor del pan se ve influenciado por muchos factores tales como: materia prima y aditivos, método de elaboración, producción de fermentación secundarias, entre otros.

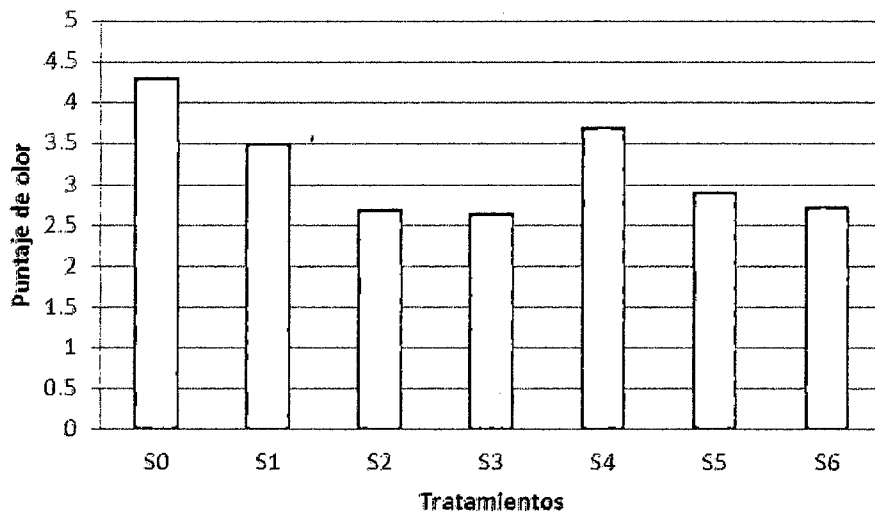


Figura 13. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en el olor de los panes.

- **Sabor.**

En el cuadro 6 se presenta los puntajes con respecto al atributo sabor, encontrando según el análisis estadístico (A-XIV) que no existe diferencia significativa entre ellos. Sin embargo los panes que contenían 7% de harina de plátano verde S<sub>1</sub> tuvo un calificativo "me gusta" (3,8) y S<sub>4</sub> "me gusta" (4,0), es



decir, fueron los que más gustaron a los panelistas y obtuvieron los más altos valores (figura 14) en la evaluación. Similar a este comportamiento encontró PACHECO-DELAHAYE y TESTA (2005) en su investigación, ya que los más altos valores correspondieron a los panes elaborados con 7% de harina de plátano verde y que no presentaron diferencia significativa con los panes de 100% harina de trigo, lo que representa un resultado de mucha importancia al momento de considerar el uso de harina de plátano verde en la elaboración de panes.

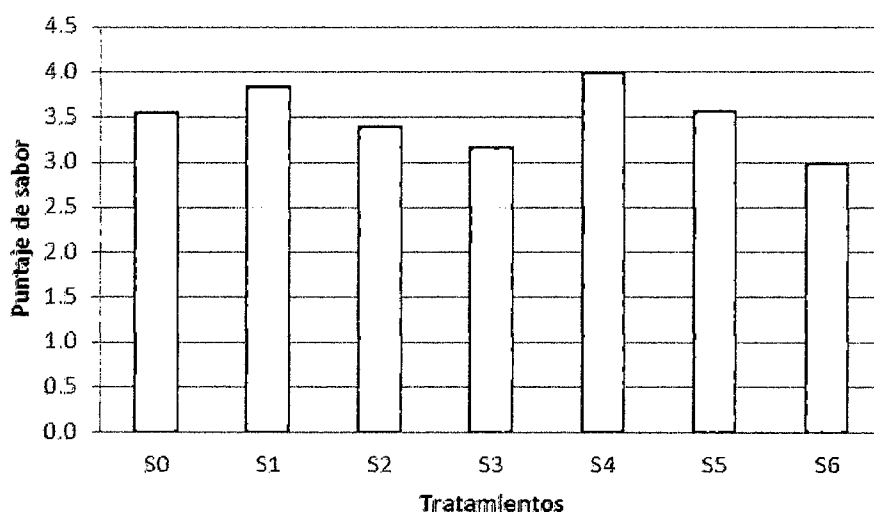


Figura 14. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en el sabor de los panes.

Por otro lado el sabor de los panes se vio afectada por la presencia de 15% de harina de plátano verde para ambas variedades S<sub>3</sub> (3,2 “me es indiferente”) y S<sub>6</sub> (3,0 “me es indiferente”), dándole un sabor residual característico del fruto, es por ello que obtuvieron la menor calificación. Al respecto AGUILAR *et*

al. (2011) reportan que los panes elaborados con mezclas de harina de lenteja y trigo gustaron más a los panelista, que aquéllos elaborados sólo con harina de trigo. En cambio TORRES y PACHECO-DELAHAYE (2007) sostienen que el pan que contenía 50% de harina de trigo con 22% de almidón de yuca y 25% de queso llanero obtuvo el mayor puntaje en la prueba hedónica, que las demás formulaciones.

Cuadro 6. Resultados de las evaluaciones sensoriales en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Tratamientos	Leyenda	Atributos			
		Olor	Sabor	Textura	Color (miga)
S <sub>0</sub>	100%HT	4,3 <sup>a</sup>	3,6	4,0	4,2 <sup>a</sup>
S <sub>1</sub>	93%HT:7%HPM	3,9 <sup>a</sup>	3,8	3,7	3,6 <sup>a</sup>
S <sub>2</sub>	90%HT:10%HPM	2,7 <sup>b</sup>	3,4	3,4	3,0 <sup>ab</sup>
S <sub>3</sub>	85%HT:15%HPM	2,7 <sup>b</sup>	3,2	2,8	2,7 <sup>ab</sup>
S <sub>4</sub>	93%HT:7%HPMo	3,7 <sup>a</sup>	4,0	3,8	3,2 <sup>a</sup>
S <sub>5</sub>	90%HT:10%HPMo	2,9 <sup>ab</sup>	3,6	3,2	2,7 <sup>ab</sup>
S <sub>6</sub>	85%HT:15%HPMo	2,7 <sup>b</sup>	3,0	2,9	2,3 <sup>bc</sup>

Los valores representan (promedio  $\pm$  SEM) los datos provienen del experimento (n=3).

Letras iguales en una misma columna indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las muestras ( $p \leq 0,05$ ).

HT: harina de trigo, HPM: harina de plátano moquicho y HP Mo: harina de plátano morado.

- **Textura.**

Los resultados del atributo textura de los panes se presentan en el cuadro 6, analizándose estadísticamente se encontró que no existe diferencia significativa (A-XV) entre los tratamientos, comparando los valores numérico se encontró que los panes elaborados sólo con harina de trigo ( $S_0$ ) obtuvo la mayor calificación (3,94) “suave” y los de menor puntuación los panes que contenían 15% de harina de plátano verde para ambas variedades  $S_3$  (2,83) y  $S_6$  (2,93) con el calificativo de “semiduro”. Al respecto CERÓN *et al.* (2011) reportan que al aumentar el nivel de sustitución de harina de papa, los panes se endurecen; ya que el que contenía 10% de esta harina obtuvo el mayor porcentaje debido principalmente a su suavidad, sin embargo el que tenía 30% recibió el puntaje más bajo hecho que se manifestó en la dureza.

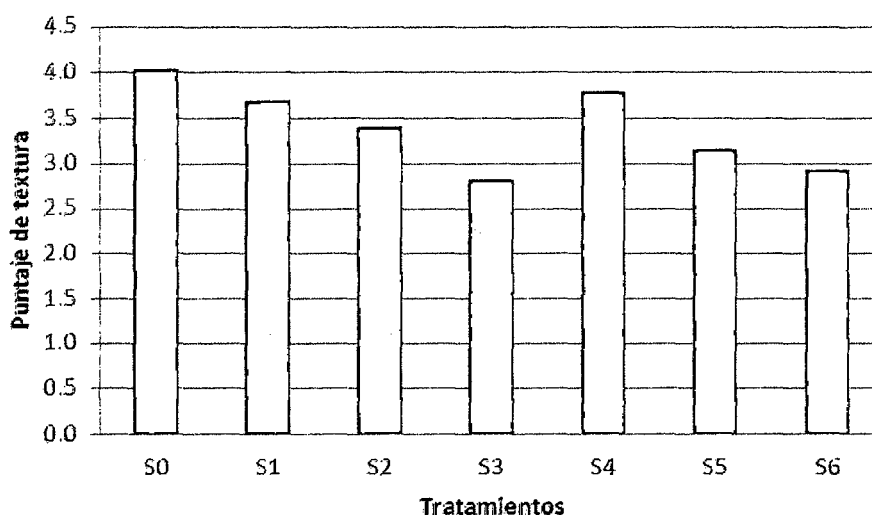


Figura 15. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en la textura de los panes.

En la figura 15 se observa que  $S_6$  (85%HT: 15%HPMo) es menos duro que  $S_3$  (85% HT: 15% HPM), este hecho es justificado por GONZÁLES *et al.* (2004) quienes mencionan que la dureza del pan puede ser debido a la falta de humedad; y esto concuerda con los resultados ya que los panes con harina de plátano morado contenían mayor humedad que los elaborados con moquicho (cuadro 3). Por otro lado MAGAÑA *et al.* (2011) indica que la firmeza esta íntimamente relacionado con las propiedades reológicas de la masa, además que después del horneado se produce la retrogradación del almidón, causando un endurecimiento en el pan y su pérdida de frescura.

- **Color (miga).**

El color deseable de la miga de los panes es blanco crema y depende principalmente del color natural del endospermo del trigo y de las partículas del salvado e impurezas que se encuentran en la harina (ALASINO, 2009). De acuerdo al análisis estadístico (A-XVI) los tratamientos presentaron diferencia significativa, como se observa en el cuadro 6 y figura 16 a medida que se aumentó el nivel de sustitución de las harinas de plátano verde, la miga de los panes se oscureció cada vez más, siendo el  $S_0$  (100%HT) el que recibió el mayor puntaje con un calificativo de "blanco amarillento" y  $S_6$  (85%HT: 15%HPMo) el menor con un calificativo de "blanco grisáceo moderado"; la diferencia de los resultados concuerda con lo detectado en la determinación física del color. Al respecto SURCO y ALVARADO (2010) sostienen que el color de la miga de los panes elaborados con harinas compuestas de sorgo-trigo, se va oscureciendo de moreno

claro a moreno oscuro, esto se atribuye a los metabolitos secundarios del sorgo. Sin embargo PACHECO-DELAHAYE y TESTA (2005) reportan que los panes con 7% de harina de plátano verde obtuvieron mayor aceptación que los demás sustituciones, incluyendo al testigo.

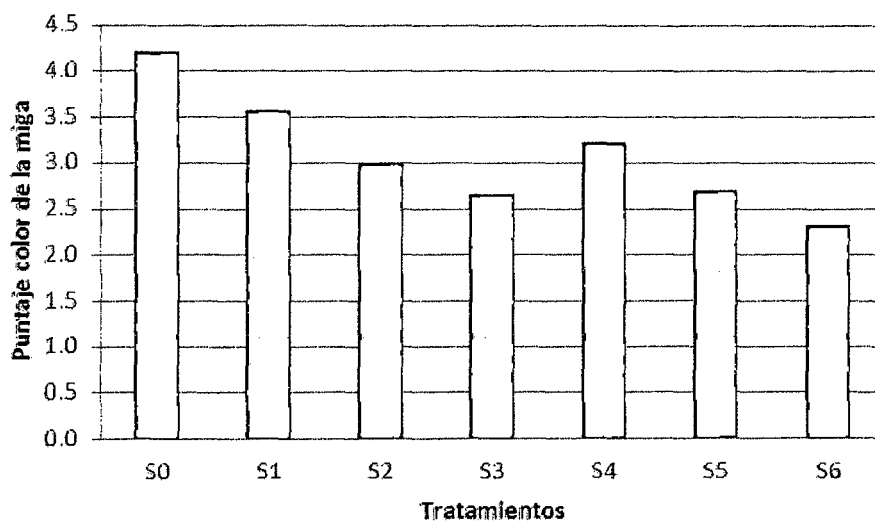


Figura 16. Influencia de las harinas compuestas de trigo-plátano verde en el color de la miga de los panes.

#### 4.4. Cuantificación de fibra bruta en las mejores formulaciones de panes.

- Del análisis multivariado a las características fisicoquímicas de los panes con harinas compuestas trigo: plátano verde Según el análisis de los componentes principales que se observa en la figura 17 y A-XVII considerando las características fisicoquímicas de humedad, volumen, volumen específico, densidad, pH, color L\* y b\* de los panes elaborados con diferentes mezclas de

harina de trigo y plátano, la densidad representó el 80,1% de la variabilidad total, con respecto CP1. En cambio el color  $b^*$  representó el 12,8 % de la variabilidad del CP2, y juntos representan el 92,9% de variabilidad total.

Asimismo, el tratamiento  $S_0$  (100%HT) esta relacionado con el color  $L^*$  y  $b^*$ , en cambio  $S_1$  (93%HT:7%HPM),  $S_2$  (90%HT: 10%HPM),  $S_3$  (85%HT: 15%HPM),  $S_4$  (93%HT:7%HPMo),  $S_5$  (90%HT: 10%HPMo) estuvieron muy asociados a las características fisicoquímicas de volumen, volumen específico y pH, por otro lado el  $S_6$  (85%HT: 15%HPMo) se asoció a las características fisicoquímicas de densidad y humedad, como podemos observar los panes elaborados con 7% y 10% de harina de plátano verde moquicho, se acercan a las características fisicoquímicas de los panes elaborados con 100% de harina de trigo. Al respecto AGUILAR *et al.* (2011) indica que la proporción de harina de lenteja empleada en su investigación (90% harina de trigo y 10% harina de lenteja) afectó negativamente a las propiedades fisicoquímicas de los panes, ya que el pan resultó ligeramente oscuro y de menor volumen.

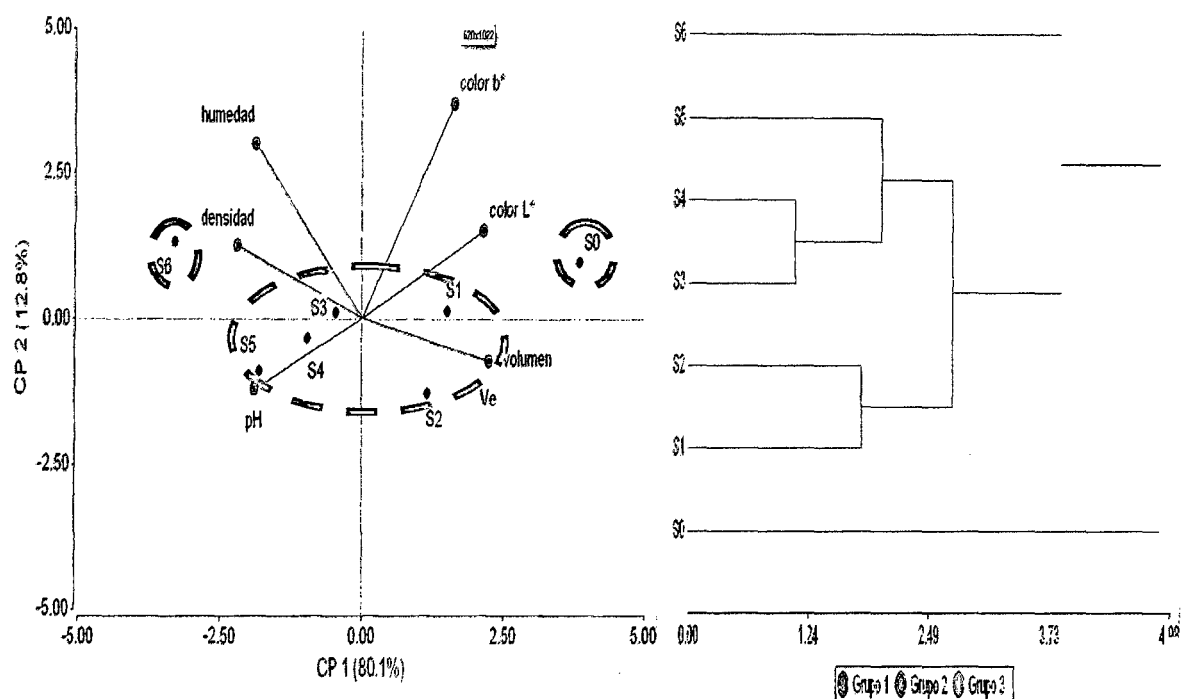


Figura 17. Análisis de los componentes principales y conglomerados de los tratamientos con respecto a las pruebas fisicoquímicas, con INFOSTAD.

- Del análisis multivariado a los atributos sensoriales de los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde, según el análisis de componentes principales que se observa en la figura 18 y A-XVIII considerando los atributos de olor, sabor, textura y color (miga) en los panes elaborados con diferentes mezclas de harina de trigo y plátanos, el olor representó el 88,1% de la variabilidad total, con respecto a CP1; en cambio el color (miga) representó el 6,4 % de la variabilidad del CP2 y juntos representan el 94,5% de variabilidad total.

De los resultados podemos indicar que  $S_0$  (100%HT) se encontró relacionados al atributo olor y color (miga), en cambio  $S_1$  (93%HT: 7%HPM), y  $S_4$  (93%HT:7%HPMo) estuvieron muy asociados al atributo textura y sabor. Al respecto AGUILAR *et al.* (2011) mencionan que el nivel de agrado de los panes elaborados con mezclas de harina de trigo y lenteja fue altamente aceptado por los evaluadores. Por otro lado CERÓN *et al.* (2011) reportan que la formulación que utiliza un 20% de harina de papa en la elaboración de panes obtuvo mayor aceptación que la demás formulaciones, incluyendo aquella que sólo se utiliza harina de trigo.

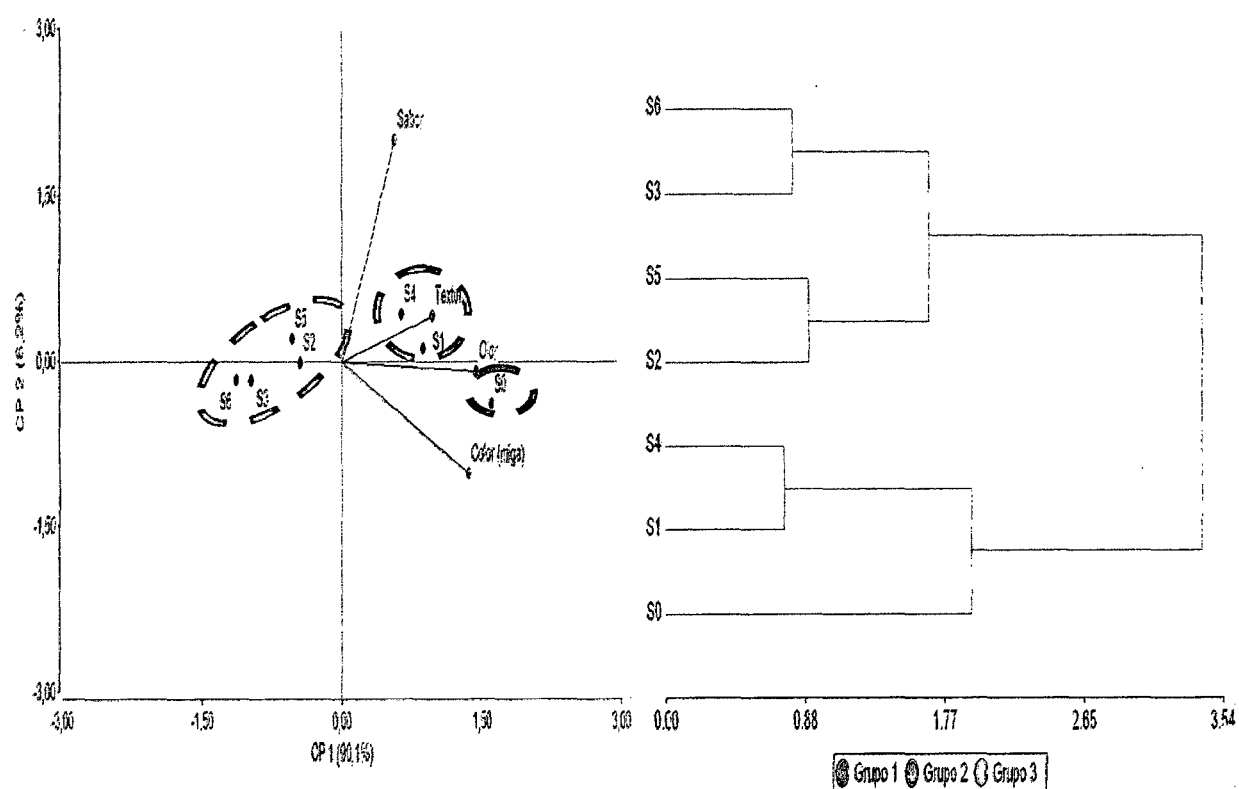


Figura 18. Análisis de los componentes principales y conglomerados de los tratamientos con respecto a la evaluación sensorial, con INFOSTAD.



Al mismo tiempo en la figura 12 se observa que los tratamientos S<sub>2</sub> (90%HT: 10%HPM), S<sub>3</sub> (85%HT: 15%HPM), S<sub>5</sub> (90%HT: 10%HPMo) y S<sub>6</sub> (85%HT: 15%HPMo) no estuvieron muy asociados a ningún atributo; es así que el análisis multivariado de los componentes principales indica que el nivel de sustitución mas adecuado para la elaboración de pan es con harina de plátano verde con 7% de la variedad moquicho y morado. Según PACHECO-DELAHAYE y TESTA (2005) en su trabajo referido al uso de la harina de plátano verde en elaboración de panes, el mejor tratamiento fue el pan que contenía un nivel de sustitución de 7 %. En conclusión de acuerdo al análisis multivariado tanto para las pruebas fisicoquímicas como la evaluación sensorial de los panes, los tratamientos S<sub>1</sub> (93%HT: 7%HPM) y S<sub>4</sub> (93%HT: 7%HPMo), fueron las mejores formulaciones

**•Fibra bruta en las mejores formulaciones.**

En el Cuadro 7 y figura 19 se presenta el contenido de fibra bruta de 0,68 y 0,70 g/100g respectivamente; comparando con los panes que sólo contienen harina de trigo que presentan 0,63 g/100g de muestra, de fibra bruta (GONZÁLEZ *et al.*, 2004), los resultados obtuvieron mayor contenido. Sin embargo según el MINISTERIO DE SALUD E INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (2009), el pan francés y pan molde contienen 2,4 g/100 g de alimento, de fibra bruta.

Cuadro 7. Resultados del contenido de fibra bruta en los tratamientos S<sub>1</sub> y S<sub>4</sub>.

Componente	Unidad	Tratamientos	
		S <sub>1</sub> (93%HT: 7%HPM)	S <sub>4</sub> (93%HT: 7%HPMo)
Fibra Bruta	g/100g	0,68 ± 0,01	0,70 ± 0,00

Por otro lado LEÓN y VILLACORTA (2010) indican que al sustituir un 40% de harina de trigo por arracacha el valor de la fibra aumenta a 2,71 g/100g muestra; lo mismo ocurre en los panes elaborados con harinas compuestas de trigo y chachafruto, ya que al aumentar la cantidad de harina de chachafruto en la formulación, el contenido de fibra en los panes aumenta, teniendo como valor con 10% de sustitución de 0,91 g/100g muestra y con 30% de 1,66 g/100g muestra (GONZÁLEZ *et al.*, 2004).

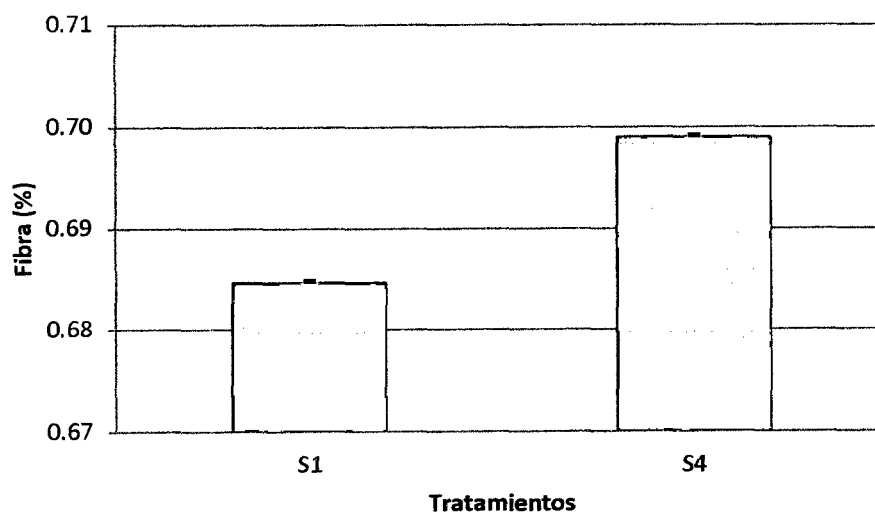


Figura 19. Contenido de fibra en los panes con harinas compuestas de trigo-plátano verde.

## V. CONCLUSIONES.

- Las características fisicoquímicas de las harinas de plátano verde moquicho y morado fueron diferentes en sus componentes.
- La composición física de las harinas compuestas de trigo-plátano verde, en cuanto a CAAS el S<sub>6</sub> (85%HT: 15%HPMo) obtuvo el mayor valor de 63 ml/100g de muestra, con respecto al IAA y RG fue el testigo (100% harina de trigo) el que obtuvo mejores resultados; de 2,02 g gel/g muestra y 71,2% respectivamente.
- El proceso de elaboración del pan con harinas compuestas de trigo-plátano verde fue: recepción, pesado, mezclado, amasado, cortado y pesado, boleado, moldeado, fermentación 35°C/2h, pintado, homeo (180°C/15min) y enfriamiento.
- Los tratamientos que contienen 7% de harina de plátano moquicho (S<sub>1</sub>) y morado (S<sub>4</sub>) tuvieron características similares al pan de trigo 100%, según las evaluaciones fisicoquímicas como sensoriales. Además, contienen 0,68 y 0,70 g/100g fibra bruta respectivamente.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

- Aprovechar los residuos del plátano como la cáscara y raquis, en la elaboración de harinas.
- Realizar trabajos de investigación donde se estudie la influencia de la harina de plátano verde pre-cocidas, de otras variedades y de los residuos, sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de los panes.
- Realizar las pruebas reológicas utilizando el farinógrafo, para determinar la influencia de la harina de plátano sobre éstas características de la masa panaria.
- Determinar el contenido de fibra dietética y almidón resistente, tanto en las harinas de plátano como en los panes elaborados con las harinas compuestas trigo-plátano verde.
- Incentivar el cultivo de plátanos de las variedades morado y moquicho, por ser aplicable en la elaboración de panes y por aportar fibra.

## **VII. ABSTRACT.**

The green banana has a high content of dietary fiber (6% to 15.5%). This fruit can be fully exploited (pulp and peel) to obtain flour and also in the manufacture of bread. This research was conducted in the laboratories of animal nutrition, meat and chemistry of the nails. The objectives were to characterize the physicochemical composition of green banana flour (HPV), to characterize the physical composition composed of wheat flour, green plantain, determine the parameters for the development of composite flours and breads with physicochemical and sensory characteristics. We used two varieties of banana moquicho and purple, green state, to determine the influence on the preparation of breads, with three levels of substitution (7%, 10% and 15%). It was determined by physicochemical analysis (HPV), physical (composed of wheat flour, green plantain, Physico-chemical and sensory analysis also in breads, that treatments containing 7% of HPV in both varieties with similar characteristics were the witness, however substitution level adversely affect the physicochemical and sensory characteristics of bread. in conclusion, the HPV differ in their composition depending on the variety, they are also applicable in a 7% (moquicho purple) in the bakery.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AGUILAR, J., ESPARSA, J., MEZA, J., CANDELAS, M., AGUILERA, M., RAMIREZ, P. 2011. Efecto de la harina de lenteja (*Lens culinaris*) sobre las propiedades reológicas y de panificación de la harina de trigo. Ciencia@UAQ. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango – México. 4(2):1-6.
- AGUIRRE, A.; BELLO, C.; GONZALES, R. y ALVAREZ, A. 2007. Modificación química del almidón presente en la harina de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) y su efecto en el contenido de fibra dietética. Centro de desarrollo de productos bióticos del IPN Apartado postal 24 C.P., 62731, Yauatepec, Morelos, México. 63 -70 p.
- ALASINO, M. 2009. Harina de arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto emulsionante como mejoradores de volumen y vida útil. Tesis Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Santa Fe – Argentina. Universidad del Litoral. 90, 103 p.
- ALASINO, M., OSELLA, C., DE LA TORRE, M., SÁNCHEZ, H. 2011. Efecto de oxidantes y emulsionantes sobre la calidad del pan elaborado con incorporación de harina de arvejas (*Pisum sativum*) inactivadas

- enzimáticamente. Información Tecnológica. Santa Fe – Argentina. 22(1):41-50.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of A.O.A.C. International. Agriculture Chemicals. Contaminants and drugs. 15 DC. Gaithersburg, Md., USA, AOAC international. 325 p.
- APPT (Asociación de Pequeños Productores de Tongorrape). 2007. Gestión empresarial para el desarrollo rural. Cadena de valor del banano (*Cavendish valery*) de Tongorrape. PRONATUR – APPT. Tongorrape – Lambayeque – Perú. 60 p.
- BELALCAZAR, S. 2001. El cultivo del plátano (*Musa AAB simmonds*) en el trópico. Editorial Feriva Ltda. Cali – Colombia. 47, 78 p.
- BENNION, B. 1967. Fabricación de pan. Ed. Acribia S.A. Zaragoza – España. 18 p.
- BERNABÉ, C., LLIN, M., PERÉZ, C. 2007. La masa madre: el secreto del pan. Investigación y Desarrollo Panadero, S.L. Dto. De I + D. Alfara del Patriarca – Valencia. 51 - 63 p.
- BOATELLAR, R., CONDONY, S., LÓPEZ, A. 2004. Química y bioquímica de los alimentos II. Editorial Universidad de Barcelona. España. 95 p.
- BOTERO, L. y MAZZEO, M. 2009. Obtención de harina de ráquis del plátano Dominico Hartón, y evaluación de su calidad con fines de industrialización. Vector. Colombia. 4:83 – 94.
- BRESSANI, R., TURCIOS, J., REYES, L., MÉRIDA, R. 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo

- humano en América Central. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Caracas - Venezuela. 51(3):1-8.
- CALAVERAS, J. 1996. Tratado de Panificación y Bollería. Ed. AMV-Mundi Prensa. Madrid – España. 210 – 215 p.
- . 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería. Ed. AMV-Mundi Prensa. Madrid – España. 31, 413 – 415 p.
- CALLEJO, M. 2002. Industrias de Cereales y Derivados. Ed. AMV-Mundi Prensa. Madrid – España. 86 – 94 p.
- CALVEL, R. 1983. La Panadería Moderna. Ed. América Lee. Buenos Aires – Argentina. 153 – 160 p.
- . 1994. El Sabor del Pan. Ed. Montagud. Barcelona – España. 97 – 103 p.
- CARVAJAL, L., SÁNCHEZ, M., GIRALDO, G., ARCILA, P. 2002. Diseño de un producto alimenticio para humanos (hojuelas) a partir del raquis del plátano (*Musa AAB Simmonds*). Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA. Universidad de Quindío. Colombia. 531 – 534 p.
- CERÓN, A., HURTADO, A., OSORIO, O., BUCHELY, M. 2011. Estudio de la formulación de la harina de papa (*Solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Nariño - Colombia. 9(1):115-11.
- COCHRAN y COX (1991). Diseño experimentales. Editorial Trillas. México D.F – México. 661 p.



- COLIN, J. 2009. Composición del inóculo (*Lb. plantarum*, *Lb. brevis* y *Lb. Sanfranciscensis*) y su efecto en las propiedades viscoelásticas de las masas agrias. Tesis Magister en Tecnología Avanzada. México. Instituto Politécnico Nacional. 14 p.
- COMBARIZA, V. y SÁNCHEZ, T. 2006. Estudio de la obtención de un alimento pre-cocido a partir de cultivos bio-fortificados. Tesis Ingenieros Químicos. Santiago de Calí. Universidad del Valle. 82 -83 p.
- CORDOVA, Z. 2003. Estadística descriptiva e inferencial – aplicaciones. Quinta edición. Ed. Librería Moashera S.R.L. Lima – Perú. 87 p.
- CONTRERAS, J. 2009. Caracterización harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico. Tesis Magister en Tecnología Avanzada. México. Instituto Politécnico Nacional. 58 - 60 p.
- DA MOTA, Z., MIRELES, M., CAMARENA, A., BAUTISTA, J. 2004. Efecto del uso de masas congelada sobre las características y textura del pan blanco. VII Congreso Nacional de Ciencias de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Guanajuato. Guanajuato – México. 456 -466 p.
- DEL CASTILLO, J. 1993. Bioestadística para la ciencia de la salud. Cuarta edición. Ed. Horma. Madrid – España. 150 p.
- DENDY, V. y DOBRASZCZYK, J. 2004. Cereales y productos derivados. Ed. Acribia S.A. Zaragoza – España. 324 – 325 p.
- ESCOBAR, B., ESTÉVES, A., FUENTES, C., VENEGAS, D. 2009. Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) como fuente de

- proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Santiago – Chile. 59(2):191–198.
- FLORES, R. 1997. Caracterización fisicoquímica y reológicas de las harinas comerciales de maíz (*Zea mays L.*) nixtamalizado. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Chapingo – México. Universidad Autónoma de Chapingo. 105 p.
- FLORES, R., MARTÍNEZ, F., SALINAS, Y., RÍOS, E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. Agrociencia. Texcoco – México. 36(005):557-567.
- FLORES, R. 2004. Efecto de la incorporación de fibra dietética de diferentes fuentes sobre las propiedades de textura y sensoriales en tortillas de maíz (*Zea mays L.*). CICATA. Querétaro. 76 – 78 p.
- GONZÁLES, M., MOSQUERA, V., VANEGAS, M., BARRERA, M. 2004. Influencia de las mezclas de harina de trigo (*Triticum vulgare*) y chachafruto (*Erythrina edulis Triana*). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Colombia. 1-10 p.
- GONZÁLEZ, O., PACHECO-DELAHAYE, E. 2006. Propiedades físicas y reológicas de la harina de banana verde (*Musa AAA*) en la elaboración de geles de piña (*Ananascomosus L. Mer*). Rev. Fac. Agron. Maracay – Venezuela- 32:27-40.
- GUINET, M., GODON, C. 1996. La Panificación. Ed. Montagud. Barcelona – España. 123 -129 p.

- HART, F., FISHER, H. 1991. Análisis moderno de los alimentos. Edición española. Ed. Acribia S.A. Zaragoza – España. 611 p.
- HENAO, S. 2004. Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Sede Palmira - Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 128 p.
- HENAO, S., ARISTIZÁBAL, J. 2009. Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Bogotá – Colombia. 29(1):39-46.
- HERNÁNDEZ, R., SASTRE, G. 1999. Tratado de nutrición. Editorial Díaz de Santos S.A. Madrid – España. 408 – 409 p.
- HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C., BAPTISTA, L. 2001. Metodología de la Investigación. Ed. Mc Graw – Hill interamericana de editores, S.A. México. 503 p.
- HERNÁNDEZ, E. 2006. Tecnología de cereales y oleaginosas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Bogotá – Colombia. 278 p.
- HUNTERLAB. 2001. Principios básicos de medida y percepción del color. Versión 1 L. [En línea]: hunterlab. ([www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf](http://www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf), documento revisado el 23 de octubre del 2011).
- INGA, R. 2003. Determinación del momento de la cosecha de plátano variedad guayabo (*Musa balbisiana*) en Tingo María. Tesis Ingeniería en Industrias Alimentarias. Tingo María - Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 15 -17 p.

- JIMENEZ, P., PACHECO-DELAHAYE, E., PEÑA, J. 2009. Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo. Rev. Fac. Agron. Maracay – Venezuela. 26: 583 – 598.
- KENT, N. 1987. Tecnología de los cereales: Introducción para estudiantes de ciencia de los alimentos y agricultura. Ed. Acribia S.A. Zaragoza – España. 116 – 119 p.
- LEÓN, A., MONTOYA, O., MOTATO, K., GRANDA, D., CARO, C., RESTREPO, J., ECHEVERRI, S., VALENCIA J., QUINCHIA, L. 2006. Bacterias ácido lácticas (bal) silvestres colombianas presentan propiedades adecuadas para la fabricación de masa ácida. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Colombia. 13(2):26-35.
- LEÓN, M., VILLACORTA, M. 2010. Valor nutritivo del pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) fortificado. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. La libertad – Perú. 1(2): 244 – 261.
- LEDESMA, E. y MILDE, L. 2011. Composición química de panes de fécula de mandioca suplementados con diferentes aditivos. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 1 – 15 p.
- LÓPEZ, M., ESPARZA, L., GRIJALVA, H., SANDOVAL. 1999. Composición química del pan tradicional e industrial y su aporte de energía y proteína en la población del Noroeste de México. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. México. 49(2):186-193.

- MADRID, A., CENZANO, I. 2001. Nuevo Manual de Industrias Alimentarias. Ed. AMV-Mundi Prensa. Madrid – España. 72 – 76 p.
- MADRIGAL, L., ALANÍS, M., JUSTO, M.; GARCIA, D.; VAZQUEZ, J.; RODRIGUEZ, M. y MORENO, R. 2007. Producción y caracterización físico-química de harinas de bananos FHIA-17, FHIA-23 y plátano FHIA-20, para su incorporación en panificación. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas UANL, Instituto de Ciencias Agrícolas U de Guanajuato.
- MAGAÑA, B., RAMIREZ, W., TORRES, CH., SÁNCHEZ, M., LÓPEZ, C. 2011. Efecto del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y la calidad del pan tipo francés. INTERCIENCIA. México. 36(4):248-255.
- MESAS, J., ALEGRE, M. 2002. El pan y su proceso de elaboración. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Reynosa. México. 3(005):307–313.
- MINISTERIO DE SALUD e INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. 2009. Tabla peruana de composición de alimentos. Perú. [En línea]: ins. ([www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/tabla%20de%20alimentos.pdf](http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/tabla%20de%20alimentos.pdf), documento revisado el 4 de diciembre del 2011).
- MIRALBÉS, C. 2000. Enzimas en panadería. Ed. Montagud. Barcelona – España. 347 p.
- MUÑOZ, H., REYES, S., LOPE, C. 2009. Alojamiento biológico de la masa y factores que influyen en ellos. Universidad del Quindío. Quindío – Colombia. 20 -30 p.

- NORMA TECNICA NACIONAL. 1986. Harina de trigo para uso domestico e industrial – ITINTEC 205,027. Lima – Perú.
- NÚÑEZ, R. 2003. Extracción y caracterización del almidón de banano verde y de su residuo de pulpa. Tesis Ingeniero en Agroindustria. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 56 p.
- PACHECO-DELAHAYE, E.; MALDONADO, R.; PEREZ, E. y SCHROEDER, M. 2007. Producción y caracterización de harinas de plátano (*Musa paradisiaca* L.) inmaduro. INTERCIENCIA. México. 33(4):290 – 296 p.
- PACHECO-DELAHAYE, E., TESTA, G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. INTERCIENCIA. Caracas – Venezuela. 30(005): 300 – 304 p.
- PATZI, J. 2007. Determinación de tiamina y riboflamina en harina de trigo, de soya y harina de plátano por el método de fluorométrico. Tesina Licenciada en Bioquímica y Farmacia. La Paz – Bolivia. Universidad mayor de San Andrés. 81 p.
- PÉREZ E. y MARÍN J. 2009. Situación actual de las harinas de banano: Usos potenciales en la agroindustria nacional. Producción Agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. Venezuela. 2(1):65- 68.
- PINEDA, B., VÁZQUEZ, L. 2010. Evaluación fisicoquímica y sensorial del pan suplementado con diferentes concentraciones de harina de papa. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato – México. 511 – 516 p.
- PURATOS, S. 1993. Revista panificadora. Lima – Perú. 158 p.

- QUAGLIA, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. Ed. Acribia. Zaragoza – España. 333 -336 p.
- REPO-CARRASCO, R. 1998. Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. 6 – 8, 110 -112 p.
- RINCÓN, A., ARAUJO, C., CARRILLO, F., MARTÍN, E. 2000. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Venezuela. 50(3):286-290.
- ROBLES, K. 2007. Harina y productos de harina. Universidad del Valle. Tecnología de Alimentos. Cali – Colombia. [En línea]: scribd (<http://www.scribd.com/doc/18525976/Harinas-y-Productos-Del-Platano>, documento, 16 de Jun. 2010).
- SALAZAR, E., ALVAREZ, L. 2001. Características objetivas y subjetivas en la evaluación de panes elaborados con harinas compuestas de trigo (*Triticum vulgare*), yuca dulce (*Manihot esculenta*) y subproductos amiláceos del maíz (*Zea mays*). Saber, Universidad de Oriente. Venezuela. 13(1):50-54.
- SALAZAR, E., SALAZAR, D., FLEMING, A. 2004. Efecto del almidón de maíz y de la albúmina de huevo sobre las propiedades reológicas, funcionales y nutricionales de las harinas compuestas a base de yuca amarga destinada a panificación. Saber, Universidad de Oriente. Venezuela. 16(1):45 – 50.
- SÁNCHEZ, P., JIMÉNEZ, G., CALDERÓN, D., DUQUE, R., GONZÁLES, M., SALINAS, F. 1998. Efecto en el pH y acidez en harinas y en el volumen de

pastel del ángel debido a la adición de ácido fólico en diferentes tiempos después del blanqueo. Instituto Politécnico Nacional. Escuela de Ciencias Biológica. Casco de Santo Tomás. 1 p.

SINDONI, M., MARCANO, L., PARRA, R. 2008. Estudios de aceptación de harinas derivadas de merey para la elaboración de panes. Investigaciones. Agronomía tropical. Venezuela. 58(1): 11 – 16.

SOTO, A. 2010. Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa Cavendishii*) y de banana verde (*Musa Paradisiaca*). Revista boliviana de química. Cochabamba – Bolivia. 27(2): 94 – 99.

SURCO, A y ALVARADO, K. 2010. Harinas compuestas de sorgo-trigo para panificación. Instituto de Investigaciones Químicas. Revista boliviana de química. La Paz – Bolivia. 27(1): 19 – 28.

TEJERO, F. 1995. Panadería Española. Editorial Montagué. Barcelona – España. 77 – 86 p.

TORRES, E. y PACHECO DE DELAHAYE, E. 2007. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero. Revista Chilena de Nutrición. Santiago – Chile. 34(002): 1 -27.

VÁSQUEZ, G. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo del plátano. Gobierno del Estado de Colima. [En línea]: seder. (<http://seder.col.gob.mx/paquetes/PLATANO.pdf>, documento revisado el 16 de Junio del 2010).



VÁSQUEZ, F., CAMACHO, M., GRANADOS, M., SILVA, B., ISLAS, A. 2009.  
Propiedades reológicas y composición proteica: parámetros de calidad en  
harinas de línea experimentales de trigo. BIOTECNIA. México. 11(2):29-36.

**IX. ANEXOS.**

A-I. Modelo de cartilla de evaluación sensorial.

**Ficha de evaluación sensorial.**

**Panes con harinas compuestas trigo: plátano.**

NOMBRE.....

FECHA y HORA..... MUESTRA.....

Evaluar marcando con una X, según la escala que crea conveniente.

**OLOR**

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
Propios del pan de trigo		
Harina de plátano ligero		
Harina de plátano moderado		
Harina de plátano intenso		
Otros aromas		

**SABOR**

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
Me gusta mucho		
Me gusta		
Me es indiferente		
Me disgusta		
Me disgusta mucho		

**TEXTURA**

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
Muy suave		
Suave		
Semiduro		
Duro		
Muy duro		

**COLOR (miga)**

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
Blanco cremoso		
Blanco amarillento		
Blanco grisáceo ligero		
Blanco grisáceo moderado		
Blanco grisáceo intenso		

Observaciones:.....  
 .....  
 .....

**Gracias**

A-II. Modelo de formulaciones usadas en la elaboración de panes con harinas compuestas trigo: plátano.

Componente	Unidad	Porcentaje de harinas compuestas.			
		100:0	93:7	90:10	85:15
Harina de trigo	g	250	232,5	225	212,5
Harina de plátano verde <sup>1</sup>	g	0	17,5	25	37,5
Levadura seca	g	5	5	5	5
Sal	g	3,75	3,75	3,75	3,75
Azúcar	g	25	25	25	25
Mejorador	g	5	5	5	5
Grasa	g	25	25	25	25
Agua	ml	60	61	61	63
Huevo	-	1	1	1	1

(1) Variable de análisis de harina de plátano (7%, 10% y 15%).

## A-III. Distribución de las muestras para la evaluación sensorial.

Panelista	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	x	x					
2		x				x	
3			x	x			
4				x			x
5	x				x		
6					x	x	
7			x				x
8	x		x				
9		x		x			
10			x		x		
11				x		x	
12					x		x
13	x					x	
14		x					x
15	x			x			
16		x	x				
17			x			x	
18				x	x		
19		x			x		
20						x	x
21	x						x
t=7	k=2	r=6	b=21	$\lambda=1$	Tipo = II	E = 0,58	

A-IV. Análisis de varianza de la determinación de la capacidad de absorción de agua subjetiva en harinas compuestas de trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tratamiento	6	176,29	29,38	16,68	0,0001
Error experimental	14	24,670	1,76	-----	-----
Total	20	200,95	-----	-----	-----
$R^2 = 0,88$		CV = 2,29	MSE = 1,33	Media = 57,95	

A-V. Análisis de varianza de la determinación del índice de absorción de agua en harinas compuestas de trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tratamiento error	6	0,06	0,01	32,38	0,0001
Error experimental	14	0,00	0,00		
Total	20	0,06			
$R^2 = 0,93$		CV = 0,86	MSE = 0,02	Media = 1,98	

A-VI. Análisis de varianza de la determinación de retención de gas con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tratamiento error	6	336,35	56,06	15,79	0,0001
Error experimental	14	49,12	3,55		
Total	20	386,07			

$R^2 = 0,87$       CV = 2,92      MSE = 1,88      Media = 64,46

A-VII. Análisis de varianza de la determinación de humedad en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tratamiento error	6	7,13	1,19	5,17	0,005
Error experimental	14	3,22	0,23	-----	-----
Total	20	200,95	-----	-----	-----

$R^2 = 0,69$       CV = 2,83      MSE = 0,48      Media = 16,94

A-VIII. Análisis de varianza de la determinación del volumen en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tiempo	6	2235,24	372,54	244,48	0,0001
Error experimental	14	21,33	1,52	-----	-----
Total	20	2256,57	-----	-----	-----
$R^2 = 0,99$		CV = 1,66	MSE = 1,23	Media = 74,14	

A-IX. Análisis de varianza de la determinación del pH en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tiempo	6				
Error experimental	14				
Total	20		-----	-----	-----
$R^2 = 0,99$		CV = 1,66	MSE = 1,23	Media = 74,14	



A-X. Análisis de varianza de la determinación del color (L\*) de la miga de los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tiempo	6	165,67	27,61	42,12	0,0001
Error experimental	14	9,17	0,65		
Total	20	174,84	-----	-----	-----
$R^2 = 0,95$		CV = 1,54	MSE = 0,81	Media = 52,39	

A-XI. Análisis de varianza de la determinación del color (a\*) de la miga de los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tiempo	6	2,69	0,45	672,57	0,0001
Error experimental	14	0,01	0,00		
Total	20	2,70			
$R^2 = 0,997$		CV = 6,00	MSE = 0,03	Media = 0,43	

A-XII. Análisis de varianza de la determinación del color ( $b^*$ ) de la miga de los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

F.V	G.L	S.C	C.M	F. cal.	Sig.
Tiempo	6	16,95	2,82	11,65	0,0001
Error experimental	14	3,40	0,24		
Total	20	20,34	-----	-----	-----
$R^2 = 0,83$		CV = 3,04	MSE = 0,49	Media = 16,18	

A-XIII. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo olor en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc
Grupos	5	1,90		11,54
Tratamiento no ajustado	6	22,48		
Bloque ajustado	15	4,10	0,27	
Error intrabloque	15	6,00	0,40	
Total	41	34,48		
$F_{\text{tab}}(15, 15, 5\%) = 2,41;$		$F_{\text{tab}}(15, 15, 1\%) = 3,44$		

A-XIV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo sabor en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc
Grupos	5	5,62		2,25
Tratamiento no ajustados	6	6,29		
Bloque ajustado	15	5,57	0,37	
Error intrabloque	15	10,14	0,68	
Total	41	27,62		

F tab. (15, 15, 5%) = 2,41; F tab. (15, 15, 1%) = 3,44

A-XV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo textura en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc
Grupos	5	5,55		1,97
Tratamiento no ajustados	6	10,81		
Bloque ajustado	15	11,83	0,79	
Error intrabloque	15	14,79	0,99	
Total	41	42,98		

F tab. (15, 15, 5%) = 2,41; F tab. (15, 15, 1%) = 3,44

A-XVI. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo color de la miga en los panes con harinas compuestas trigo-plátano verde.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc
Grupos	5	2,48		3,93
Tratamiento no ajustados	6	17,90		
Bloque ajustado	15	19,67	1,31	
Error intrabloque	15	9,86	0,66	
Total	41	49,90		

F tab. (15, 15, 5%) = 2,41;

F tab. (15, 15, 1%) = 3,44

A-XVII. Análisis de los componentes principales con respecto a las pruebas fisicoquímicas en los panes.

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	5,61	0,80	0,80
2	0,89	0,13	0,93
3	0,34	0,05	0,98
4	0,11	0,02	0,99
5	0,05	0,01	1,00
6	1,3E-03	1,8E-04	1,00
7	0,00	0,00	1,00

Autovectores		
VARIABLES	e1	e2
Humedad	-0,35	0,56
Volumen	0,41	-0,13
Ve	0,41	-0,13
Densidad	-0,41	0,24
pH	-0,35	-0,23
Color L*	0,40	0,28
Color b*	0,30	0,69

Correlación con las variables originales		
VARIABLES	CP 1	CP 2
Humedad	-0,82	0,52
Volumen	0,98	-0,13
Ve	0,98	-0,13
Densidad	-0,96	0,22
pH	-0,83	-0,21
Color L*	0,94	0,27
Color b*	0,71	0,65

Correlación cofenética = 0,996

A-XVIII. Análisis de los componentes principales con respecto a la evaluación sensorial en los panes.

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	PropAcum
1	1,08	0,90	0,90
2	0,07	0,06	0,96
3	0,03	0,03	0,99
4	0,01	0,01	1,00

Autovectores		
Variables	e1	e2
Olor	0,63	-0,04
Sabor	0,25	0,87
Textura	0,43	0,18
Color (miga)	0,60	-0,45

Correlación con las variables originales		
Variables	CP 1	CP 2
Olor	0,98	-0,02
Sabor	0,73	0,67
Textura	0,97	0,11
Color (miga)	0,97	-0,19

Correlación cofenética = 0,996