

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



**ELABORACIÓN DE HARINA DE PULPA Y CÁSCARA DE PLÁTANO  
VERDE CLÓN HARTÓN COMÚN PARA LA FORMULACIÓN DE UNA  
MEZCLA DE HARINA PARA AREPAS A BASE DE PLÁTANO:MAÍZ**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. COLMENARES LEAL  
MARÍA JOSÉ, como requisito  
Para optar al título  
Licenciado en Biología

TUTORES: Dra. Elevina Pérez.

Ing. José Gabriel Marín.

CARACAS, NOVIEMBRE 2009.

## **Dedicatoria.**

No hay palabras para describir lo que llevo dentro de mí, cuantas emociones, alegrías, tristezas, triunfos y derrotas.

Este camino que hoy llega a su final, con una meta cumplida no tiene más que una razón de ser.

A ti, que siempre fuiste el mejor compañero, de todo, imposible olvidar las peleas que más que eso eran tu manera de demostrar el cariño. Esa manera tan particular de decir te quiero.

A veces pensando que no me amabas pero si lo hacías y con todo tu ser.

Fuiste mi gran ejemplo, aun recuerdo el séptimo grado cuando por no cumplir la promesa de aprobar una materia al igual que tu, sentí que te había fallado. ¡Uy! Muchos años atrás.

De cualquier manera siempre fuiste ese gran patrón.

Estuviste conmigo en mis logros, en mis alegrías y tristezas.

Pero un día tuviste que partir, no entiendo aún el porqué, pero cosas de Dios. Partió una parte de ti, la que no puedo ver ni tocar, porque para mí vives, porque vives en mi recuerdo y en mi alma entera, y así será por el resto de mi vida. Estas en mí.

En tu honor esta etapa de mi vida que termina hoy, se que estas orgulloso de mi así como yo de ti. Sé que estas feliz porque me lo dijiste, "todo saldrá bien" y ve que así es.

Con todo el amor del mundo para ti hermano de alma.

Te amaré por el resto de mi vida mano.

.....te espero, sólo por un momento, en un lugar aquí cercano,  
justo detrás de la esquina.

Todo esta bien.

## **Agradecimientos.**

Primeramente a Dios, por el don de la vida y por haber trazado mi destino.

A mis padres a quienes debo la vida y haber hecho de mi lo que soy. Gracias por ser mis padres y por ser quienes son, por ser mi ejemplo y mi todo. Los amo, son lo más grande en mi vida

A mis tíos, primos y abuela, a todos mil gracias porque cada uno de ustedes hizo posible este sueño.

A mis amigos, los que día a día caminaron conmigo tan especial etapa y dejaron huella en mí.

Como olvidar los primeros semestres, donde fuiste gran apoyo para mi Luisana ya que así no era yo sola en un mundo nuevo. Luego te cambiaste de carrera, de la que hoy eres merecedora del título. Pero me dejaste en buena compañía, que hasta hoy y espero que por siempre estén conmigo, Rafa y Jackson.

Empezó lo bueno, ya comenzaban las materias de la carrera, mi primer lab de la carrera Biología Vegetal, mi compañero el chino, el que de ahí en adelante se convirtió en la personita a quien confiarle los problemas y las agustias y también para reír, no eres pura seriedad.

Llegaron todos ustedes no recuerdo precisamente en qué momento pero llegaron a mi vida y se quedaron, Lesbia, Gaby, Lorian, Daniela, Sabri, Lenny, Cesar, Cristina, Luis, Bea, Alan, Laynet, Denisse, Rony, Denis, Giovanny, Roberto, Daniel, Angélica, Beto, Ingrid. Cada uno a su manera supo que decirme, ayudarme, regañarme, no darme las cosas así no más, sino enseñarme a pensar. Recuerdo aquellos informes de ecología en los que Lenny y Cesar me arrastraban, “piensa mari que tu si sabes” eran las palabras de Lenny; y de ahí en

adelante todo los que fueron mis compañeros de laboratorio saben que si, la única manera de andar era arrastrada. Lo saben Sabri, Laynet y Dani.

Tú lo sabes muy bien Lesbia jajaja, pareces mi mamá detrás de mí, estudia, estudia, desde siempre empujándome a hacer las cosas bien. Mil gracias!!!

A quienes escuchaban con todo el cariño mis problemas y buscaban la manera de hacerme sentir mejor Gaby, Lorian y Daniela. Gracias por escucharme y confiar en mí como yo en ustedes. Por las locuras y los bonchiches también gracias por estar ahí.... Tu también Luis, no creas que me olvido de ti en algo tan serio, imposible. Por ser más que ese pana de bochinche.

A ti Edward por ayudarme a buscar laboratorio donde hacer los métodos y en el cual hoy termino mi tesis. Gracias por tu apoyo y tu gran paciencia. Gracias por aguantarme.

A todos mil gracias, esto es nada con todo lo que siento dentro de mí. Gracias por estar en mis momentos de grandes alegrías y más aún por el más duro de mi vida. Jamás los olvidaré.

A mis tutores, Elevina y Gabriel, por haberme brindado la oportunidad de realizar mi tesis con ustedes. Gracias por tanta paciencia y dedicación. Son dos grandes personas, y un gran ejemplo a seguir. Gracias por confiar en mí.

A la Universidad Central de Venezuela y a mi ICTA.

	pág
Índice General	
Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	iii
Índice General.....	v
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tablas.....	ix
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes.....	4
Composición química de musáceas.....	6
Composición química de la harina de plátano.....	7
Fibra dietaria.....	9
Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.....	10
Harinas compuestas.....	12
Harina de maíz y arepas.....	13
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
Materiales y Métodos.....	16
I.- Materiales.....	16
II.- Métodos.....	16
1.-Características físicas: peso, dimensiones (largo, arco exterior, perímetro) y proporciones de piel y pulpa de los frutos de <i>Musa</i> AAB subgrupo plátano.....	16
2.- Elaboración de las harinas de pulpa y cáscara.....	17
2.1- Elaboración de harina de pulpa.....	17

2.2- Elaboración de harina de cáscara.....	19
2.3- Determinación de rendimiento de las harinas.....	19
3.-Formulación de las harinas compuestas.....	20
4.- Determinación de la composición proximal y química de las harinas obtenidas [pulpa, cáscara y compuesta (mezcla: platano:maíz)].....	21
5.- Evaluar las características físicas,-físicoquímicas y funcionales de las harinas obtenidas.....	23
6.- Elaboración de las arepas y definición de sus parámetros de calidad...	25
6.1.- Métodos de preparación de la arepa.....	25
6.2.- Evaluación de los parámetros de calidad de las arepas a base de maíz y plátano.....	25
6.3.- Evaluación sensorial.....	26
III.- Análisis estadísticos.....	26
Resultados y Discusión.....	28
1.-Características físicas: peso, dimensiones (largo, arco exterior, perímetro) y proporciones de piel y pulpa de los frutos de <i>Musa</i> AAB subgrupo plátano.....	28
2.- Obtención de harinas, rendimiento y eficiencia.....	29
3.- Formulación de la harina para elaborar arepas, a partir de una mezcla de harina de la pulpa y cáscara del plátano y harina de maíz pre-cocida.....	30
4.- Composición proximal y análisis químico de las harinas obtenidas.....	33
5.- Determinación de las características físicas, físicoquímicas y funcionales de las harinas obtenidas.....	39
6.- Análisis de los parámetros de calidad de la arepa.....	53
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	61
Bibliografía.....	62

Anexos.....	70
-------------	----

Índice de Figuras	pág.
Figura 1.- Medidas realizadas en el plátano.....	17
Figura 2. Esquema tecnológico de obtención de harina.....	18
Figura. 3 Planilla utilizada en la evaluación sensorial para la escogencia de la formulación.....	22
Figura 4. Planilla utilizada para la evaluación sensorial del producto elaborado.....	27
Figura 5. % de las tres harinas retenidas en los tamices.....	43
Figura 6. Curva de viscosidad aparente para la harina de pulpa.....	44
Figura 7. Curva de viscosidad aparente para la harina de cáscara.....	44
Figura 8. Curva de viscosidad aparente para la harina compuesta.....	45
Figura 9. Amilograma de la harina de pulpa de plátano en 8%.....	48
Figura 10. Amilograma de la harina de cáscara de plátano en 8%.....	49
Figura 11. Amilograma de la harina compuesta plátano-maíz en 8%.....	50
Figura 12. Promedio de los diferentes parámetros.....	58

Índice de Tablas	pág
Tabla 1. Proporciones en gramos en las que serán agregadas las diferentes harinas.....	21
Tabla 2. Características físicas del plátano.....	28
Tabla 3. Rendimiento de las harinas de plátano obtenidas.....	29
Tabla 4. Resultados de la suma de rangos de las trece formulaciones.....	32
Tabla 5. Rangos totales requeridos de un nivel de 5% de significancia, para ambos grupos de evaluaciones.....	32
Tabla 6. Análisis proximal y químico de las harinas obtenidas y el producto formulado.....	33
Tabla 7. Características físico-químicas de las harinas.....	39
Tabla 8. Parámetros para describir el color reflejado en las harinas.....	42
Tabla 9. Características reológicas medidas en el amilógrafo Brabender para las diferentes harinas.....	47
Tabla 10. Parámetros de calidad de la arepa de harina compuesta.....	54
Tabla 11. Parámetros para describir el color reflejado en las arepas.....	54
Tabla 12. Parámetros evaluados con el texturómetro para la arepa de harina compuesta y de maíz.....	55
Tabla 13. Valores críticos de p para las diferentes características.....	57
Tabla 14. Promedio de los diferentes parámetros.....	57

## Resumen

En el presente trabajo se plantearon como objetivos la elaboración de harina de la pulpa y cáscara del plátano verde clon *Hartón Común* y su caracterización proximal, química y fisicoquímica, para ser utilizada como posible sustituta de la harina de maíz.

En los análisis realizados se encontró que las harinas son potencialmente utilizables, ya que son de fácil obtención mediante un proceso muy eficiente y con altos rendimientos, lo que la hace disponible para el desarrollo de nuevos productos con una materia prima subutilizada, como es la cáscara del plátano. Además, las características nutricionales de ambos tipos de harina (pulpa y cáscara), constituyen un aporte nutricional a la población que consuma este producto. Se demostró que la harina de cáscara aporta proteína y fibra dietaria a la harina compuesta formulada, lo cual la hace un producto funcional.

Se formuló la harina compuesta con 80 % harina de maíz, 15% harina de pulpa de plátano y 5% harina de cáscara de plátano, aceptada por un panel evaluador; con la cual se elaboraron arepas.

Esta proporción usada en la harina compuesta reúne las propiedades para obtener un producto como la arepa, de buena calidad y aceptación por el consumidor.

## Introducción

El banano es una planta herbácea perteneciente a la Familia *Musaceae*, Subfamilia *Musoideae*, género *Musa*, su fruto es una baya a la que se le denomina banana.

Los plátanos son un grupo específico dentro de los bananos de cocción, cultivados comúnmente en África Occidental, América Latina y el Caribe. Se han encontrado en África Occidental alrededor de 56 variedades de plátano.

En Venezuela, entre los clones más importantes se encuentran: Plátano Hartón (gigante o común, enano, negro), Plátano Dominicó y el FHIA-21, que se ha generado según el plan de mejoramiento genético, siendo más resistente a las plagas que comúnmente dañan a estos cultivos.

En Venezuela, por ejemplo solo una variedad del tipo de cocción (plátano) el *Hartón común* y algunas dos o tres variedades del tipo de consumo fresco (cambur) son comercializados, existiendo dentro de las 130 variedades del Banco de germoplasma del INIA–Maracay algunas variedades de ambos tipos con propiedades muy interesantes desde el punto de vista agronómico y, de las cuales, no se tiene información completa en relación a su composición proximal, propiedades funcionales y de aceptabilidad para ser aprovechados comercialmente.

Es de suma importancia conocer las características químicas, nutricionales y funcionales de los principales cultivos en el país, para promover la producción de los mismos y aprovechar al máximo su potencialidad en la elaboración de nuevos productos que cumplan con los requerimientos de la

población.

Se han realizado estudios que demuestran que el plátano en su estado verde, presenta gran cantidad de carbohidratos, de éstos, el almidón y los polisacáridos no amiláceos (fibra dietaria) son los componentes principales (Juárez y Col., 2006). También se ha encontrado que los plátanos, en estado verde, presentan un contenido de proteína cruda y fibra dietaria mayor en la cáscara que el encontrado en la pulpa. Asimismo, el transformar estos rubros en harinas aumenta su valor agregado y mantiene una reserva durante todo el año.

En los países donde se consumen productos a base de maíz, se han desarrollado investigaciones para aumentar el contenido de fibra dietaria en alimentos de bajo costo para las poblaciones de bajo recursos (Sánchez y Pérez, 2001; Bermúdez, 2001). La necesidad de aumentar la ingesta de fibra dietaria ha propiciado el desarrollo de nuevos productos utilizando diversas fuentes de fibra (Pacheco y col., 1994).

La necesidad de una buena alimentación, que trae consigo salud y mejoras en la calidad de vida, es lo que ha impulsado a lo largo de los años el desarrollo de numerosos productos que satisfacen este requerimiento. Un ejemplo claro de esto son las harinas compuestas, mezclas donde se sustituye, parcialmente, harinas de consumo masivo, por otras harinas de diferentes cereales, oleaginosas, tubérculos, etc., para la obtención de un producto con mejoras nutricionales.

## Antecedentes

El banano pertenece al Género *Musa* de la Familia *Musaceae* y la mayor parte de las variedades existentes (diploide, triploide, tetraploide) descienden de dos antepasados, *M. acuminata* y *M. balbisiana* (Salunke, 1984). Representa uno de los principales productos alimenticios tropicales a nivel mundial. El cultivo de las musáceas comestibles en América Latina tiene una importancia especial y esto se debe a que no sólo forman parte de la dieta de los habitantes, por su alto contenido de carbohidratos, sino también por los beneficios económicos derivados de esta actividad que genera fuentes de trabajo (Vuylsteke y col., 1999).

Los plátanos (*Musa* AAB) forman un subgrupo dentro de los bananos comestibles, de tipo de cocción; representan uno de los principales productos alimenticios del trópico y forman parte de la dieta de muchos países de América Latina y el Caribe (Pacheco, 2002), siendo una gran fuente de carbohidratos y compuestos bioactivos (Martínez y col., 2008).

La producción mundial de plátano en el 2007, fue estimada alrededor de 34 millones de toneladas métricas, de la cuales, el 71,86% se produjo en el continente africano, 24,74% en América, 3,39% en Asia y 0,01% en Oceanía (FAO, 2007). En Venezuela, es difícil estimar las áreas de siembra de estos cultivos, ya que se encuentran dispersas por todo el país, desde pequeñas áreas tipo conucos, hasta grandes áreas de exportación. La distribución de las siembras más importantes, con cultivos semi-tecnificados, es de la siguiente manera para la producción de plátanos: Sur del Lago de Maracaibo, 91,08%, Barinas, 7,97% y Oriente, 0,95% (AGREVO, 2009).

El plátano se consume, usualmente en casi todas las regiones, cuando la fruta está madura y en forma directa. Siendo un producto perecedero, se producen importantes pérdidas económicas hasta en un 50%, debido a un deficiente manejo post- cosecha (FAO, 2003).

Los plátanos, cuando están verdes, son fuentes potenciales de carbohidratos, principalmente almidón, y pueden ser transformados en harina que, mezclada con otros productos, tales como harina de soya, trigo, entre otros, puede originar productos de alto valor nutricional (Carvajal y col., 2002). De esta manera, se proporcionaría valor agregado al cultivo de plátano, disminuyendo las pérdidas post-cosecha y se podría diversificar la oferta de productos alimenticios y sustituir insumos importados, incentivando la producción y disminuyendo la fuga de divisas. Sin embargo, hay que realizar estudios en la búsqueda de los procesos apropiados para convertir estos rubros perecederos en no perecederos, así como caracterizarlos a ellos y a sus derivados desde los aspectos químico, nutricional y funcional, a fin de proponerlos para el desarrollo de productos.

Las cáscaras del plátano representan el 40% del peso total del plátano fresco (Tchobanoglous y col., 1993), que se destina a la alimentación animal o a desecho, por esta razón, es importante conocer sus características con el fin de evaluar su utilización como alimento para humanos y así también solucionar un problema de contaminación ambiental causada por la cáscara.

El fruto puede ser aprovechado completamente (pulpa y cáscara) para obtener una harina integral con un alto contenido de fibra dietaria (Fernández y col., 1999). Una de las tendencias actuales es buscar fuentes alternativas de fibra dietaria (Aguirre y col., 2007).

### **Composición química de musáceas.**

Kayisu y col. (1981) reportaron los valores del análisis proximal de pulpa de banano verde, en base seca: humedad, 73,5%, proteínas, 1,00%, cenizas, 0,9%, almidón 20,7%, azúcares: glucosa 0,25%, fructosa 0,05%, sacarosa 0,6%, y azúcares totales, 0,8%.

Izidoro y col. (2008) reportaron los valores del análisis proximal de pulpa verde de *Musa cavendish*, en base seca: humedad, 89,05%, cenizas, 3,38%, proteínas, 2,56%, grasa, 1,19%, fibra < 0,91%.

Essien y col. (2005) determinaron la composición proximal de la cáscara de la variedad *Musa sapientum*, obteniendo que el porcentaje en base seca de proteína cruda fue 7,87%, grasa cruda, 11,60%, fibra cruda, 7,68%, cenizas, 13,44%, carbohidratos totales, 59,51%, la humedad fue de 78,4% y materia seca de 14,08%.

Del estudio de los resultados obtenidos del análisis proximal de la pulpa y cáscara de bananos verdes en estas investigaciones, se podría indicar que existen diferencias en la composición de acuerdo a la variedad estudiada y que la cáscara parece tener un mayor porcentaje de proteína que la pulpa. Estas diferencias y su potencial aprovechamiento hacen necesario y atractivo el estudio de los recursos naturales existentes en nuestro país con el fin de establecer procesos tecnológicos que permitan su mejor aprovechamiento en beneficio de la población.

## Composición química de la harina de plátano

Pacheco (2001) evaluó la composición proximal de harina de plátano verde de *Musa paradisiaca*, obteniendo los siguientes porcentajes, en base seca: humedad, 5,47%, cenizas, 2,00%, proteínas, 3,80%, grasa, 0,31%, fibra dietaria, 8,43%, azúcares reductores, 1,27% y almidón, 81,30%.

Juárez y col. (2006) determinaron la composición proximal de la harina de *Musa paradisiaca* L. en estado verde, en base seca: humedad, 7,1%, cenizas, 4,7%, proteínas, 3,3%, grasas, 2,7%, fibra dietaria, 14,5% y almidón total, 73,4%.

González y Pacheco (2006) evaluaron la composición proximal de harina de banana verde *Musa AAA*, obteniendo los siguientes porcentajes en base seca: humedad, 5,18%, cenizas, 2,72%, proteínas, 4,37%, grasa, 0,20%, fibra dietaria, 7,71% y almidón, 74,94%.

Pacheco y col. (2008) evaluaron la composición proximal y química de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca* L. subsp. *normalis*) de la variedad Hartón/*Horn*, utilizando cuatro métodos de deshidratación: deshidratadores de bandeja, doble tambor, liofilización (secado en congelación) y horno de microondas, obteniendo los siguientes resultados, al utilizar deshidratador de bandeja: humedad, 11,75%, cenizas, 2,02%, grasa cruda, 0,31%, proteína cruda, 3,08%, fibra dietaria, 9,37%, azúcares reductores, 1,27%, azúcares totales, 4,23%. Con el deshidratador de doble tambor: humedad, 5,46%, cenizas, 2,19%, grasa cruda, 0,5%, proteína cruda, 3,30%, fibra dietaria, 9,01%, azúcares reductores, 1,74%, azúcares totales, 15,78%. Utilizando liofilización: humedad, 2,36%, cenizas, 1,98%, grasa cruda, 0,83%, proteína cruda, 2,92%,

fibra dietaria, 9,67%, azúcares reductores, 1,37%, azúcares totales, 6,98% y con el uso de microondas: humedad, 6,73%, cenizas, 1,95%, grasa cruda, 0,17%, proteína cruda, 3,12%, fibra dietaria, 9,43%, azúcares reductores, 1,65%, azúcares totales, 14,95%.

Se puede ver, en relación a los resultados reportados por los autores, que la composición proximal de las harinas es muy similar y las pocas diferencias existentes pueden deberse, en primer lugar, a que se trata de diferentes especies y la segunda la método de obtención la misma, en el caso de los autores González y Pacheco (2006), utilizaron secado en horno a 80°C por 4 horas, Pacheco (2001) realizó el secado en bandejas con circulación de aire a 80°C por 2 horas, García y col. (2006) emplearon un secador industrial a 50°C y Pacheco y col. (2008), usaron diferentes tratamientos térmicos, pudiéndose ver entre ellos diferencias significativas.

Aguirre y col. (2007), en su trabajo, determinaron la composición proximal de la harina obtenida con el fruto completo en estado verde de *Musa paradisiaca*, conocido comúnmente como plátano macho, obteniendo como resultado, en base seca: humedad, 12,6%, cenizas, 4,63%, proteínas, 4,03%, lípidos, 3,23% y fibra dietaria total, 17,14%.

Al comparar los resultados reportados para las harinas utilizando pulpa o pulpa y cáscara, se observa que para el caso de la harina obtenida de la parte comestible, el porcentaje de fibra es menor que para el caso de la harina utilizando todo el fruto, lo que indica que el porcentaje de proteína y de fibra dietaria aumenta al utilizar el fruto completo.

## **Fibra dietaria**

La fibra dietaria es aquella parte del material vegetal en la dieta que se resiste a la digestión por las secreciones del tracto gastrointestinal humano (Trowell, 1972). Se clasifica en fibra soluble y fibra insoluble. La fibra soluble consiste principalmente en celulosa, hemicelulosas y lignina; comprende gomas y pectinas (Thebaudin y Lefebvre, 1997). Las fibras solubles disminuyen el colesterol y ayudan a reducir el riesgo de cáncer de colon (Burkitt y col., 1974; Kelsey, 1978).

La fibra dietaria tiene implicaciones terapéuticas importantes para ciertas condiciones, tales como diabetes, la hiperlipidemia y puede tener implicaciones preventivas para otras, tales como hipertensión, enfermedad cardíaca coronaria, y desordenes intestinales. Debido a que el contenido de la fibra de alimentos de origen vegetal se extiende hasta casi 50% de peso seco y a que diferentes tipos de fibra tienen diversos efectos, las medidas exactas de todos los componentes de la fibra dietética son esenciales para la predicción y la explicación de sus efectos fisiológicos y terapéuticos (Anderson, 1988).

Fernández y col. (1999) estudiaron las características de un producto de banana, tipo harina, elaborado a partir del banano tipo fruta verde que se consume tradicionalmente con leche (tipo crema) o con agua (tipo sopa) y el cual se denomina *bananina*. En este estudio, la *bananina* fue elaborada a partir de plátano burro CEMSA (*Musa* grupo ABB) con y sin cáscara y se evaluaron sus propiedades anti diarreicas. De acuerdo a los resultados, la incorporación de la cáscara a la harina solo se recomendaría si llegara a constituir un producto de los denominados alimentos funcionales, clínicamente comprobado por los beneficios que reporta para la salud cuando se incorpora a la dieta.

Probablemente, la presencia de los taninos de la cáscara, le confiere esta característica al alimento.

Maldonado y Pacheco (2000) elaboraron galletas sin sustitución y con 7% de sustitución de harina de trigo por harina de plátano verde, como fuente de fibra dietaria. Concluyeron que la sustitución logró aumentar de forma significativa la cantidad de fibra dietaria en las galletas, variando de un 4,97% en la galleta patrón a 5,4% en la galleta con sustitución, lo que equivale a un incremento de 8,85%.

Juárez y col. (2006) estudiaron las características químicas y funcionales de la harina del fruto verde del plátano *Musa paradisiaca* L. y su uso en un producto de panadería, teniendo como resultado que el plátano verde puede ser una fuente importante de harina con alto contenido de almidón resistente y de fibra indigerible que es de gran interés por su función en el tracto digestivo, ayudando a la digestión y estimulando la flora intestinal.

Happi y col. (2007) investigaron los efectos de los diferentes estados de maduración sobre el contenido de fibra dietaria presente en la cáscara de seis variedades diferentes géneros de *Musa*, obteniendo como resultado que los estados de maduración y la variedad de plátano no afectan el contenido de fibra dietaria.

### **Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.**

Los compuestos fenólicos son considerados como fuertes antioxidantes biológicos (Kashivade y Nonaka, 1992). Están formados por un anillo aromático

unido por lo menos a un grupo oxhidrilo (OH<sup>-</sup>). La estructura más sencilla es la del ácido benzoico, pero con otros sustituyentes en el anillo se forman ácidos fenólicos como el cafeico, ferúlico, cumárico y cinámico, comunes en los vegetales, composición que les proporciona propiedades bactericidas, fungicidas y antivirales. Además, a algunos ésteres de ácidos fenólicos se les atribuye propiedades antitumorales (Bedascarrasbure y col., 2004).

Los flavonoides constituyen uno de los grupos más grandes de compuestos fenólicos naturales (Vijayakumar y col., 2008). Su estructura básica consiste de 2 anillos bencénicos en los extremos de la molécula, unidos por un anillo de 3 átomos de carbono a la que se le pueden adicionar grupos tales como oxhidrilos, metilos, azúcares, etc., generándose, de esta manera, diferentes tipos de flavonoides, tales como flavonoles, flavanonas, flavonas, catequinas, antocianinas e isoflavonoides. Se pueden encontrar en cualquier parte de una planta verde y, por lo tanto, en cualquier investigación que implica los extractos de las plantas. El consumo de flavonoides puede resultar beneficioso, porque muestran actividades antiinflamatorias, hipolipidémicas, hipoglicémicas y antioxidantes (Vijayakumar y col., 2008), ya que minimizan la peroxidación lipídica y el efecto de los radicales libres, contribuyendo de esta manera a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Bedascarrasbure y col., 2004).

Wang y col. (1996) en su trabajo denominado "Capacidad de antioxidante total de frutas", tuvieron como objetivo medir la capacidad antioxidante total de algunas frutas comunes y zumos de fruta comerciales, tales como fresa, melón, kiwi, naranja, manzana, cambur, tomate, durazno, uva blanca, roja y grapefruit rosado, comprados en diferentes supermercados durante el invierno, usando el análisis de la capacidad de absorción del oxígeno, llegando a la conclusión

que la capacidad antioxidante total varía considerablemente entre las frutas estudiadas y parte de la capacidad antioxidante de esas frutas podría deberse a los flavonoides presentes en las mismas.

Kanazawa y Sakakibara (2000) estudiaron la presencia de antioxidantes tanto en la pulpa como en la cáscara de *Musa cavendishii*, revelando el alto contenido de antioxidantes como la dopamina en ambos. Sabiendo que el consumo de antioxidantes es importante para la salud, ya que pueden desintoxicar el tracto digestivo y se ha encontrado más específicamente que la dopamina protege a la mucosa intestinal.

Vijayakumar y col. (2008) estudiaron la actividad antioxidante de los flavonoides de plátano (*Musa paradisiaca*) en ratas alimentadas con una dieta normal de laboratorio y con una dieta alta en grasas, obteniendo que los flavonoides presentes en el plátano son eficaces antioxidantes. Por lo tanto, la administración de suplementos de antioxidantes naturales a través de una dieta equilibrada que contenga plátano podría ser eficaz en la protección del cuerpo contra los radicales libres.

### **Harinas compuestas**

Desde hace varios años, se han dedicado esfuerzos para investigar la posibilidad de sustituir la harina de trigo en la elaboración del pan, pastas alimenticias y otros, por productos derivados del arroz, la yuca, el maíz, la soya, el ñame, etc., como posibles sustitutos del trigo.

Las harinas compuestas son mezclas donde se sustituye parcialmente la

harina de trigo y de otros cereales de consumo masivo por harinas de diferentes cereales, leguminosas, oleaginosas, tubérculos, etc. (Afolabi, 1990).

Kim y De Ruitter (1966) estudiaron la facilidad de sustituir parcialmente la harina de trigo por otros cereales o tubérculos en la elaboración de pan. Señalan que la sustitución de 5% y 10% de la harina de trigo por: harina de ñame, arroz, soya; etc., generalmente no presenta mayor dificultad. Sin embargo, encontraron que estas sustituciones causan cambios indeseables en las características del pan cuando se incrementa sus proporciones.

El Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia (1972) estudió la posibilidad de utilizar el maíz opaco-2 como sustituyente de la harina de trigo en la elaboración de arepas, pastas alimenticias y pan. El nivel de sustitución ensayado fue de 30%. La harina obtenida ofrece ventajas debido a que presentó una absorción de agua más lenta, que permite un manejo más fácil de la masa. Los panes elaborados presentaron textura y aspectos aceptables desde el punto de vista del consumidor.

Según Mosqueda y col. (1986), en Venezuela, el programa de harinas compuestas a nivel experimental lleva desarrollándose desde 1971, en los que se reportan la sustitución de trigo por harina de arroz para la elaboración de pan, pasta y galletas en niveles de 30%, 15% y 10% respectivamente, y el uso de harina de maíz en niveles de 10% para la elaboración de pastas.

### **Harina de maíz y arepas**

El maíz es un cereal consumido ampliamente en Latinoamérica en

diferentes formas: se come la mazorca, se asa y se cuece al horno; como hojuelas de maíz y polenta. Se utiliza para hacer tortillas, tamales, empanadas, buñuelos y arepas. También se emplea en la preparación de bebidas como la chicha, etc. Los subproductos del maíz tales como aceite y jarabes de maíz son ampliamente utilizados.

En Venezuela se consume ampliamente la harina de maíz precocida que, según la norma COVENIN 2135-1996, se define como el producto obtenido a partir del endospermo de granos de maíz (*Zea mays* L), clasificados para consumo humano, que han sido sometidos a procesos de limpieza, desgerminación, pre-cocción y molienda.

La harina de maíz se emplea en la elaboración de las arepas que se consumen en todas las regiones de Venezuela y de Colombia. Es el alimento básico en la dieta de estas regiones sustituyendo al pan. Hoy en día, las arepas son un alimento popular para los consumidores de todas las clases socio-económicas, presente en las mesas como tributo a la tradición, conveniencia, versatilidad y palatabilidad, y al sabor agradable.

Actualmente se observa la aparición en el mercado de mezclas de harina de maíz pre-cocida con harinas provenientes de otros cereales, para obtener harinas compuestas que permiten elaborar arepas enriquecidas en fibra dietética. De tal manera, resulta interesante evaluar la interacción de la harina de maíz y la harina de plátano verde con el objetivo de adicionar, en esta mezcla, el contenido de fibra dietética y antioxidantes que resulten beneficiosos para la población. Incentivando además la producción de este cultivo en el país y generando beneficios económicos de esta actividad.

## **Objetivo general**

Formular un producto alimenticio de consumo masivo a partir de harina obtenida de la cáscara y la porción comestible de fruto de *Musa* AAB, subgrupo plátano, clon Hartón común.

## **Objetivos específicos**

- Examinar las características físicas: peso, dimensiones (largo, arco exterior, perímetro) y proporciones de piel y pulpa de los frutos de *Musa* AAB subgrupo plátano.
- Obtener las harinas de pulpa y cáscara de los frutos de Hartón común y evaluar el rendimiento y eficiencia del proceso.
- Formular harina para elaborar arepas, a partir de una mezcla de harina de maíz, con harina de pulpa y cáscara del plátano.
- Determinar la composición proximal y química de las harinas obtenidas.
- Evaluar las características físicas, fisicoquímicas y funcionales de las harinas obtenidas.
- Realizar los análisis de calidad del producto formulado (harina compuesta).
- Elaborar el producto arepa y realizar análisis de calidad y aceptabilidad.

## **Materiales y Métodos**

### **I.- Materiales.**

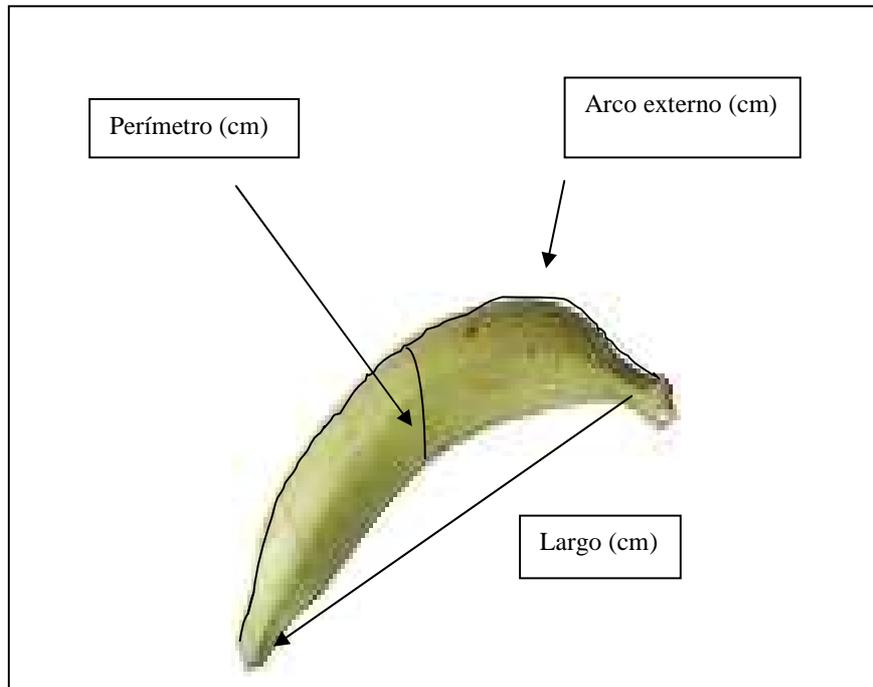
Los plátanos verdes de la variedad Hartón común con grado de madurez 1, según la escala de Von Loesecke (1950), utilizados para la obtención de las harinas fueron recolectados en la población de Ocumare de la Costa en el estado Aragua, con la asesoría de los investigadores del área de musáceas del CENIAP-Maracay (Centro Nacional de Investigación Agropecuaria).

Se utilizó harina de maíz de marca comercial "PAN" y fue adquirida en un supermercado de la ciudad de Caracas.

### **II.- Métodos.**

**1.-Características físicas: peso, dimensiones (largo, arco exterior, perímetro) y proporciones de piel y pulpa de los frutos de *Musa* AAB subgrupo plátano.**

Se tomaron todos los plátanos de tres racimos, se pesaron en su totalidad y a cada uno de ellos se les midió el arco exterior (cm), perímetro (cm) y largo (cm).



**Figura 1. Medidas realizadas en el plátano**

## **2.- Elaboración de las harinas de pulpa y cáscara**

Se elaboró la harina de pulpa y cáscara de plátano verde siguiendo el protocolo descrito por Pacheco (2001), que se muestra en la Figura 2.

### **2.1- Elaboración de la harina de pulpa**

Se pesaron 61,95 Kg de plátanos, se lavaron con agua corriente y se pelaron obteniendo 37,17 Kg de pulpa, que se acondicionó para la elaboración de la harina. Se cortó en trozos del espesor indicado por el protocolo experimental y sumergió en una solución de ácido cítrico 1% por dos minutos, se dejaron escurrir y se colocaron las rodajas distribuidas de manera homogénea en la bandeja perforada del deshidratador y se deshidrató por 5 horas a 45°C. Las hojuelas obtenidas se llevaron al molino de martillo para lograr una

reducción de tamaño y obtener una harina, la cual se pasó por un tamiz de 60 mesh. Finalmente, se almacenaron en bolsas plásticas tipo “ziploc” a temperatura ambiente para su posterior análisis.

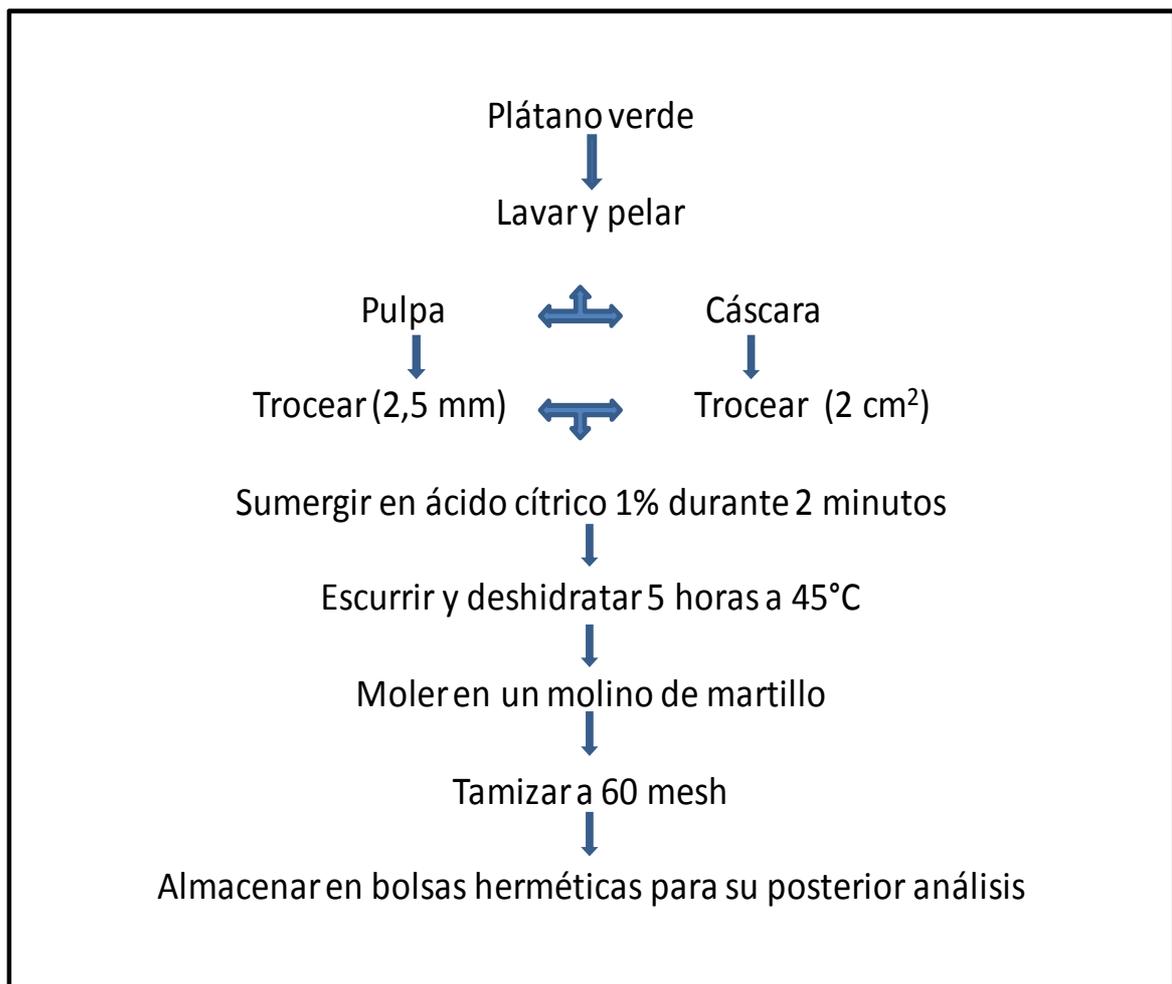


Figura2. Esquema tecnológico de obtención de harina según Pacheco (2001)

## 2.2- Elaboración de harina de cáscara.

Para la elaboración de la harina de cáscara se tomaron 24,78 Kg de la cáscara obtenida de pelar los plátanos previamente pesados para la obtención de la harina de pulpa. Se siguió el mismo protocolo experimental descrito por Pacheco (2001) con la diferencia que el troceado fue mayor que en la pulpa, es decir, se cortó la cáscara, en cuadros de aproximadamente 2 cm<sup>2</sup>.

## 2.3- Determinación del rendimiento y eficiencia en la obtención de las harinas.

Cálculo del rendimiento ( R ) y la eficiencia del proceso (E.P.):

La harina de pulpa y cáscara del plátano se pesó y evaluó como sigue:

A partir de la humedad de la harina se calculó el peso en gramos de sólidos obtenidos en el experimento, el cual se denominó gramos de sólidos obtenidos experimentalmente, con lo cual se determinó el rendimiento con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{Sólidos obtenidos experimentalmente (g)}}{\text{Pulpa (g)}} \times 100$$

De manera similar, a partir de la humedad de la pulpa se obtuvieron los gramos de sólidos teóricos. Estos sólidos relacionados a los sólidos obtenidos experimentalmente, indican la eficiencia del proceso, como se expresa en la siguiente fórmula:

$$E.P.=\frac{\text{Sólidos obtenidos experimentalmente (g)}}{\text{Sólidos teóricos (g)}} \times 100$$

Sólidos obtenidos experimentalmente (g)= Peso de la harina x (100- humedad harina (%))/100

Sólidos teóricos (g)= Peso parte comestible x (100- humedad (%))/100

### **3. Formulación las harinas compuestas.**

Para determinar la fórmula final de la harina compuesta para elaborar arepas, se mezclaron la harina de maíz y la harina de pulpa y cáscara de plátano usando las proporciones descritas en la Tabla 1. Se pesaron las diferentes proporciones para cada una de las harinas de las cuales se elaboraron las arepas. Se colocó en un bol los 100 g de harina compuesta y se le agregó 150 ml de agua y una pizca de sal, se dejó reposar la harina durante 5 min. Y se amasó hasta obtener una masa homogénea. Se tomaron tres porciones de esta masa y se elaboraron tres arepas del mismo tamaño y grosor, las cuales se cocieron en un budare y se le dio vuelta para darle cara a las arepas y luego se terminaron de cocinar en un gira-asador. Una vez cocida las arepas, se picaron en pedazos del mismo tamaño para obtener un total de 30 pedazos.

**Tabla 1.- Proporciones en gramos de las diferentes harinas.**

Harina de Maíz	Harina de Plátano							
	Harina de pulpa				Harina de cáscara			
100	0				0			
90	5				5			
80	15	10	5		5	10	15	
70	20	15	10	5	10	15	20	25
50	25	20	10	5	25	30	40	45
0	50				50			

Para evaluar las arepas elaboradas con las trece formulaciones, se usó una prueba afectiva de clasificación por rangos, en la cual el panelista debe ordenar las muestras de mayor a menor de acuerdo a su preferencia global, colocando en las líneas de la planilla de la Figura 3 el número del código perteneciente a cada muestra.

#### **4.- Determinación la composición proximal y química de las harinas obtenidas [pulpa, cáscara y compuesta (plátano:maíz)].**

Para el análisis proximal y los análisis químicos de las harinas obtenidas se determinaron los siguientes parámetros: contenido de humedad, proteína cruda (%N x 6,25), cenizas, fibra cruda, y azúcares reductores y no reductores se realizaron a través de los métodos oficiales (AACC, 2003) N° 44-19; 46-13: 08-17; 32-10 y N °80-60, respectivamente. La determinación de grasa cruda se realizó según la metodología descrita en AOAC (2000).

La determinación de fibra detergente neutra y fibra dietaria, FDN y FDA respectivamente, se realizaron por el método descrito por Van Soest y Wine (1967); Van Soest y Wine (1968). El análisis de Fibra Detergente Neutra (FDN) abarca a todos los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice). Se fundamenta en la ruptura de la pared celular con una solución de detergente a pH neutro, tal como sodio lauril sulfato, para el caso de la fibra dietaria, la ruptura se hace con detergente ácido.

Nombre: _____	Fecha: _____
<p>A continuación se le entregan diferentes muestras de arepa para que usted nos diga su preferencia. Por favor pruebe todas las muestras primero y luego haga una prueba final que le permita ordenar las muestras de mayor (+) a menor (-) según su preferencia. Para ello colocara sobre la línea el código de la muestra. Recuerde tomar agua y comer un trozo de galleta entre cada muestra que evalúe.</p>	
<b>Código muestra</b>	
_____	(+)
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	(-)
Comentarios: _____	
<i>Gracias por su colaboración.</i>	

**Figura 3. Planilla utilizada en la evaluación sensorial para la escogencia de la formulación.**

## **5.- Evaluación de las características físicas, fisicoquímicas y funcionales de las harinas obtenidas.**

La acidez y el pH: se determinaron según los métodos oficiales de la AACC (1993), N° 02-52 y 02-31 respectivamente.

La densidad (“bulk density”): según método descrito por Subramanian y Viswanathan (2007). Para su determinación, se pesó en un cilindro graduado de 100 mL, el volumen correspondiente a 100 mL de muestra. La densidad se calculó a partir de la relación de masa del contenido (muestra) a volumen del cilindro. Se determinó además la determinación de la densidad compactada, para la cual se realizó el mismo procedimiento que en el de densidad sin compactar descrito, pero a diferencia que en esta caso se iba golpeando el cilindro con la finalidad de que no quedara espacio de aire entre las partículas de la harina.

Granulometría: de acuerdo a metodología descrita por Bedolla y Rooney (1984). Se pesaron 100 g de muestra y se colocaron en la serie de tamices Tayler de 40, 60, 80 y 120 mesh, los cuales previamente fueron apilados en orden creciente de tamaño de malla. Se agitaron a 320 revoluciones por minuto (rpm), durante 5 minutos usando un agitador mecánico. La cantidad de muestra retenida en cada tamiz se expresó directamente en porcentaje.

Color: método de Giese (1995) y Manual Hunter Lab (2001), se empleó el Colorímetro Triestímulo, modelo Color Flex, bajo el Software Color Universal Cielab. Se determinaron los parámetros:  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , para describir el color reflejado, utilizando el iluminante D65, en donde:

- L\*: mide la reflexión de la luz cuando ésta incide sobre la muestra en un ángulo de 45°, si la muestra es blanca, la reflexión es 100% y si es negra la reflexión es cero.
- a\*: mide el matiz e indica la longitud de onda dominante, los valores positivos de este parámetro miden el color rojo y los valores negativos miden el verde,
- b\*: mide la intensidad del color, los valores negativos miden el azul y los valores positivos miden el amarillo (Hunter, 2001).

Se calculó además el índice de blanco (IB), que representa la blancura total de la muestra de acuerdo a ecuación usada por Chin-Lin (2003):

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

Viscosidad: se tomó una concentración acuosa de harina calentada a 30 y 60°C en un beacker de 500 mL, se colocó en el viscosímetro Brookfield con una agua (spin) número cuatro y se procedió a medir la viscosidad a diferentes velocidades de corte (revoluciones por minuto), 6 rpm, 12 rpm, 30 rpm, 60 rpm; para ambas temperaturas (Smith, 1967).

Las propiedades viscoamilográficas: se evaluaron mediante la utilización del amilografo Brabender. Las curvas obtenidas se interpretaron de acuerdo al método descrito por Mazur y col. (1957).

Se determinó el índice de absorción de agua (IAA), el cual se realizó según el método descrito por Anderson (1982). El IAA se tomó como el peso del

remanente luego de la centrifugación y la decantación del agua. Se reportó en gramos del gel/g de muestra.

## **6.- Elaboración de las arepas y definición de sus parámetros de calidad.**

### **6.1.- Método de preparación de la arepa.**

Para preparar la masa para las arepas, se colocó en un bol 1 ½ taza de agua y sal al gusto, se añadió lentamente 1 taza de harina y se amasó continuamente hasta obtener una masa homogénea. Se dejó reposar por 5 minutos. Para elaborar la arepa, se le dio forma con la mano y se colocó en un budare, se le dio vueltas para dar cara a las arepas y luego se terminaron de cocinar en un gira-asador.

### **6.2.- Evaluación de los parámetros de calidad de la arepa a base de maíz y plátano.**

Para la evaluación de los parámetros de calidad de la arepa obtenida a partir de la mezcla de harinas de maíz y plátano se llevaron a cabo las siguientes determinaciones: humedad, acidez, pH, y color mediante las técnicas descritas anteriormente para la harina de plátano.

Para el perfil de textura (TPA) se utilizó un texturómetro TA\_XT2i marca Stable Micro Systems con un plato de compresión SMS p/75, La velocidad pre-ensayo, ensayo y post-ensayo fue de 2,00 mm/s, aplicando 75% de compresión durante 5 segundos. Las muestras de arepa evaluadas fueron cortadas en trozos de 4 cm<sup>2</sup> aproximadamente.

### **6.3.- Evaluación sensorial:**

Para realizar la evaluación sensorial de la arepa elaborada con la harina compuesta, escogida previamente en la evaluación afectiva de clasificación por rangos; se usó la prueba de aceptación para los siguientes parámetros: color, aroma, sabor y aceptación global; con escala hedónica verbal de 9 puntos, que se muestra en la Figura 4.

Se elaboraron treinta arepas de harina compuesta y el mismo número de arepas de harina de maíz, todas del mismo tamaño y grosor, las cuales se les presentaron a los panelistas de manera simultánea y en caliente.

Los treinta panelistas debían evaluar su aceptabilidad para cada parámetro (color, aroma, sabor y aceptación global) en las muestras dadas, según la escala hedónica presentada en la planilla.

### **III.- Análisis estadísticos.**

Los resultados reportados son los promedios de tres determinaciones, y se calculó la desviación estándar de cada uno de ellos. La evaluación sensorial se evaluó realizando un t-student mediante el programa estadístico STATGRAPHICS versión 5.1, para determinar si las muestras son estadísticamente diferentes para la característica evaluada a un nivel de significancia de  $p = 0,05$ .

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

A continuación se le entregan dos muestras de arepa para que usted evalúe su color, aroma, sabor y aceptación global. Con este fin, colocara en la fila en que aparece el código de la muestra el número que le corresponde de la siguiente escala hedónica:

9. Me gusta extremadamente

8. Me gusta mucho

7. Me gusta moderadamente

6. Me gusta ligeramente

5. Me es indiferente

4. Me disgusta ligeramente

3. Me disgusta moderadamente

2. Me disgusta mucho

1. Me disgusta extremadamente

Por favor tomar agua y comer un trozo de galleta entre muestras.

<b>Código muestra</b>	<b>Color</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Global</b>
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Comentarios:

\_\_\_\_\_

**Figura 4. Planilla utilizada para la evaluación sensorial del producto elaborado.**

## Resultados y Discusión.

### 1.-Características físicas: peso, dimensiones (largo, arco exterior, perímetro) y proporciones de piel y pulpa de los frutos de *Musa* AAB subgrupo plátano.

Se trabajó con tres racimos de plátanos, de los cuales se obtuvieron 192 dedos. Los resultados de la evaluación de las características físicas del plátano se muestran en la Tabla 2. Se observan valores altos de desviación estándar lo que nos indica que la materia prima es heterogénea en cuanto a sus características físicas, vemos con el valor del peso es el que presenta mayor variación con una desviación estándar de  $\pm 64,74$ ; Esta heterogeneidad es un factor que debe tomarse en cuenta para el diseño de equipos que faciliten su procesamiento, transporte y almacenamiento.

**Tabla 2. Características físicas del plátano.**

Arco exterior (cm)	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Peso (g)
25,23 $\pm$ 2,57	15,39 $\pm$ 1,02	18,90 $\pm$ 2,36	340,17 $\pm$ 64,74

Media  $\pm$  desviación estándar n=192.

Estas diferencias de variabilidad entre los plátanos están ligadas al número y edad de las células que constituyen el fruto. Ya que, los plátanos no crecen de manera simultánea, el crecimiento comienza de la parte superior desplazándose a la inferior, comenzando desde el raquis que está unido a la planta. (Gilbert y col., 2009). Además influye el hecho de que los plátanos aquí estudiados pertenecen a tres racimos diferentes, cada uno con un crecimiento propio y particular, existe variabilidad entre ellos como lo indican los resultados

obtenidos.

## 2.- Obtención de harinas, rendimiento y eficiencia.

Los resultados del proceso de obtención de las harinas de plátano se muestran en la Tabla 3. Se utilizaron 61,05 Kg de plátano, de los cuales 37,17 Kg correspondieron a la pulpa o parte comestible. Esta pulpa se procesó obteniendo 16,09 Kg de harina, lo que equivale a un 25,97% de rendimiento de parte comestible en forma de harina relacionado al peso total de plátano o al 43,28 % en función de la parte comestible. Se obtuvieron además, 3,52 Kg de harina partiendo de 24,78 Kg de cáscara, lo que equivale a 5,68% de rendimiento de la cáscara en forma de harina relacionado al peso total de plátano o al 14,21% relacionado a la parte utilizada (cáscara) (Ver anexos1).

**Tabla 3.Rendimiento y eficiencia de las harinas de plátano obtenidas.**

<b>Parámetros</b>	<b>Pulpa</b>	<b>Cáscara</b>
Plátanos procesados con concha (kg)	61,950	61,950
Pulpa procesada en Kg	37,170	-
Porcentaje de pulpa (%)	60.00	-
Cascara Kg	-	24,780
Porcentaje de cascara	-	40,00
Harina Obtenida Kg	16,090	3.520
Humedad de la pulpa (%)	59,12	-
Humedad de la cáscara (%)	-	87.17
Humedad de la Harina de pulpa (%)	9.97	-
Humedad de la harina de cáscara (%)	-	9.04
Rendimiento en relación al plátano entero (%)	25.97	5,68
Rendimiento en relación a la parte aprovechable (%)	43,28	14,21
Eficiencia	0,95	0,67

La Tabla 3 resume los parámetros de procesamiento de la harina de pulpa y cáscara, mostrando los valores de rendimiento y eficiencia del proceso calculado en cada una de las harinas obtenidas, los cuales son relativamente altos. Pérez y col. (2007) señalan valores similares de rendimiento (27,3% y 25,7%) y eficiencia (0,84% y 0,78%), similares para harinas obtenidas a partir de tubérculos. Cabe mencionar que en la literatura consultada no se encontraron datos referentes a estos parámetros en harina de plátano.

Este parámetro nos indica cuán productivo puede ser la elaboración de harinas a base de harina de plátano verde, el valor obtenido indica un alto porcentaje en cuanto al rendimiento y eficiencia del procesamiento, tomando en cuenta que la pulpa de plátano verde posee un alto contenido de humedad (59,12%), por lo que se evidencia que hay poca pérdida de sólidos durante el proceso de deshidratación. Para el caso de la harina de cáscara se puede ver que el proceso es rentable y eficiente por sus altos valores encontrados 14,21% y 0,67% respectivamente. Aunque, en comparación con los valores obtenidos para la harina de pulpa son menores, esto puede deberse a que el porcentaje de humedad de la cáscara del fruto es de 87,17%, mayor que el de la pulpa. Sin embargo, la obtención de estas harinas indica que sería muy rentable a nivel industrial, la elaboración de harinas utilizando esta materia prima autóctona.

### **3.- Formulación de la harina para elaborar arepas, a partir de una mezcla de harina de la pulpa y cáscara del plátano y harina de maíz pre-cocida.**

Para escoger la harina compuesta, se realizó una prueba afectiva de clasificación por rangos utilizando la planilla que se muestra en la Figura 3. Para ello se organizó un panel de treinta personas de ambos sexos y de edad comprendida entre los 18 y 50 años; el cual evaluaría las trece formulaciones

que se muestran en la Tabla 1, las cuales se rotularon aleatoriamente. Debido a que muchas formulaciones no serían manejables por el panel evaluador a la vez, se dividieron las muestras aleatoriamente en dos grupos; uno de seis muestras y otro de siete y se realizó la evaluación de un grupo un día y la del otro grupo otro día, para no sobrecargar sensorialmente a los panelistas, y obtener de esta manera resultados más significativos.

La suma de rangos se realizó sumando la posición ocupada de cada muestra por los diferentes panelistas (ver anexos 2), los resultados obtenidos al calcular la suma de rangos se muestran en la Tabla 4, donde las primeras seis formulaciones pertenecen al primer grupo y las siete siguientes al segundo. Una vez obtenidos estos valores, se procedió a buscar en la Tabla de rangos totales teóricos requeridos para un nivel de significancia de 5 % según Kahan y col. (1973), para un total de treinta panelistas y seis o siete muestras según el caso. Encontrándose, que no hay diferencia significativa entre las diferentes muestras, esto lo indica el par superior de rangos de la Tabla 5, ya que la suma de rango de las diferentes muestras no sale de estos límites determinados, de serlo, el segundo par nos indicaría cuál de esas muestras lo es. La decisión en este caso se tomó por comentarios de los panelistas, ya que el color, fue el parámetro que mostro rechazo. Entre todas las muestras; solo dos formulaciones, la 779 y 925, fueron las que mostraron un color más aceptado y se sabe por los comentarios de los panelistas: “*ésta arepa si se parece más a la arepa normal*”. Entonces por lo anteriormente expuesto se decidió por estas dos formulaciones, ya que su color era más parecido al característico del producto comercial. Por último, se escogió continuar la investigación con la que contenía mayor porcentaje de sustitución de harina de plátano de las dos formulaciones, en este caso 20 % (15% de harina de pulpa y 5% de harina de cáscara), ya que era el principal interés de este estudio.

**Tabla 4. Resultados de la suma de rangos de las trece formulaciones.**

<b>Formulación (*)</b>	<b>Código de la muestra</b>	<b>Suma de rangos</b>
80-10-10	756	110
70-15-15	962	108
70-10-20	413	102
70-05-25	942	116
80-05-15	408	100
70-20-10	539	94
50-25-25	422	125
50 10 40	683	136
50-05-45	727	141
90-05-05	779	97
80-15-05	925	95
50-20-30	725	106
0-50-50	738	147

(\*) Las relaciones mostradas equivalen a los gramos de las harinas en el siguiente orden: harina de maíz, harina de pulpa, harina de cáscara. Las primeras seis muestras pertenecen al primer grupo evaluado y las siete siguientes al segundo grupo.

**Tabla 5. Rangos totales requeridos a un nivel de 5% de significancia, para ambos grupos de evaluaciones (Kahan y col., 1973).**

<b>Código de la muestra</b>	<b>Rangos</b>
<b>de la 756 a la 539</b>	<b>83 – 127</b> <b>90 – 120</b>
<b>de la 422 a la 738</b>	<b>93 – 147</b> <b>102 – 138</b>

#### 4.- Composición proximal y análisis químico de las harinas obtenidas.

Una vez procesada la materia prima y obtenida las harinas de pulpa, cáscara y compuesta (plátano:maíz), 80% harina de maíz pre-cocida, 15% harina de pulpa y 5 % harina de cáscara, escogida previamente mediante la evaluación sensorial, se procedió a la determinación del análisis proximal y químico, los cuales permiten caracterizarlas para su uso en el desarrollo de productos.

**Tabla 6. Análisis proximal y químico de las harinas obtenidas y el producto formulado.**

Componentes	Harina de pulpa	Harina de cáscara	Harina compuesta
Humedad	9,97 ± 0,06 <sub>e</sub>	9,04 ± 0,4 <sub>f</sub>	9,71 ± 0,21 <sub>e</sub>
Cenizas <sub>a</sub>	2,18 ± 0,09 <sub>e</sub>	7,59 ± 0,18 <sub>f</sub>	1,04 ± 0,04 <sub>g</sub>
Proteína cruda <sub>a,b</sub>	2,35 ± 0,03 <sub>e</sub>	5,80 ± 0,11 <sub>f</sub>	5,84 ± 0,006 <sub>f</sub>
Grasa cruda <sub>a</sub>	0,51 ± 0,06 <sub>e</sub>	3,47 ± 0,09 <sub>f</sub>	1,35 ± 0,003 <sub>g</sub>
Fibra detergente neutra (FDA) <sub>a</sub>	0,9 ± 0,01 <sub>e</sub>	7,33 ± 0,02 <sub>f</sub>	1,29 ± 0,25 <sub>g</sub>
Fibra dietaria <sub>a</sub>	2,3 ± 0,11 <sub>e</sub>	31,93 ± 0,18 <sub>f</sub>	2,87 ± 0,3 <sub>e</sub>
Azúcares reductores <sub>c</sub>	1,22 ± 0,0003 <sub>e</sub>	4,58 ± 0,07 <sub>f</sub>	0,8 ± 0 <sub>g</sub>
Azúcares no reductores <sub>d</sub>	3,28 ± 0 <sub>e</sub>	0,18 ± 0,05 <sub>f</sub>	3,33 ± 0,17 <sub>g</sub>

Media ± desviación estándar n=3; a = % base seca; b = N x 6,25; c=g de maltosa / 100 g de harina; d=g de sacarosa /100 g de harina; letras iguales, (e, f, g) en la misma fila indica que no existe diferencias significativas al nivel (p ≤ 0,05).

En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de los análisis de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra detergente neutra (FDN), fibra dietaria, azúcares reductores y no reductores de las harinas obtenidas del plátano y la harina compuesta de plátano:maíz.

El contenido de humedad de los alimentos se utiliza frecuentemente como índice de calidad y estabilidad. Así mismo, el contenido de humedad condiciona el tiempo de vida de un producto en almacenamiento, el tipo de empaque a utilizar, el tipo de procesamiento que se puede aplicar al producto, etc. (Joslyn, 1970; citado por Becerra, 1983).

Los porcentajes de humedad obtenidos para la harina de pulpa de plátano fue de 9,97%, para la harina de cáscara de plátano 9,04% y para la harina compuesta fue de 9,71%, mostrando valores mayores a los reportados por Pacheco (2001), 5,47%; Juárez y col. (2006), 7,1%, González y Pacheco (2006), 5,18%. Sin embargo, Pacheco y col. (2008) reportaron valores de 11,75% utilizando un deshidratador de bandejas para la obtención de la harina y Aguirre y col. (2007), 12,6% utilizando el fruto completo. Lo que es de suma importancia es que no se exceda el límite máximo permitido de humedad para las harinas, según Norma COVENIN N°2135-1996, que es 13,5%, por encima de este valor, no se tendría un producto estable, ya que sería muy susceptible a ser deteriorado por hongos u otros microorganismos.

La determinación de cenizas en los alimentos permite conocer la cantidad y tipo de residuos inorgánicos. Indica, además, la calidad de la harina y de los productos obtenidos a partir de ella así como su pureza. En la Tabla 6 se muestran los resultados de cenizas obtenidos para las diferentes muestras, harina de pulpa de plátano 2,18%, harina de cáscara de plátano 7,59% y harina

compuesta 1,04%. Pacheco, (2001) reporta 2 % de cenizas, lo que coincide con los valores obtenidos para la harina de la parte comestible y la compuesta. En el caso de la harina de cáscara se puede ver como el valor está por encima del reportado por Aguirre y col. (2007) utilizando el fruto completo para la obtención de la harina 4,63%. Ésta diferencia entre las diferentes harinas evaluadas puede deberse a los minerales presentes en la cáscara que se encuentran en mayor proporción que en el resto del fruto.

El contenido de proteína de un alimento es de gran importancia, debido a que ellas aportan los aminoácidos esenciales para el crecimiento. Las proteínas de los cereales, a pesar de tener deficiencia en algunos aminoácidos, han sido objeto de amplias investigaciones, debido a su importancia en la alimentación humana (Braverman, 1980).

En los ensayos realizados de proteína cruda se han encontrado diferencias significativas para la harina de pulpa (2,35%) en relación con las harinas de cáscara (5,80%) y compuesta (5,84%), siendo mayor en las dos últimas. En general, las musáceas presentan un contenido bajo de proteína en la pulpa Pacheco (2001) encontró 3,80%, Juárez y col. (2006) 3,3%, González y Pacheco (2006) 4,37%, lo que está en concordancia con lo encontrado en este estudio para la harina de pulpa.

Aguirre y col. (2007) determinaron un contenido de proteína de 4,03% en harina del fruto completo. Esto apoya los resultados encontrados respecto a un mayor contenido de proteínas en la cáscara, como se determinó en el presente trabajo.

En la harina compuesta, también se encontró un mayor contenido de proteína respecto a la harina de pulpa, lo que se debe principalmente a la proteína proveniente de la harina de maíz y al aporte realizado por la harina de

cáscara.

De acuerdo a la norma COVENIN 2135- 1996, el mínimo porcentaje de proteína para la harina de maíz pre-cocida debe ser de 7%, sin embargo de acuerdo a los valores obtenidos, se presume que la harina de maíz empleada contenía menos del 7% de proteína. Sin embargo habría que realizar la determinación de en el laboratorio de la harina de maíz para asegurar esta presunción.

De hecho si se calcula el contenido de proteínas de la harina de maíz por diferencia se tiene que:

- 1.- La harina de pulpa contiene 2,35 g de proteína por cada 100 g de harina.
- 2.- La harina de cáscara 5,80 g por cada 100 gramos de cáscara.
- 3.- Las proporciones de harina compuesta son 80 g de harina de maíz pre-cocida , 15 g de harina de pulpa y 5 g de harina de cáscara.

Entonces; el aporte de proteínas de la pulpa y cáscara por cada 100 g de harina compuesta es igual a:

Aporte de proteína por las harinas de plátano =  $15 \times 2,35 / 100 + 5 \times 5,80 / 100 = 0,35 + 0,29 = 0,64$ .

Si la harina compuesta contiene 5,84 gramos de proteína la diferencia será  $5,84 - 0,64 = 5,2$  g/100 g de proteína en la harina maíz

.

Diferentes autores, (INN 2001, Pacheco y col., 2008), han reportado que el porcentaje de grasa cruda, varía de 0,17 a 2,7% en la harina de pulpa y Aguirre y col. (2006), utilizando el fruto completo, encontraron 3,23%. Como se observa en la Tabla 6, los valores encontrados para las harinas de pulpa fue de 0,51%, para la harina de cáscara (3,47%) y para la harina compuesta (1,35%), los resultados obtenidos son coherentes con lo reportado en la literatura.

En vegetales con importante fracción fibrosa, es fundamental conocer la dinámica digestiva de la misma, en función de los componentes de la fracción citada. El análisis de Fibra Detergente Neutra y Acida según la metodología descrita por Van Soest y Wine (1967) y Van Soest y Wine (1968), se pueden inferir estos constituyentes.

De los resultados encontrados en las harinas, se observa que la harina de cáscara tiene significativamente mayor porcentaje de FDA y fibra dietaria que las otras dos harinas. Esto se debe, principalmente, a los componentes de la pared celular de los tejidos de la cáscara. La ingesta de harina de cascara podría constituir un importante aporte de fibra y proteína a los requerimientos de consumo de las personas, constituyéndose en un alimento natural y fácil de obtener.

En otras investigaciones realizadas por Pacheco (2001), Juárez y col. (2006), González y Pacheco (2006), Pacheco y col. (2008), se reportan resultados que van desde el 7 al 14 % de fibra dietaria, y para Aguirrez y col. (2007), utilizando el fruto completo, obtuvieron un valor por encima de éstos (17,14% de fibra dietaria); se puede ver entonces, cómo incrementa el contenido de la fibra al usar el fruto completo. En los resultados encontrados en cuando a los valores de fibra dietaria se puede ver que éstos están por debajo de los niveles encontrados por los autores en la harina de pulpa. Sin embargo, lo que es realmente significativo es que su porcentaje en la harina de cáscara es mayor que en cualquiera de las otras harinas e inclusive que los valores reportados. (Ver Tabla 6)

El plátano en estado verde está compuesto básicamente de almidón y al comenzar su período de maduración ocurre la transformación del mismo a

azúcares menores, producto de la actividad enzimática. Es del consenso que los polisacáridos, como lo es el almidón, se degradan a unidades más pequeñas, es decir, sus enlaces glucosídicos son escindidos, estando así en condiciones de experimentar transformaciones metabólicas (Cheftel, 1983)

La alfa-amilasa actúa sobre los enlaces alfa 1;4 de la amilosa y la amilopectina, separando moléculas largas de oligosacáridos a partir de almidón, mientras que la beta-amilasa ataca a la molécula de amilosa en su extremo no reductor, separando moléculas de maltosa en las posiciones 1;4 y continuando de esta forma hasta que llega al punto de ramificación del enlace 1:6, en donde su actividad se detiene.

Las moléculas de maltosa originadas de esta forma por la acción de las amilasas son atacadas por la enzima maltasa (o alfa glucosidasa) y convertidas en moléculas sencillas de glucosa.

En los resultados obtenidos en cuanto el contenido de azúcares reductores (expresado como maltosa) para la harina de pulpa fue de 1,22%, para la harina de cáscara (4,58%) y para la harina compuesta (0,8%), es igual al reportados por Pacheco (2001), que fue de 1,27% y Pacheco y col., (2008) para los diferentes métodos de obtención de la harina obtuvieron valores entre 1,27% y 1,74%. Los datos de azúcares reductores y no reductores presentes en las harinas son despreciables, aunque se ve una diferencia significativa en la harina de cáscara. En general, se podría inferir una incipiente degradación del almidón, lo que indica que el fruto se encuentra ciertamente en estado verde, de lo contrario se indicaría un comienzo de la maduración.

## 5.- Determinación de las características físicas, fisicoquímicas y funcionales de las harinas obtenidas.

La Tabla 7 resumen los valores de la caracterización físico-químico de las harinas de pulpa de plátano, cáscara de plátano y harina compuesta.

En cuanto a los análisis de pH y porcentaje de acidez expresado como ácido málico obtenidos para las diferentes harinas, se encontraron: pH de 5,32, 0,004% de acidez para la harina de pulpa de plátano, pH de 5,02 y 0,02% para la harina de cáscara de plátano y pH de 5,76 y 0,56% para la harina compuesta.

El pH es un parámetro de importancia, ya que se toma como patrón para medir el grado de intensidad de la acidez, la cual influye en el sabor y palatabilidad del producto. Pacheco y col. (2008) reportan valores muy similares de pH=5,1 para la harina de plátano de la variedad *Musa paradisiaca normalis* secada en deshidratador de bandeja. El pH de las harinas elaboradas esta dentro del rango de harinas comerciales como el trigo que es de 5,6 (COVENIN 217:2001).

**Tabla 7. Características físico-químicas de las harinas.**

Características	Harina de pulpa	Harina de cáscara	Harina compuesta
pH	5,32 ± 0,012 <sub>b</sub>	5,02 ± 0,02 <sub>c</sub>	5,76 ± 0,02 <sub>d</sub>
Acidez titulable <sub>a</sub>	0,004 ± 0,0002 <sub>b</sub>	0,02 ± 0,0002 <sub>c</sub>	0,008 ± 0,0007 <sub>d</sub>
Densidad sin compactar (g/ml)	0,48 ± 0,07 <sub>b</sub>	0,41 ± 0,12 <sub>c</sub>	0,56 ± 0,24 <sub>d</sub>
Densidad compactada (g/ml)	0,75 ± 0,14 <sub>b</sub>	0,63 ± 0,16 <sub>c</sub>	0,83 ± 0,77 <sub>d</sub>
IAA (g gel/ g solido)	3,32 ± 0,02 <sub>b</sub>	1,14 ± 0,001 <sub>c</sub>	4,78 ± 0,06 <sub>d</sub>

Media ± desviación estándar n=3; a=expresado como porcentaje de ácido málico; Letras iguales (b,c,d) en la misma fila indica que no existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La densidad es un índice que resulta de calcular el peso que tiene la unidad de volumen de muestra, y a pesar que no existe una norma que regule sus valores críticos, sí es claro que está afectado por parámetros como el porcentaje de humedad, la presencia de impurezas, el tamaño de las partículas, etc. En los ensayos realizados de densidad, con y sin compactar la muestra, se ve que los resultados presentan el mismo comportamiento en las tres harinas, es mayor la densidad en las harinas compactadas que sin compactar. En la harina de pulpa de plátano se obtuvo 0,48 g/ml y 0,75 g/ml sin y compactando la harina respectivamente, para la harina de cáscara de plátano se obtuvo 0,41 g/ml y 0,63 g/ml sin y compactando la misma respectivamente y para la harina compuesta se obtuvo 0,56 g/ml y 0,83 g/ml sin y compactando harina. Las diferencias que se encuentra entre las diferentes harinas se deben a características de sus componentes.

La cuantificación de la densidad en las harinas permite el establecimiento de la propiedad de las harinas funcionales, en relación con el transporte y el almacenamiento, también es importante en el diseño de maquinarias (Pacheco y col., 2008).

Los gránulos de maíz están constituidos por un alto porcentaje de carbohidratos, representados en su mayoría por el almidón, homopolisacárido que se encuentra presente como esferocristales intercelulares compactos y prácticamente insolubles en agua fría (Cheftel, 1983). Cuando los gránulos de almidón se exponen al mismo tiempo a la humedad ya al calor (entre 62 y 74°C), se hinchan debido a una absorción de agua por los grupos polares hidroxilo, absorción que puede alcanzar desde 0,5 veces su peso en agua en el almidón nativo, 2 veces en el almidón dañado y 20 veces en el almidón gelatinizado (Cheftel, 1983)

El IAA señala la capacidad de los gránulos de almidón en relación a su peso, de incorporar agua. Se puede observar en los resultados expuestos en la Tabla 7, como la harina compuesta muestra mayor capacidad de incorporar agua e hincharse (4,78 g gel/g sólido), que la harina de pulpa (3,32 g gel/g sólido) y por último la harina de cáscara (1,14 g gel/g sólido). Esto se debe a que el maíz incorpora mucha más cantidad de agua que el almidón del plátano, ya que la harina de maíz se encuentra pre-cocida, por lo tanto, sus almidones gelatinizados tienen mayor absorción que el almidón de plátano que se encuentra en su forma nativa. Sin embargo, se puede ver que la harina de pulpa presenta un índice de absorción de agua aproximadamente igual al de la harina compuesta. Los almidones de musáceas muestran una alta resistencia a la digestión tanto “in vitro” como “in vivo” (Faisant y col., 1995). Esta resistencia a la hidrólisis puede ser explicada por varios factores como grado de cristalinidad, contenido de amilosa, morfología del gránulo del almidón y proceso calórico (Englyst y col., 1992; Tovar, 1994).

En la Tabla 8 se observan los valores obtenidos del color de las harinas, el cual fue medido usando el colorímetro Hunter. Se midieron los tres parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . El parámetro  $L^*$  mide la reflexión total de luz cuando ésta incide en ángulo de  $45^\circ$ ; si la muestra es blanca la reflectancia será 100; si es negra será cero. El valor obtenido para este parámetro en la harina de pulpa de plátano fue  $L^* = 87,57$ , en la harina de cáscara fue  $L^* = 53,91$  y en la harina compuesta fue  $L^* = 75,7$ .

El parámetro  $a^*$  mide el matiz e indica la longitud de ondas predominante, valores negativos de  $a^*$  mide el verde, en tanto, los positivos, el rojo, el valor obtenido para este parámetro fue  $a^* = 1,75$  en la harina de pulpa de plátano,

$a^*$ = 6,09 en la harina de cáscara y  $a^*$ = 2,64 en la harina compuesta. El parámetro  $b^*$  mide la intensidad del color y va del azul si el valor es negativo, y amarillo si el valor es positivo (Hunter, 2001), el valor obtenido fue  $b^*$ =9,74 en la harina de pulpa,  $b^*$ = 18,25 en la harina de cáscara y  $b^*$ = 13,23 en la harina compuesta

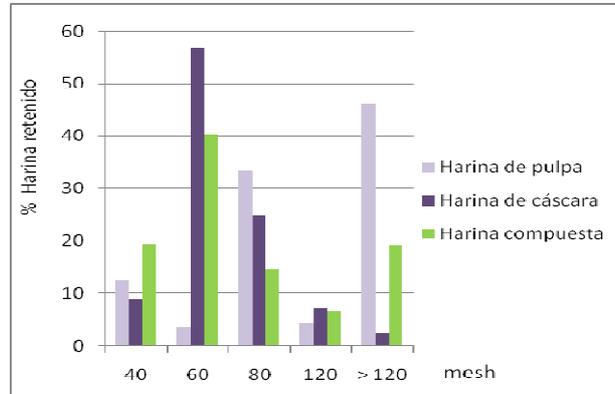
Por último, el índice de blanco, mide el grado de desviación de la harinas con respecto a un blanco perfecto, el cual fue IB = 84,11 en la harina de pulpa, IB= 50,06 en la harina de cáscara y IB= 72,21 en la harina compuesta. Estos resultados indican que la harina de pulpa de plátano y harina compuesta presenta un color blanco amarillento y en el caso de la harina de cáscara es una harina de un color blanco arenoso. El color es un parámetro físico importante en la calidad de las harinas (Pacheco y col., 2008)

**Tabla 8. Parámetros para describir el color reflejado en las harinas.**

Parámetro	Harina de pulpa	Harina de cáscara	Harina compuesta
L*	87,57 ± 0,005	53,91 ± 0,05	75,7 ± 0,04
a*	1,75 ± 0,005	6,09 ± 0,01	2,64 ± 0,01
b*	9,74 ± 0,005	18,25 ± 0,02	13,23 ± 0,01
IB	84,11 ± 0,01	50,06 ± 0,05	72,21 ± 0,03

L\*: negro=0, blanco=100; a\*: + = rojo, - = verde; b\*: + = amarillo, - = azul.  
IB: índice de blanco

Los resultados de la granulometría para las harinas de pulpa y cáscara de plátano y la harina compuesta; se muestran en la Figura 5.



**Figura 5. % de las tres harinas retenidas en los tamices.**

De los resultados mostrados en la Figura 5, se observa la variación en la distribución del tamaño granular de los tres tipos de harinas. Para la harina de pulpa, se reporta el mayor % de retención en el tamiz de >120 mesh y para las otras dos harinas en el tamiz de 60 mesh. Esto indica que existen diferencias estructurales en la materia prima al momento de la reducción de tamaño, que la harinas de cáscara y compuesta tienen un mayor número de partículas gruesas que la harina de pulpa y por ende, se observa mayor retención de las mismas en el tamiz de 60 mesh, en cambio las partículas de la harina de pulpa son más finas que la de las anteriores; este tamaño de partícula se debe principalmente a los constituyentes de las diferentes harinas y a el comportamiento de las mismas en el proceso de molienda empleado.

Dependiendo del tamaño de las partículas se garantizará un mezclado más homogéneo de las mismas siendo su granulometría un parámetro de calidad de las harinas.

La evaluación reológica de las harinas consistió en el análisis de viscosidad aparente mediante un viscosímetro Brookfield y del comportamiento viscoamilográfico empleando un viscoamilografo Brabender. Los resultados de la

viscosidad aparente medida a 30 y 50° C con una aguja # 4 a diferentes tasas de corte (rpm) se muestran en las figuras 6, 7 y 8 para las diferentes harinas.

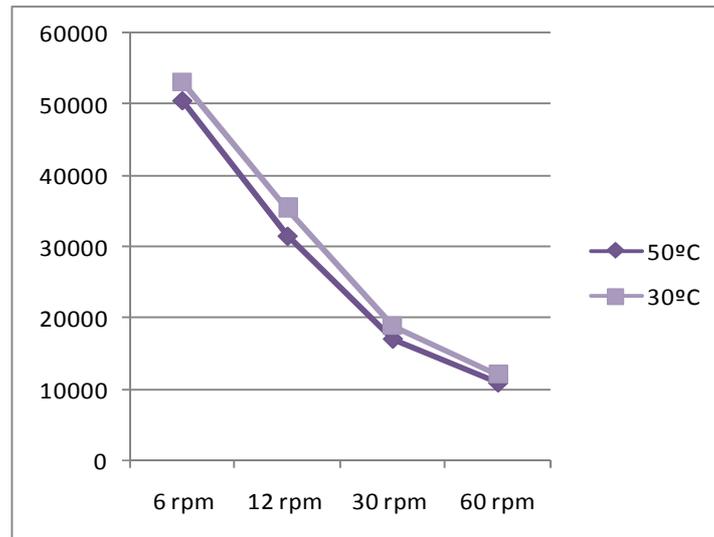


Figura 6. Curva de viscosidad aparente para la harina de pulpa.

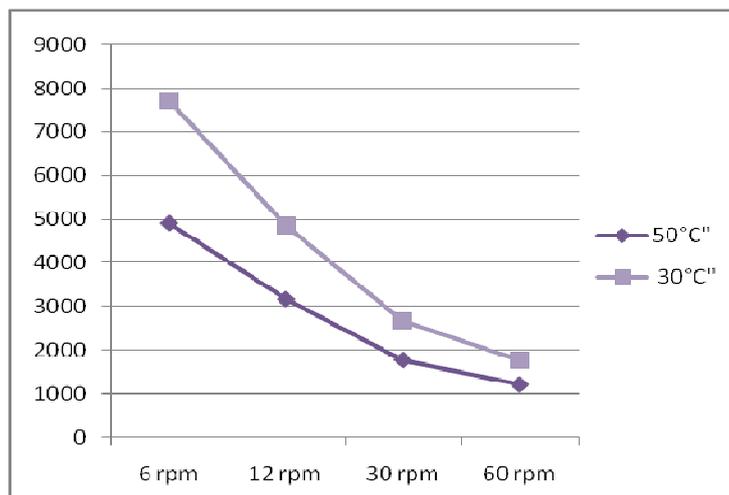
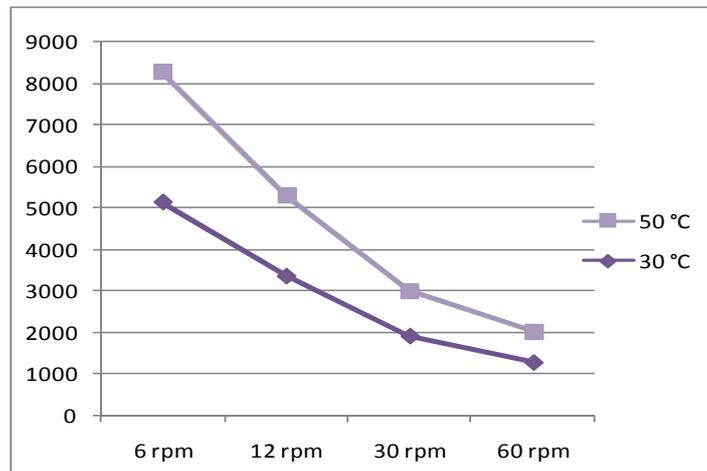


Figura 7. Curva de viscosidad aparente para la harina de cáscara.



**Figura 8. Curva de viscosidad aparente para la harina compuesta.**

En general, el comportamiento de las tres harinas frente al aumento del esfuerzo cortante es disminución de la viscosidad, esta es una característica de líquidos no newtonianos pseudoplásticos (Singh y Heldman, 1998). Se puede observar la misma tendencia para las harinas de pulpa y cáscara de plátano, disminuyendo la viscosidad aparentes al aumentar la temperatura. Para el caso de la harina compuesta, que presenta un comportamiento inverso es decir; mayor viscosidad a los 50 °C, este se debe a la presencia de la harina de maíz, cuyos almidones tienen el poder de hincharse mucho más que los de plátano, ya que esta pre-gelatinizada por ende absorbe agua más rápidamente, desarrollando mayor viscosidad.

Los resultados obtenidos en la viscosidad aparente fue comparado con el trabajo de Pérez (1993), este autor observó valores de viscosidad en el almidón nativo de yuca que disminuían cuando aumentaba la tasa de corte medidos a las mismas temperaturas de 50°C y 30°C, lo cual revela el carácter pseudoplástico

de este fluido. Por otra parte González y Pérez, (2003) reportan en su estudio que el incremento de la viscosidad aparente al disminuir la temperatura de 50 °C a 30°C, refleja la tendencia a la reasociación de las macromoléculas presentes.

En el caso de la harina compuesta, ésta presenta un comportamiento inverso al de las harinas de pulpa y cáscara de plátano, siendo mayor la viscosidad a los 50 °C, lo que podría deberse a la presencia de la harina de maíz, cuyos almidones tienen el poder de hincharse mucho más que los de plátano, ya que está pre-gelatinizada y por ende, absorbe agua más rápidamente desarrollando mayor viscosidad.

Vale, (1982) en su estudio realizado sobre almidones provenientes de cinco variedades de yuca obtuvo el aumento de la solubilidad y del poder de hinchamiento del almidón a medida que aumentaba la temperatura, al igual Di Claudio (1984) reporta en su estudio el aumento de la solubilidad y del poder de hinchamiento del almidón proveniente de dos clones de yuca, evaluados a las temperaturas de 55°C hasta 85°C en donde no se obtuvo diferencias significativas en el aumento de la solubilidad y del poder de hinchamiento entre los dos clones estudiados. Este comportamiento es consecuencia del efecto de la temperatura sobre los enlaces de hidrógeno, debilitándolos y permitiendo la absorción progresiva de agua por el gránulo; este proceso continúa hasta la temperatura de gelatinización del almidón, en la cual el gránulo presenta su máximo hinchamiento antes de que ocurra su ruptura y posterior solubilización.

El perfil viscoamilográfico de las harinas de pulpa y cáscara de plátano y de la compuesta (plátano-maíz) se realizó a una concentración de 8 %, los resultados se muestran en las Tablas 9 y las Figuras 9,10 y 11 respectivamente.

**Tabla 9. Características reológicas medidas en el amilógrafo Brabender para las diferentes harinas.**

<b>Parámetros</b>	<b>Harina de pulpa</b>	<b>Harina de cáscara</b>	<b>Harina compuesta</b>
Viscosidad inicial (UB) (A)	5	13	5
Temperatura inicial de gelatinización (°C)	75,9	82,8	75,9
Pico de viscosidad máxima (B)	440	69	92
Temperatura pico máximo de viscosidad	88,8	88,9	89,1
Viscosidad a 90 °C (C)	365	72	98
Viscosidad a 90 °C x 30 min (D)	396	78	106
Viscosidad a 50 °C (E)	396	163	166
Breakdown o estabilidad (B-D)	44	-10	-14
Setback o asentamiento (E-D)	0	85	60

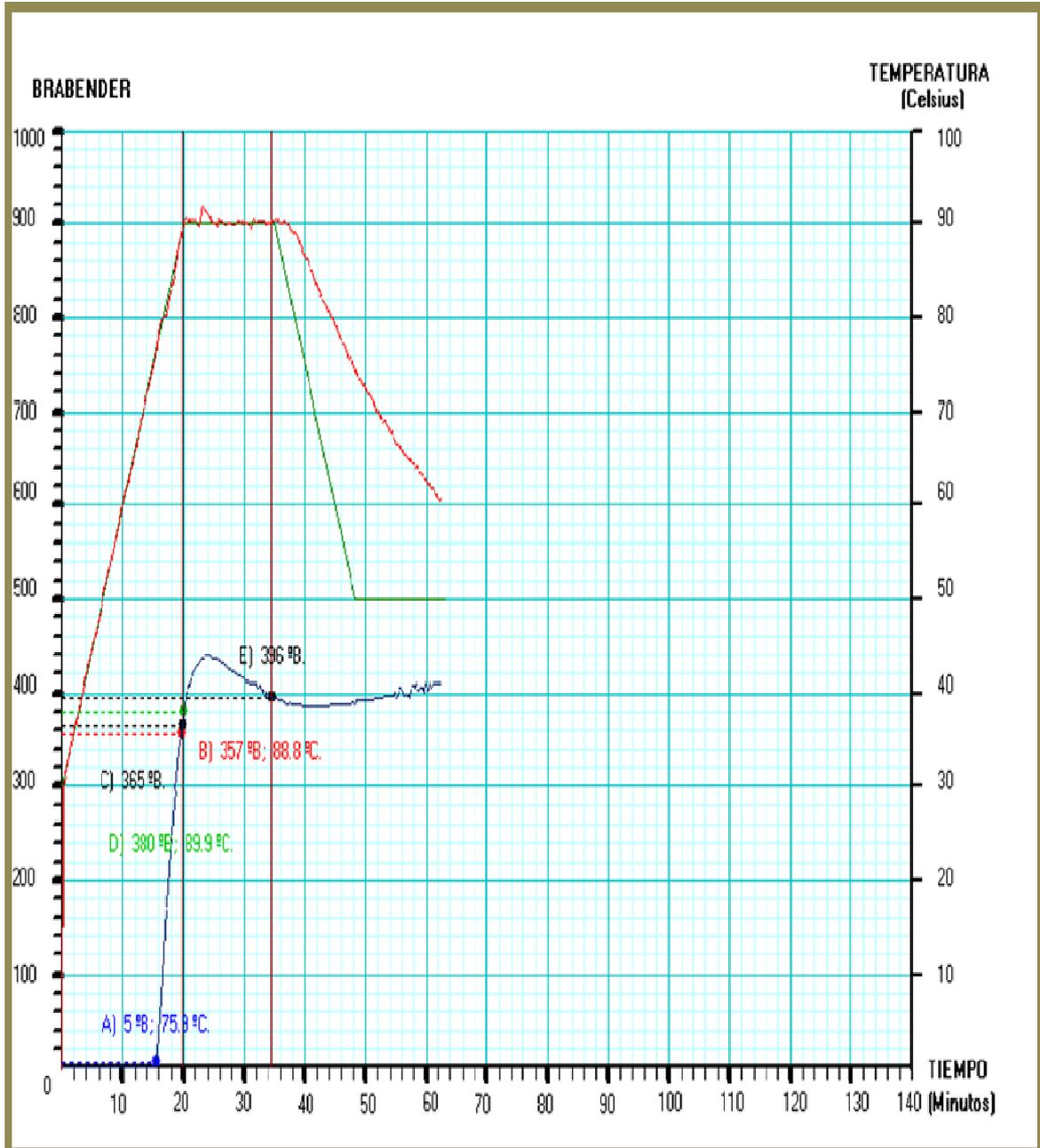


Figura 9. Amilograma de la harina de pulpa de plátano en 8%.

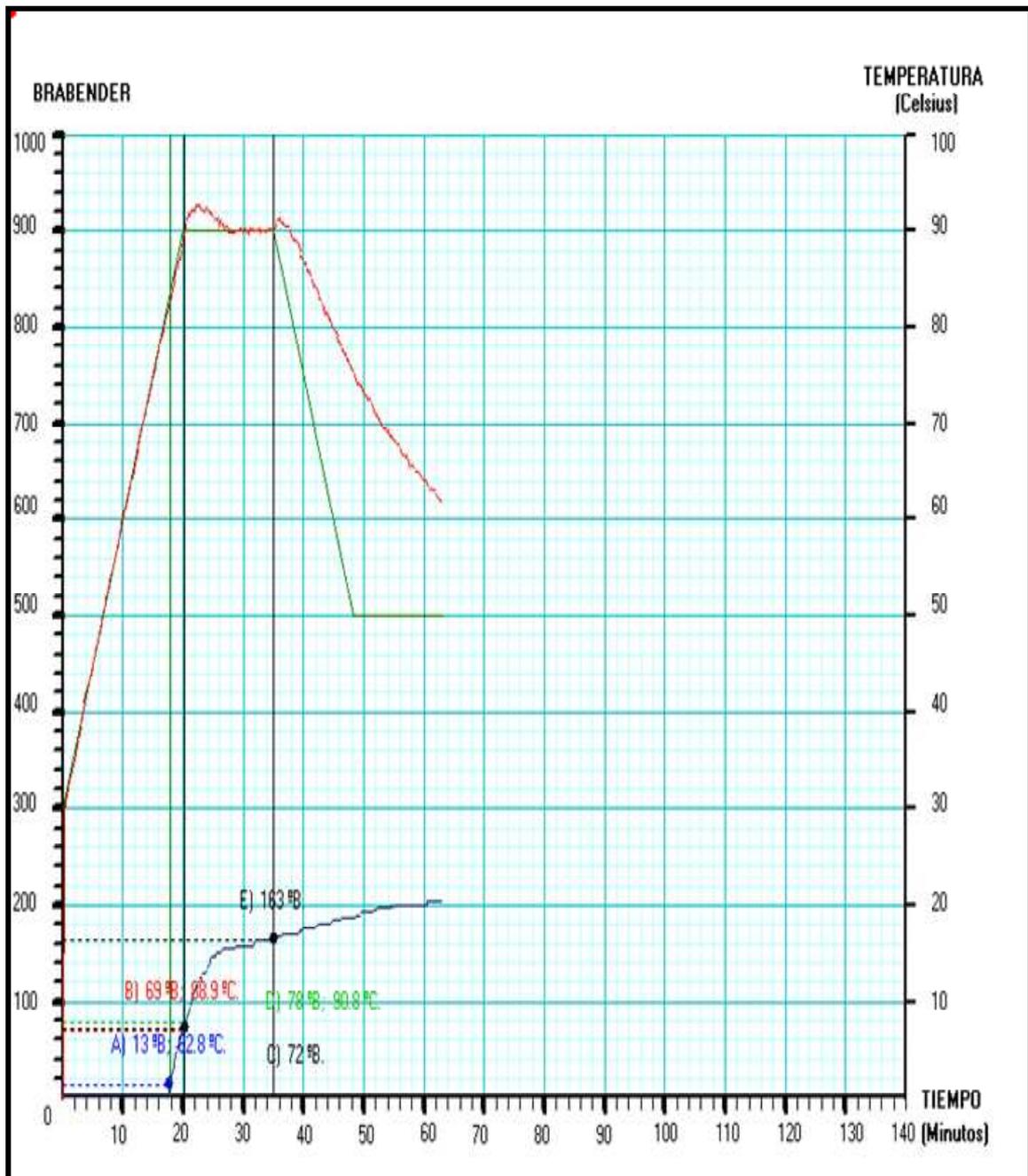


Figura 10. Amilograma de la harina de cáscara de plátano en 8%.

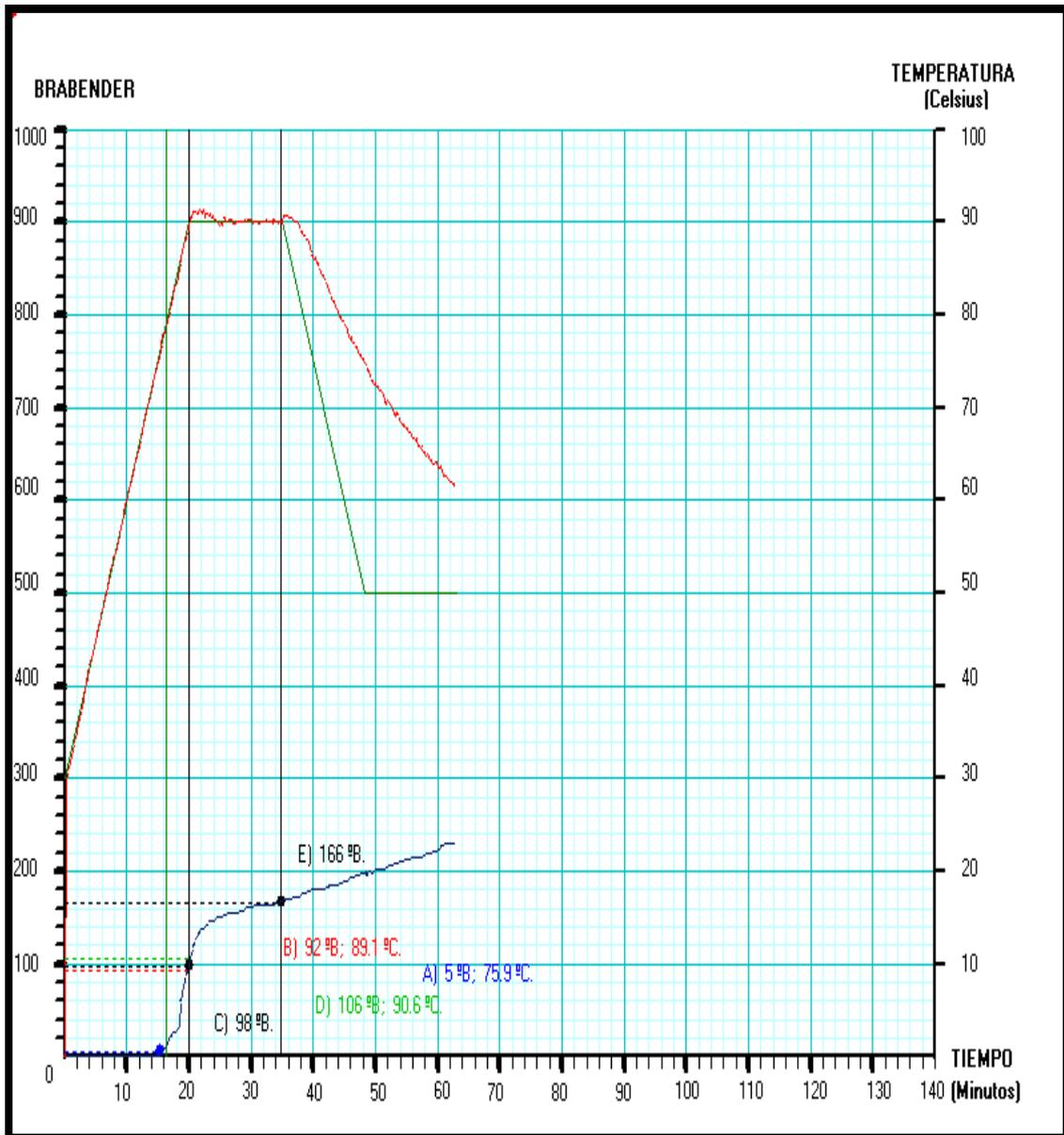


Figura 11. Amilograma de la harina compuesta plátano-maíz en 8%.

La gelatinización del almidón involucra un proceso de dos fases: una que consiste en un hinchamiento inicial del granulo de almidón, donde la absorción de agua a través de las zonas cristalinas, por una relajación o rompimiento provocado en los enlaces débiles de hidrógeno presentes en las cadenas de amilosa y amilopectina. Esta absorción es por efecto de la energía calórica suministrada al incrementar la temperatura, lo cual hace que el agua pueda penetrar en la estructura con mayor facilidad y, por ende, los gránulos de almidón se hidratan e hinchan. La otra etapa es la disolución de éste por agotamiento en las zonas cristalinas, lo cual facilita la entrada de agua a la molécula de almidón, comenzando entonces el debilitamiento de las fuerzas intermoleculares en la zona amorfa (amilosa) ocurriendo a altas temperaturas, ésta se solubiliza, formando un matriz intergranular lo que produce un incremento de la viscosidad ( Wong,1994, citado por Sabino, 2005).

Los resultados encontrados en este estudio indican que la harina de pulpa desarrolló una viscosidad inicial de 5 unidades Brabender (UB) a 75,9°C; la harina de cáscara 13 UB a 82,8 °C y la harina compu esta 5 UB a 75,9 °C. La temperatura inicial de gelatinización es un índice directo del grado de cristalinidad del almidón (Ellis y col. 1998).

Investigaciones efectuadas por Pérez (1994) demostraron que el almidón de plátano tiene un rango de temperatura de gelatinización que va entre 59,3 a 95°C. Contrario a estos resultados, Ling y col. (1982), en su estudio sobre propiedades de los almidones de *Musa Cavendish* para cinco muestras, obtuvieron temperaturas de gelatinización entre 70,1 y 74,6°C.

El pico de viscosidad máxima fue 440 UB a 88,8 °C para la harina de pulpa, 69 UB a 88,9°C para la harina de cáscara y 92 UB a 89,1°C para la harina

compuesta; éste parámetro representa la capacidad de este almidón de hincharse antes de romperse. Se puede ver en los resultados que los gránulos de almidón de la harina de pulpa son los que tienen mayor capacidad de hincharse que los de formulación y por último que los de la cáscara que indica que los enlaces intramicelares del almidón de cáscara son más resistentes que los de las otras dos harinas.

Betancur (2003) expone que en el rango comprendido entre 70 y 90°C, los gránulos de almidones nativos de maíz y plátano se hincharon gradualmente a medida que se aumento la temperatura, como resultado de la ruptura de los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas, que permiten una absorción irreversible y progresiva de agua.

El calentamiento a los 90 °C fue de 365 UB, para la harina de pulpa, 72 UB y 98 UB para las harinas de cáscara y compuesta, respectivamente. Como se puede observar, las muestras lograron alcanzar una viscosidad muy parecida al pico máximo de viscosidad, esto indica que la ruptura de los almidones se inicia antes de llegar a la temperatura final de gelatinización.

La viscosidad después de calentar durante 30 minutos a 90 °C corresponde a 396 UB, 78 UB, 106 UB para las harinas de pulpa, cáscara y compuesta respectivamente. Estos valores se mantienen un poco por encima con respecto al pico de viscosidad máxima.

La viscosidad después de ser enfriada la suspensión a 50°C, es de 396 UB, 163 UB y 166 UB para las harinas de pulpa, cáscara y compuesta respectivamente. Rasper, 1980, citado por Matos, 2001, menciona que el breackdown es el índice de la fragilidad de los gránulos de almidón durante el

calentamiento frente a determinadas fuerzas de corte, mientras mayor sea el valor de breakdown, menor será la estabilidad frente a las fuerzas de corte durante el periodo de calentamiento, se observa entonces que el comportamiento del breakdown para la harina de pulpa fue de 44 UB, mientras que para la harina de cáscara y compuesta se obtuvieron valores negativos de breakdown lo que indica que los gránulos de almidón de estas harinas tienen más estabilidad que los de la harina de pulpa, ya que tiene valores más cercanos a 0 UB.

Un estudio comparativo llevado a cabo por Pérez (1997) entre el almidón de plátano (*Musa paradisiaca Normalis*) y un almidón de maíz comercial reveló, en los resultados del viscoamilograma de una suspensión al 8%, que el almidón de plátano mostró mayor viscosidad durante todo el ciclo de calentamiento-enfriamiento que el almidón de maíz. El valor de breakdown fue de cero para el almidón de la musácea, lo que significa que el gránulo de almidón de plátano es, más resistente a retrogradar.

De los amilogramas para las diferentes harinas se puede decir que, la harina de pulpa presenta menor tendencia a retrogradar, menor valor de asentamiento. Este hecho podría influir en las características de textura del producto durante su elaboración y tiempo de espera antes de ser consumirlo.

## **6.- Análisis de los parámetros de calidad de la arepa.**

Se definieron como parámetros de calidad el contenido de humedad, el pH, la acidez titulable, el color, la textura y la aceptabilidad por un panel evaluador.

En cuanto a la humedad, pH y acidez titulable, se obtuvo los resultados que se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10. Parámetros de calidad de la arepa de harina compuesta.**

Parámetro	Arepa (Plátano-maíz)
Humedad (%)	53,30 ± 0,31
pH	6,36 ± 0,02
Acidez titulable <sub>a</sub>	0,002 ± 0,05

Media ± desviación estándar n=3; a= expresado como porcentaje de ácido málico.

Se puede observar que la arepa presenta una humedad de 53,30 %, esto se debe a que para su elaboración se requiere agua, como se muestra en la Tabla 6, el porcentaje de humedad de la harina compuesta, es de 9,71 % lo que nos indica que absorbe casi un 45% de agua. En cuanto al pH, el valor indica que el producto está cercano a la neutralidad.

**Tabla 11. Parámetros para describir el color reflejado en las arepas.**

Parámetro	Arepa de harina compuesta	Arepa de harina de maíz
L*	50,47 ± 0,18	75,92 ± 0,01
a*	4,06 ± 0,07	1,81 ± 0,01
b*	13,41 ± 0,15	25,11 ± 0,05
IB	48,52 ± 0,2	65,16 ± 0,05

Media ± desviación estándar n=3; L\*: negro=0, blanco=100; a\*: + = rojo, - = verde; b\*: + = amarillo, - = azul.  
IB: índice de blanco

Estos resultados indican que la arepa de maíz es más blanca que la arepa de harina compuesta, ya que el valor de IB= 65,16 estando más cercano a 100 que el IB= 48,52 de la arepa de harina compuesta.

El término textura abarca un conjunto de características reológicas en alimentos. Algunas de las cuales se pueden medir mediante la utilización de un texturómetro. Este equipo puede proporcionar la información sobre la fuerza de compresión, que en éste caso es de interés particular, ya que esta fuerza es la que mejor simula el mordisco humano. Para este caso se evaluó la compresión de las muestra de arepa de harina compuesta y de harina de maíz, según los parámetros que se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12. Parámetros evaluados con el texturómetro para la arepa de harina compuesta y de maíz.**

<b>Arepa</b>	<b>Dureza (g)</b>	<b>Gomosidad</b>	<b>Elasticidad (s)</b>	<b>Masticabilidad</b>
Harina compuesta	6,6 ± 0,001	1,33 E6 ± 0,001	5,74 ± 0,005	7,65 E6 ± 0,001
Harina de maíz	10,15 ± 0,002	2,30 E6 ± 0,001	4,95 ± 0,001	1,14 E7 ± 0,001

Media ± desviación estándar n=3

En la Tabla 12 se resumen los resultados obtenidos del análisis de textura realizado para la arepa de maíz y de harina compuesta. Se puede ver que la harina compuesta presenta una menor dureza que la de maíz, parámetro que determina cuán suave es la muestra.

Para la evaluación sensorial de la aceptabilidad del producto elaborado con la harina compuesta (muestra 615), se realizó una prueba afectiva de escala hedónica de nueve puntos para evaluar sus características de color, aroma, sabor y aceptación global; utilizando una arepa de harina comercial de maíz (muestra 849) control.

La evaluación sensorial se evaluó realizando un t-student mediante el programa estadístico STATGRAPHICS versión 5.1, para determinar si las muestras son estadísticamente diferentes para la característica evaluada a un nivel de significancia de 95%, planteándose las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: las muestras son significativamente diferentes para la característica evaluada.
- Hipótesis alternativa: las muestras no son significativamente diferentes para la característica evaluada.

Para las diferentes características evaluadas se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 13. Si el valor de p es menor a 0,05 se acepta la hipótesis nula, es decir, las muestras son significativamente diferentes para la característica evaluada en un nivel de significancia de 95%. En la Tabla 13 se puede ver que las muestras son significativamente diferentes para cada una de las características evaluadas.

Con el objeto de determinar cuál de las dos muestras evaluadas tuvo mayor aceptación por el panel evaluador, ya que se comprobó la hipótesis nula, se determinó el promedio de cada característica, la que presenta mayor promedio resulta más aceptada por los panelistas. De estos resultados se

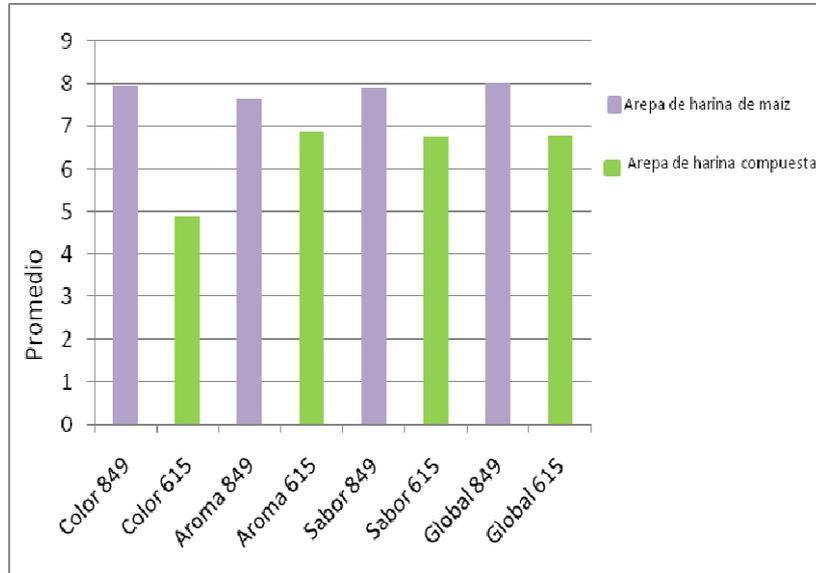
obtuvo que la arepa de maíz fue más aceptada que la arepa de harina compuesta (Ver Tabla 14 y Figura 12).

**Tabla 13. Valores críticos (p) para las diferentes características.**

<b>Característica</b>	<b>Valor de p</b>
Color	3,81 E-9
Aroma	2,2 E-2
Sabor	3,5 E-5
Aceptación global	2,2 E-5

**Tabla 14. Promedio de los diferentes parámetros.**

<b>Característica</b>	<b>Promedio</b>
Color 849	7,94
Color 615	4,91
Aroma 849	7,64
Aroma 615	6,88
Sabor 849	7,88
Sabor 615	6,76
Global 849	8,03
Global 615	6,79



**Figura 12. Promedio de los diferentes parámetros.**

Sin embargo, se puede ver que los promedios obtenidos para las características de aroma y sabor no presentan mucha diferencia entre ellos, y si comparamos estos valores con la escala hedónica presentada en la planilla, un promedio de 7,64 y 6,88 en el aroma para la arepa de maíz y la de harina compuesta, equivalen en la escala a un me gusta mucho y me gusta moderadamente respectivamente. Igual para el caso del sabor para el cual se obtuvieron promedios de 7,88 para la harina de maíz y 6,76 para la harina compuesta, lo que equivaldría a un me gusta moderadamente y me gusta ligeramente respectivamente. Estos comentarios positivos y muy cercanos en cuanto a gustos, pueden ser un punto favorable para la harina compuesta.

## **Conclusiones**

1. Los plátanos utilizados como materia prima muestran una gran heterogeneidad, característica que debe tenerse en cuenta para el diseño, selección e implementación de algún equipo para su procesamiento.
2. El proceso de obtención de harina de pulpa presenta un mayor rendimiento y eficiencia en comparación con la de harina de pulpa.
3. La harina compuesta más aceptada por los panelistas fue la harina de 80% maíz, 15% harina de pulpa y 5% harina de cáscara.
4. El contenido de humedad de las harinas es adecuado para garantizar su estabilidad.
5. La harina de cáscara presenta mayor contenido de proteína cruda y de fibra dietaria en comparación con la harina de pulpa de plátano y la harina compuesta.
6. La harina compuesta tiene mayor tendencia a formar geles que las harinas de pulpa y cáscara de plátano.
7. La harina de pulpa tiene menor tendencia a retrogradar en comparación con la harina de cáscara y compuesta.

8. La harina de pulpa presenta mejores características en cuanto al color que las harinas de cáscara y compuesta.
9. La arepa de harina de maíz presentó mayor aceptación por los panelistas en comparación con la harina compuesta (plátano-maíz), siendo el color factor fundamental de esta apreciación.

## **Recomendaciones**

- Realizar el estudio microbiológico y estabilidad de las harinas.
- Realizar la determinación de antioxidantes (taninos).
- Realizar un estudio de fitoquímicos en la cáscara del plátano.
- Realizar un estudio de los posibles efectos de los insecticidas y plaguicidas sobre la cáscara del plátano para prevenir consecuencias a la salud.
- Realizar los estudios para determinar las proporciones de agua y harina para la elaboración de la arepa, según la humedad de la harina.
- Realizar estudios para mejorar el color en la arepa de harina compuesta, ya que podría convertirla en un producto alimenticio alternativo y altamente competitivo.

## Bibliografía

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1993. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. Novena Edition. St. Paul: Autor
- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2003. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. Novena Edición. St. Paul: Autor.
- Afolabi, B.E., Cardoso, A.O., Olaofe, O. 1990. Rheological and baking potencial of wheat/plantain composite flor. *J. Sci. Food Agric.* **51**:421-424
- Anderson, J.W., Bridges, S.R.1988. Dietary fiber content of selected foods. *Am. J. Clin Nutr.* **47**: 440-447.
- Anderson, R, 1982. Water absorption and Solubility and Amylograph Characterist of Roll-Cooked Small grain products. *Cereal Chem. Today* .**59**: 265-269.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. (17th ed.) Horwitz, W. Editor Vol. I y II, Washington D.C.
- Becerra, G. 1983. Elaboración y evaluación de pastas alimenticias trigo-maíz Trabajo especial de grado. Departamento de Tecnología de Alimentos. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela- Caracas, Venezuela.
- Bedolla, S., Rooney, L.W. 1984. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *CFW* . **29**:732-735.
- Bermúdez, A. 2001. Elaboración de productos alimenticios con fibra. La experiencia en Colombia. En: Fibra dietaria en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención caracterización, efecto fisiológico y aplicaciones en alimentos. Capitulo 21. Varela Editora e Livraria. LTDA. Sao Paulo. Brasil.
- Betancur, D. 2003. Propiedades funcionales del almidón de plátano. En: Avances sobre el uso y las propiedades de los carbohidratos de los alimentos regionales. pp. 79- 95.

- Braverman, J. 1980. Proteínas. En. "Introducción a la bioquímica de los alimentos". 3era Edición. Editorail Omega.
- Burkitt, D.P.J., Walker, A.R.P., Painter, N.J. 1974. Dietary fiber and disease. J. Am. Med. Assoc. **229**: 1068–1077.
- Cheftel, H y Cheftel, J. 1983. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. Edit. Acribia, pp 119-128.
- Chin-Lin Hsua, Wenlung Chenb, Yih-Ming Wenga, Chin-Yin Tsenga. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. Food Chem. **83**: 85–92.
- COVENIN.1996. Harina de maíz pre-cocida. Norma 2135. Ministerio de Fomento. Fondonormas. Caracas. Venezuela.
- COVENIN.2001. Harina de trigo. Norma: 217. Ministerio de Fomento. Fondonormas. Caracas. Venezuela.
- Di Claudio, S. 1984. Evaluación morfométrica y fisicoquímica de almidones en clones de Yuca (*Manihot esculenta Crantz*). Tesis de pregrado de la facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Maracay-Venezuela.
- Ellis, R; Conchrane; F., Dale, C., Duffus, A., Lynn, M., Morrinson; Prentice; S., Swanston, S., Tiller. 1998. Starch production and industrial use. J. Sci Food Agric. **77**:289-311.
- Essien, J.P., Akpan, E.J., Essien, E.P. 2005. Studies on mould growth and biomass producción using waste banana peel. Bioresource Technol. pp. 3.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2003. FAOSTAT estatistics database, Agriculture, Rome, Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2007. FAOSTAT estatistics database, Agriculture, Rome, Italy.
- Fernández, M., Marrero, M., Zamora, E., Falco, S., Méndez, B., García, M., 1999. Evaluación de harinas obtenidas con plátano burro Cemsa (*Musa* grupo ABB) Alimentaria: Revista de Tecnología e higiene de los alimentos. **300**: 75-78.

- Giese, J. 1995. Measuring physical properties of foods. *Food Technol*, **49**: 54-63.
- Gilbert, O., Dufour, D., Giraldo, A., Reynes, M., Pain, J.P., González, A., Fernández, A., Díaz, A. 2009. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas.1. Morphological, physical and chemical characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa* sp.) in relation to consumer preferences. *J. Agri Food Chem.* **57(17)**: 7857- 7869.
- González, Z., Pérez, E. 2003. Evaluación fisicoquímica y funcional de Almidones de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) pregelatinizados y calentados. *Revista Acta Cient. Ven.* **54**:127-137.
- González, O., Pacheco, E. 2006. Propiedades reológicas de la harina de banana verde(*Musa* AAB) en la elaboración de geles de piña (*Ananas Colossus L. Merr.*). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* **32**: 27-40.
- Happi, T., Herinavalona, R., Wathelet, B., Tchango, J., Paquot, M. 2007. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chem.* **103**: 590–600.
- Hunter Lab Manual. 2001. Hunter associates laboratory universal software version 3.8. ISO 9001 certified. 55p.
- Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia. 1972. Utilización del maíz opaco-2.**77**: 46-49.
- INN, 2001. Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico. Instituto Nacional de Nutrición, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Venezuela., pp. 50-51.
- Izidoro, D., Scheer, A., Sierakowski, M.R., Haminiuk, C. 2008. Influence of green banana pulp on the rheological behaviour and chemical characteristics of emulsions (mayonnaises). *LWT* **41**:018–1028.
- Juárez-García, E., Agama-Acevedo, E., Sayago-Ayerdi, S.G., Rodríguez-Ambriz, S.L.,Bello-Pérez, L.A. 2006. Composition, Digestibility and

- Application in Breadmaking of Banana Flour. *Plant Foods Hum Nutr.* **61**:131-137.
- Kahan, G., Cooper, D., Papavasiliou, A. y Kramer, A. 1973. Expanded Tables for Determining Significance of Differences for Ranked Data. *Food Technol.* pp 64.
- Kanazawa, K., Sakakibara, H., 2000. High Content of Dopamine, a Strong Antioxidant, in Cavendish Banana. *J. Agric. Food Chem.* **48**: 844-848.
- Kashivade, Y., Nonaka, G. (1992). Antitumor agents. *J. Med.* **559**: 1033- 1044.
- Kayisu, K., Hood, L., Vansoest, P. 1981. Characterization of starch and fiber of banana fruit. *J. Food Sci.* **46**: 1885-1890.
- Kelsey, J.L. 1978. A review of research on effect of fiber intake on man. *Am. J. Clin. Nutr.* **31**: 142–159.
- Kim, J.C y De Ruiter, D. 1966. Bread from non-wheat flours. *Food Technol.* **22**: 867-878.
- Ling, L.; Osman, E.; Fernandez, J y Reilly, P. 1982. Physical properties of starch from cavendish banana starch. *Starch/Starke* 34: 184- 188.
- Maldonado, R., Pacheco, E. 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* **50**: 387-398.
- Martínez, O., Sáyago, S., Ágama, E., Goñi, I., Bello, L. 2008. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chem.* **113**: 121-126.
- Matos, M. 2001. Evaluación de almidones de batata (*Ipomoea batatas.L.Lam*) Nativo y modificado I. Propiedades físicas y funcionales. II. Dinámica de gelatinización. Trabajo de ascenso del Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela. Caracas- Venezuela.
- Mazur, E., Schoch, T., Kite, F. 1957. Graphical analysis of the brabender viscosity curves of the various starches. *Cereal Chem.* **34**: 141-151.

- Mosqueda, M.; Padua M.; Guerra, M. 1986. Tecnología de cereales y poder sustitutivo en: Los Cereales en el Patrón Alimentario del Venezolano. Ediciones CCIAN. **2**:49-64.
- Pacheco, E., Bouchet, B., Andrieux, C., Raiband, P., Szylit, O., Gallant, D. 1994. Breakdown of amylo maize starch granules in gnotobiotics rats associated with four bacterial strains isolated from conventional rat microflora. *J. Sci. Food. Agric.* **65**: 487-495.
- Pacheco, E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad *in vitro* de almidón. *Acta Cien. Venez.* **52**: 278-282.
- Pacheco, E. 2002. Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (*Musa spp.*) *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* **28**:175-183.
- Pacheco, E., Maldonado, E., Pérez, E., Schroeder, M. 2008. Production and Characterization of Unripe Plantain (*Musa paradisiaca* L.) Flours. *Interciencia* **33(4)**: 209-296.
- Pérez, E. 1993. Modificación física de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en: Montaldo, A 1996. La yuca frente al hambre del mundo Tropical. Ediciones Arauco C.A Caracas- Venezuela. 570.
- Pérez, E. 1994. Caracterización de las propiedades funcionales de almidones nativos y modificados. Métodos físico de extrusión, deshidratación con doble tambor e irradiación gamma y microondas. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela, Caracas Venezuela
- Pérez, E. 1997. Characterization of starch isolate from plantain (*Musa paradisiaca normalis*) *Starch/ Starke.* **49(2)**: 45-49.
- Pérez, E., Gutiérrez, M., Pacheco, E., Tovar, E., Lares, M. 2007. Production and Characterization of *Xanthosoma Sagittifolium* and *Colocasia Esculenta* Flours. *J. Food Sci.* **72 (6)**:S367–S372.

- Sabino M. 2005 Tecnología en la fabricación de pastas de trigo y harinas compuestas. Caracas Venezuela. Tesis de Post-grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- Salunke, D.K. 1984. Banana and Plantain, in: Postharvest Biotechnology of Fruit. Eds D.K Salunke, B.B Desai, C.C Press, Boca Raton. **1**: 43-57.
- Sánchez, J., Pérez, M. 2001. Elaboración de productos alimenticios con fibra. La experiencia en Cuba. En: Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicaciones en alimentos. Capítulo 19. Varela Editora e Livraria. LTDA. Sao Paulo. Brasil.
- Singh R y Heldman D. 1998. Introducción a la ingeniería de los alimentos. 2 da Ed. Editorial ACRIBIA. Zaragoza. España, pp 53-64.
- Smith, R. (1967). Characterization and analysis of starches. En Starch: Chemistry and Technology. (R. L. Whistler y E. F. Paschall, Ed.) New York: Academia Press. **2**: 569-635.
- Subramanian, S., Viswanathan, R. 2007. Bulk density and friction coefficients of selected minor millet grains and flours. J. Food Eng. **81**: 118–126.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. 1993. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill, p.3-22.
- Thebaudin, J., Lefebvre, A.C., 1997. Dietary fibre: natural and technological interest. Trend. Food Sci. Technol. **8**: 41–48.
- Trowell, H. 1972. Ischemic heart disease and dietary fibre. Amer. J. Clin. Nutr. **25**: 926-932.
- Vale, J. 1982. Caracterización de algunas propiedades reológicas en almidones y harinas de diferentes variedades de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*). Tesis de grado de la facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Maracay- Venezuela.

- Van Soest, P.J y.Wine, R. H. 1967 Uses of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell wall constituents. J. Ass. Official Agr. Chem. 50: 50-55.
- Van Soest, P. J y Wine, R.H. 1968 Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. J. Ass. Official Agr. Chem. 51: 780-785.
- Vijayakumar, S., Presannakumar, G., Vijayalakshmi, N.R. 2008. Antioxidant activity of banana flavonoids. *Fitoterapia* **79**: 279–282.
- Von Loesecke, H.W. 1950. *Bananas* (2<sup>o</sup> ed.). New York: Interscience.
- Vuylsteke, A., Hartman, B., Tenkovano, E. 1999. Perspectiva de los mejoradores con respecto a la biotecnología para el mejoramiento de *Musa*. *Informusa. La Revista Internacional sobre banano y plátano*. **8**: 1-15.
- Wang, H., Cao, R., Prior, R.L. 1996. Total Antioxidant Capacity of Fruits J. Agric. Food Chem. **44**: 701-705.

#### Consultas en línea

- AGREVO Venezuela - Servicios - Cultivos - Plátano y Cambar. En: [http://www.reshet.net/agrevo/02b05\\_cont.html](http://www.reshet.net/agrevo/02b05_cont.html). [Consulta: 28 marzo 2009].
- Aguirre-Cruz. A., Bello-Perez L.A., Gonzalez-Soto R.A., Alvarez-Castillo, 2007. Modificación química del almidón presente en la harina de plátano macho (*Musa. Paradisiaca L.*) y su efecto en el contenido de fibra dietaria. En: [www.respyn.uanl.mx/especiales/2007/ee-12-2007/documentos/CNCA-2007-09.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2007/ee-12-2007/documentos/CNCA-2007-09.pdf) - [Consulta: 3 marzo 2009]
- Bedascarrasbure, E., Maldonado, L., Alvarez, A., Rodriguez, E. 2004. Contenido de Fenoles y Flavonoides del Propoleos Argentino. *Acta. Farm. Bonaerense* 23(3):369-72.  
En:[http://www.latamjpharm.org/trabajos/23/3/LAJOP\\_23\\_3\\_2\\_2\\_50A9K8V7K9.pdf](http://www.latamjpharm.org/trabajos/23/3/LAJOP_23_3_2_2_50A9K8V7K9.pdf) [Consulta: 2 marzo 2009].

Carvajal, L.L., Sánchez, M.L., Giraldo, G., Arcila, P. 2002. Diseño de un producto alimenticio para humanos (hojuelas) a partir del raquis de plátano( *Musa AAB* Simmonds). En: [http://musalit.inibap.org/pdf/IN030090\\_es.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN030090_es.pdf). [Consulta: 30 marzo 2009].

## Anexos

### Anexo 1.- Calculo de rendimiento y eficiencia de la harina de pulpa y la harina de cáscara.

Calculo de rendimiento en harina expresado como pulpa

$$R = (16,09 \text{ g} \times 100) / 37,17 \text{ g} = 43,28\%$$

Calculo para rendimiento en harina relacionado al peso total de plátano.

$$R = (16,09 \text{ g} \times 100) / 61,95 \text{ g} = 25,97\%.$$

Calculo para rendimiento en harina expresado como cáscara

$$R = (3,52 \text{ g} \times 100) / 24,78 \text{ g} = 14,21\%.$$

Calculo para rendimiento en harina relacionado al peso total de plátano.

$$R = (3,52 \text{ g} \times 100) / 61,95 \text{ g} = 5,68\%.$$

Eficiencia del proceso de obtención de las harinas:

Harina de pulpa:

$$E.P = [((16,09 \text{ g} \times (100 - 9,97)/100) / ((37,17 \text{ g} \times (100 - 59,12)/100))] = 0,95$$

Harina de cáscara:

$$E.P = [((3,52 \text{ g} \times (100 - 9,04)/100) / ((37,17 \text{ g} \times (100 - 87,17)/100))] = 0,67$$

**Anexo 2.- Datos obtenidos de la prueba afectiva de clasificación por rangos para la escogencia de la formulación.**

Panelista Código de la muestra	756	962	413	942	539	408	422	683	727	779	925	725	738
1	1	2	3	6	4	5	2	3	5	4	1	7	6
2	1	5	2	4	3	6	5	4	3	1	2	7	6
3	6	2	1	5	4	3	4	7	5	2	1	3	6
4	1	2	4	6	3	5	4	2	6	1	7	5	3
5	1	4	3	6	2	5	5	7	4	3	1	6	2
6	5	3	6	1	2	4	5	7	6	2	1	3	4
7	4	6	5	1	2	3	7	6	5	2	4	1	3
8	2	4	3	1	6	5	3	6	5	2	1	4	7
9	2	4	5	6	3	1	5	4	7	1	3	2	6
10	4	5	6	3	1	2	4	3	7	1	2	5	6
11	2	5	4	6	3	1	2	6	5	3	1	4	7
12	1	5	2	3	4	6	4	6	3	5	1	2	7
13	5	4	3	6	2	1	2	1	6	7	5	3	4
14	3	4	6	5	2	1	4	6	5	1	2	3	7
15	5	4	3	6	2	1	5	4	2	7	6	1	3
16	2	1	3	6	4	5	6	5	4	1	2	3	7
17	3	4	5	6	1	2	3	5	6	2	1	4	7
18	4	5	1	6	3	2	4	1	5	6	7	3	2
19	5	1	6	2	4	3	4	3	6	2	5	1	7
20	6	4	2	1	5	3	6	7	4	1	3	5	2
21	6	3	4	2	1	5	3	5	4	2	1	6	7
22	5	6	1	3	2	4	4	1	3	7	2	5	6
23	6	3	2	4	5	1	5	6	4	1	2	3	7
24	1	5	6	4	3	2	2	6	7	5	3	1	4

**Anexo 2.- Datos obtenidos de la prueba afectiva de clasificación por rangos para la escogencia de la formulación. ( continuación)**

Panelista Código de la muestra	756	962	413	942	539	408	422	683	727	779	925	725	738
25	5	3	1	4	6	2	6	1	3	4	5	2	7
26	1	6	4	5	3	2	3	5	7	6	2	4	1
27	6	2	1	3	4	5	3	1	4	6	7	5	2
28	6	3	4	2	5	1	4	5	3	2	6	1	7
29	5	2	3	1	6	4	7	6	5	3	4	2	1
30	6	1	3	2	5	4	4	1	2	7	6	5	3
Suma de rangos	110	108	102	116	100	94	125	136	141	97	95	106	147

**Anexo 3.-Imagen de las arepas de harina compuesta y harina de maíz (de izquierda a derecha) antes de cocinar.**



**Anexo 4.-Imagen de las arepas de harina compuesta y harina de maíz (de izquierda a derecha) después de cocinar.**

