



**Universidad Central de Venezuela**

**Facultad de Ciencias  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
HARINA DE PLÁTANO DE 18 CLONES DE  
BANANOS PROVENIENTES (INIA) Y SU  
APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN  
PRODUCTO HORNEADO.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por el bachiller María. G. Molina. M., como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología

Tutor: Dr. Elevina Pérez

Caracas, Venezuela

octubre-2010

## **DEDICATORIAS**

Primordialmente dedicare este trabajo a Dios que me da la vida cada día y a la Madre María de San José que siempre me guío en mis estudios; seguidamente a la base de mi vida que son mi papi y mi mami sin ellos no estuviera donde estoy, ya que me dieron y me dan la fuerza, la alegría, el amor y la felicidad para continuar; padres esté triunfo es de ustedes.

Y a otra personita que no podría jamás olvidar a ti Jonathan Ortega (mi pucho) te dedico parte de este triunfo, siempre estarás aquí con nosotros y como dicen recordar es vivir, te quiero hoy y siempre.

Otras bellas personas que no podrían faltar mis hermanos, Ricardo, María Angélica y María Daniela; mis sobrinos (María Paulina, María Victoria, Ricardo Arturo, Diego Armando y María Fabiola) que me llenan de alegría y felicidad, este triunfo también es de ustedes. Todos ustedes siempre me dejan algo de que aprender en la vida, desde la más pequeña (mi Faby) hasta el más grande mi hermano mayor Ricardo; esta demás decir que los amos con mi alma.

## **AGRADECIMIENTOS**

Muchas gracias a mi familia por el apoyo sin ustedes se me fuera hecho más difícil alcanzar este pequeño triunfo, a Dios, a mamaíta por darme la vida día a día, al igual que a mis seres queridos. Muy agradecida también con mi profe, tutora Elevina por su ayuda no solo académica sino también por el crecimiento personal que me deja. Gracias a todos los profesores que tuve durante toda mi carrera (que son muchos), ahora tengo gran parte de esos conocimientos que me transmitieron durante las horas de clases.

Y solo estudiar no me iba a funcionar sino estaba la parte alegre, divertida que me daban mis AMIGOS; desde el primer semestre estaba mi mamita (Lorian) que la quiero muchísimo y siempre estuvimos juntas desde ese semestre hasta ahorita que nos graduamos juntas, también Sabrinita, André (que se cambio de universidad), Silvia, Cristian. Luego al transcurrir los semestre conocía y conocía más bellas persona como mi Majo, mi Dany, Lenny, Yuliana, Laynet, Denise, Bea, Giovani, mi Alambrito bello, Machuca, mi Ronyto, Guillermo, Jonathon, Cristina, Danita, Vanessa, César, mi Negro Luis con el desorden, la pareja más bella de la facultad Lesbia y el chinito (espero no se me escape nadie ).

Otras lindas personas que en alguna o en muchas oportunidades de mi vida me han ayudado y por eso estoy muy agradecida, esas personas especiales son Grecia, Evelin, Edid (mi madrina), Marilyn, Andreina, José Manuel, Yolanda, Mariany, mi prima Angie, la niña linda Orianita, Oneida, mi prima querida Nathaly, mis tío Manuel, mi tía querida Gris, mi primo César, mi tía María, el chico de Caracas mi tío César, Jhoandry, mis abuelitas (aunque ya no están en vida), a mi Nestico gracias por estar en los momentos buenos y malos, te quiero mucho. A todos gracias y siempre los llevo en mi corazón.

Me despido diciéndoles que AMOR con AMOR se paga...

Obtención y caracterización de harina de plátano de 18 clones de bananos provenientes del Banco de Germoplasma y su aplicación en la elaboración de un producto horneado.

Índice	Pag.
<b>Resumen</b> .....	1
<b>1. Introducción.</b>	2
<b>2. Revisión Bibliográfica.</b>	
2. a. La planta del banano ( <i>Musáceas sp</i> ).....	4
2. b. Composición química del banano.....	6
2. c. Composición químicas y fisicoquímicas de las harinas de plátanos.....	6
2. d. Deshidratación.....	8
2. e. Fibra dietaría.....	9
2. f. Otros trabajos.....	10
2. g. Harinas compuestas.....	13
2. h. Generalidades sobre el panqué.....	14
2. i. Factores involucrado en la elaboración de panqué.....	15
<b>3. Objetivos.</b>	
3.a Objetivos generales.....	16
3.b Objetivos específicos.....	16
<b>4. Materiales y Métodos.</b>	
4. a. Materiales.....	17
4. a.1. Materia prima.....	17
4. a.2. Material de empaque.....	17
4. a.3. Reactivos.....	17
4. a.4. Equipos.....	18
4. b. Elaboración de las harinas.....	19
4. b.1. Elaboración de las harinas a partir de la parte comestible del tubérculo.....	19
4. b.2. Cálculo del rendimiento ( R ) y la eficiencia del proceso (E.P.).....	20
4. c. Composición química de las harinas.....	21
4. d. Características <b>físicas</b> y fisicoquímicas de las harinas.....	22
4.e. Propiedades reológicas de las harinas.....	24
4.f. Formulación del panqué.....	25
4. f.1. Materia prima para elaboración del panqué.....	25
4. f.2. Procedimiento para la elaboración de los panqués.....	26
4. g. Características químicas y físicas de los panqués.....	27
4. g.1. Dentro de los parámetros de la composición química importantes en la calidad y tipificación del producto se analizar.....	28
4. g.2. Dentro de los parámetros de las propiedades físicas y físico-químicas importantes en la calidad y tipificación del producto se analizaron.....	28
4. g.3. Dentro de los parámetros importantes en definir la calidad del producto durante la vida de anaquel se analizaron...5.....	29
4. h. Evaluación sensorial.....	29

4. h. Evaluación sensorial.....	29
4. i. Análisis de resultados.....	30
<b>7. Resultados y Discusiones.</b>	
1. Obtención de harinas, rendimiento y eficiencia.....	31
2. Composición proximal y análisis químico de las harinas obtenidas.....	34
3. Determinación de las características físicas, fisicoquímicas de las harinas.....	46
4. Propiedades reológicas de las harinas.....	59
5. Análisis de los parámetros de calidad y estabilidad del panqué.....	75
6. Evaluación sensorial.....	82
<b>8. Conclusiones.</b>	88
<b>9. Recomendaciones.</b>	89
<b>10. Referencia Bibliográfica.</b>	90
<b>11. Anexos.</b>	104

<b>Índice de Tablas</b>	<b>Pag.</b>
<b>Tabla 1.</b> Identificación de los 18 clones de plátanos evaluados.....	18
<b>Tabla 2.</b> Ingredientes utilizados para la formulación del panqué marmoleado con chocolate.....	26
<b>Tabla 3.</b> Contenido de humedad, porcentaje de cáscara, pulpa comestible y rendimiento de harina de bananos de clones con genómio de descendencia <i>Acuminata</i> triploides.....	32
<b>Tabla 4.</b> Contenido de humedad, porcentaje de cáscara, pulpa comestible y rendimiento de harina de bananos de clones con genómio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	32
<b>Tabla 5.</b> Contenido de humedad, porcentaje de cáscara, pulpa comestible y rendimiento de harina de banano de clones con genómio de descendencia <i>Acuminata X Balbisiana</i> , triploides.....	33
<b>Tabla 6.</b> Composición proximal de la harina de bananos de clones con genómio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides.....	35
<b>Tabla 7.</b> Composición proximal de la harina de bananos de clones con genómio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	36
<b>Tabla 8.</b> Composición proximal de la harina de bananos de clones con genómio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides.....	37
<b>Tabla 9.</b> Composición proximal de la harina de trigo, de marca comercial Robin Hood.....	44

<b>Tabla 10.</b> Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	48
<b>Tabla 11.</b> Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides.....	48
<b>Tabla 12.</b> Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	51
<b>Tabla 13.</b> Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides.....	51
<b>Tabla 14.</b> Parámetros para describir el color reflejado en las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	53
<b>Tabla 15.</b> Parámetros para describir el color reflejado en las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides.....	54
<b>Tabla 16.</b> Características reológicas medidas en el amilógrafo Brabender para las diferentes harinas.....	61
<b>Tabla 17.</b> Parámetros de estabilidad del panqué.....	76
<b>Tabla 18.</b> Parámetros de calidad del panqué de harina compuesta.....	76
<b>Tabla 19.</b> Parámetros evaluados con el texturómetro para el panqué de harina compuesta al tercer día.....	78
<b>Tabla 20.</b> Parámetros para describir el color reflejado en los panqués.....	81
<b>Tabla 21.</b> Valores críticos (p) para las diferentes características.....	83
<b>Tabla 22.</b> Promedio de los diferentes parámetros, de los panqués de harina compuesta.....	84
<b>Tabla 23.</b> Valores críticos (p) para las diferentes características.....	86
<b>Tabla 24.</b> Promedio de los diferentes parámetros, de los panqués.....	87

## Índice de Figuras

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1.</b> Flujograma de elaboración de harina de la parte comestible de los clones de musáceas.....	20
<b>Figura 2.</b> Esquema tecnológico para la elaboración de un panqué.....	28
<b>Figura 3.</b> % de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides retenidas en los tamices.....	57
<b>Figura 4.</b> % de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides retenidas en los tamices.....	58
<b>Figura 5.</b> % de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides retenidas en los tamices.....	58
<b>Figura 6.</b> % de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides retenidas en los tamices.....	59
<b>Figura 7.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 067 (ABB).....	66
<b>Figura 8.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 068 (ABB).....	66
<b>Figura 9.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 077 (ABB).....	67
<b>Figura 10.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 089 (ABB).....	67

<b>Figura 11.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 107 (ABB).....	68
<b>Figura 12.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 007 (AAA).....	68
<b>Figura 13.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 014 (AAA).....	69
<b>Figura 14.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 017 (AAA).....	69
<b>Figura 15.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 018 (AAA).....	70
<b>Figura 16.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 020 (AAA).....	70
<b>Figura 17.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 036 (AAA).....	71
<b>Figura 18.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 055 (AAA).....	71
<b>Figura 19.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 080 (AAA).....	72
<b>Figura 20.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 101 (AAA).....	72
<b>Figura 21.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 115 (AAA).....	73
<b>Figura 22.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon HH1 (AAA).....	73
<b>Figura 23.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon 010 (AA).....	74
<b>Figura 24.</b> Curva de viscosidad aparente para el clon HH12 (AA).....	74
<b>Figura 25.</b> Promedio de los diferentes parámetros de las cuatro formulaciones de harina compuesta (plátano: trigo).....	85
<b>Figura 26.</b> Promedio de los diferentes parámetros de las dos formulaciones, una de harina compuesta (plátano: trigo) y la otra de harina de trigo.....	88

## Índice de Anexos

	<b>Pag.</b>
<b>Anexo 1.-</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 010 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> diploides.....	104
<b>Anexo 2. -</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon HH12 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> diploides.....	104
<b>Anexo 3. -</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 007 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	105
<b>Anexo 4. -</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 014 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides. ....	105
<b>Anexo 5. -</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 017 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides. ....	106
<b>Anexo 6. -</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 018 con genómio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides. ....	106
<b>Anexo 7. -</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 020 con genómio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides. ....	107
<b>Anexo 8. -</b> Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 036 con genomio de	



descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides. ....	107
<b>Anexo 9.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 055 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	108
<b>Anexo 10.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 080 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides.....	108
<b>Anexo 11.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 101 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides. ....	109
<b>Anexo 12.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 115 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> , triploides y diploides. ....	109
<b>Anexo 13.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon HH1 con genomio de descendencia <i>Acuminata</i> triploides. ....	110
<b>Anexo 14.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 067 con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides. ....	110
<b>Anexo 15.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 068 con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides. ....	111
<b>Anexo 16.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 077 con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides. ....	111
<b>Anexo 17.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 089 con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides. ....	112
<b>Anexo 18.</b> - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 107 con genomio de descendencia <i>Acuminata x Balbisina</i> , triploides. ....	112
<b>Anexo 20.</b> - Datos obtenidos de la prueba preferencial de escala hedónica para la escogencia del panqué (primera evaluación sensorial). ....	113
<b>Anexo 22.</b> - Datos obtenidos de la prueba preferencial de escala hedónica para la escogencia del panqué (segunda evaluación sensorial). ....	119

## **Resumen**

El plátano es uno de los cultivos de plantas que se producen para el consumo local y la exportación y son de gran importancia económica para las regiones tropicales y subtropicales de África, América Central, América del Sur, Asia y las áreas del Pacífico (Noyer y col., 2005). La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) considera al plátano como el cuarto alimento importante en el mundo, después del arroz, del trigo y del maíz. Los plátanos son conocidos por tener grandes fuentes de vitaminas A, B1, B2, B3 y B6 y minerales, tales como, potasio, fósforo y calcio.

En el presente trabajo se plantearon como objetivos la obtención y la caracterización de harina de 18 clones de bananos provenientes del Banco de Germoplasma de Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)- Maracay, estado Aragua, Venezuela y su aplicación en la elaboración de un producto horneado. Para el logro de los objetivos, se determinaron la composición proximal, las características, físicas, fisicoquímicas y funcionales de las harinas elaboradas y del producto formulado, siguiendo la metodologías oficiales descritas en la AACC, (2003) y Normas COVENIN.

Los resultados indican que existe una relación entre el contenido de proteína y el origen genómico de los clones. A nivel nutricional, el banano, sus harinas y el

producto elaborado con el mismo, son fuentes importantes de fibra dietaria, en mayor proporción que la que puede suministrar la harina de trigo. Asimismo, se demostró, mediante esta investigación, la factibilidad de elaborar harinas de banano de diferentes clones con propiedades que varían en función a su origen genómico. También se revelaron diferencias en cuanto a sus propiedades funcionales y la morfometría de sus almidones que les da versatilidad de usos.

El panqué que se elaboró con harina compuesta (cambur y trigo) tuvo mayor aceptación que el panqué de harina de trigo.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El plátano es uno de los cultivos de plantas que se producen para el consumo local y la exportación, y es de gran importancia económica para las regiones tropicales y subtropicales de África, América Central, América del Sur, Asia y las áreas del Pacífico (Noyer y col., 2005). Los plátanos cultivados son, sobre todo, triploides, altamente estériles, partenocárpico y se originan a partir de dos especies diploides salvajes y del genoma de A y de B. La producción de bananos se divide en dos grupos importantes, los plátanos de cocción y los plátanos dulces o de postre.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) considera que el plátano es el cuarto alimento importante en el mundo, después del arroz, el trigo y del maíz. Hay muchas variedades de plátano, con una diversidad amplia de las variedades híbridas diploide, triploide y tetraploide, que tienen características y composición extensamente diferentes.

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

Los plátanos son conocidos por ser grandes fuentes de vitaminas A, B1, B2, B3 y B6 y minerales, tales como, potasio, fósforo y calcio. Se ha encontrado que el puré de plátano maduro es un excelente alimento para niños después de los seis meses de lactancia materna; esto se debe a la facilidad con que absorben el contenido de vitaminas y minerales. Este fruto puede ser consumido en grandes cantidades, sin

causar un aumento de peso o trastornos digestivos; por otra parte, su bajo contenido de sodio, grasa y sin colesterol, es recomendado en pacientes con enfermedades coronarias y con alta presión arterial, además su bajo contenido de proteínas es usado en dietas especiales para los que sufren enfermedades del riñón (Dzomeku y col., 2007).

El banano maduro se puede comer crudo como postre, fritos o cocidos, machacados y acompañados en sopas y también puede ser transformado en astillas, hojuelas y harina (Akubor, 2004).

El almidón es el principal componente de los bananos en estado verde, constituyendo la mayor fracción de carbohidratos, con un contenido de 20-25% en la pulpa fresca de la fruta (Oliveira y col., 2006). Asimismo, a medida que la fruta madura, el polisacárido se hidroliza por la acción de las amilasas y otros sistemas enzimáticos, sintetizando sacarosa y fructosa (Badui, 1993).

La necesidad de aumentar la ingesta de fibra dietaria ha propiciado el desarrollo de nuevos productos utilizando diversas fuentes de fibra (Pacheco y col., 2001)

---

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2. a. La planta del banano (*Musáceas sp*).**

El banano es una planta herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5-7,5 m de altura, terminando en una corona de hojas muy grandes y dispuestas en forma de

espiral, de 2-4 m de largo y hasta de medio metro de ancho. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos; siendo de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo. Las cimas se insertan en formas de espiral sobre el tallo floral, esta planta se compone de una espata y filas de flores simples o dobles en sus axilas. Las primeras filas de flores de la planta son hermafroditas, se le llama manos y son las responsables del desarrollo de los racimos, la primera parte de las manos contiene las flores con un ovario en la posición inferior y estambres no funcionales reducidos denominados estaminodios (Bakry y col., 2008).

El plátano tiene su origen en Asia Meridional, siendo conocida en el Mediterráneo desde el año 650, crece extensamente en las zonas tropicales húmedas y es un alimento común para mucha gente en países en vías de desarrollo, así como fruta popular por todo el mundo. La variedad de los plátanos se consumen en la etapa verde o mitad-madura como vehículo almidonado, cocinado o maduro como fruta (Englbergerc y col., 2006).

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 representa 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).

Lescot, en el 2006 estimó que la producción mundial de bananos esta alrededor de 106 millones de toneladas y ocupa el cuarto lugar en la producción agrícola. En Venezuela, el consumo de plátano es muy alto. 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% y en cuanto a cambures, Aragua, 46,30%, Trujillo, 17,28%, Carabobo, 15,43%, Barinas, 10,07% Zulia, 6,71% y Oriente 4,20% (AGREVO, 2009).

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., 1999).

## **2. b. Composición química del banano.**

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%.

Kayisu y col. (1981) reportaron los valores obtenidos 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%.

## **2. c. Composición química y fisicoquímicas de la harina de plátano.**

Pacheco y col., (2008), emplearon cuatro métodos de deshidratación para producir y luego caracterizar y comparar harinas producidas con plátano (*Musa paradisiaca* L. subsp. *normalis*) de la variedad *Harton/Horn* inmaduro (verde). La deshidratación de la parte comestible de los plátanos inmaduros se completó utilizando deshidratadores de bandeja, doble tambor, liofilización (secado en congelación) y horno de microondas. Las harinas obtenidas fueron evaluadas en cuanto a su composición proximal, características físicas, y propiedades reológicas y funcionales. Los resultados indican que el proceso de deshidratación afectó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) la composición proximal y las características físicas de las harinas. Las propiedades reológicas y funcionales fueron diferentes en cada una de las harinas obtenidas, mostrando un comportamiento de fluido no Newtoniano pseudo-plástico. Los autores señalan que dado a que el plátano es un cultivo importante en zonas tropicales y subtropicales, la elaboración de harinas con diferentes propiedades funcionales a partir de la fruta perecedera las valoriza como ingredientes para diferentes productos alimenticios, como sería el caso de la harina deshidratada con el deshidratador de doble tambor para usarla como ingrediente en alimentos “instantáneos” o de rápida cocción.



González y Pacheco (2006) evaluaron la composición proximal de la 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 dietaría, 7,71% y almidón, 74,94%.

Pacheco (2001) evaluó la composición proximal de harina de plátano verde *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%.

García 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%.

Maldonado (1998) elaboró harina de plátano verde a través de los procesos de modificación térmica por microondas, doble tambor rotatorio y bandeja, comparándola con un patrón (harina de plátano verde liofilizada). Resultados obtenidos indican que la modificación física afectó en forma significativa la composición química de las harinas. El almidón constituye el principal componente en la harina de plátano verde presentando valores que van entre 74, 65% y 89,59% para la harina obtenida por liofilización y doble tambor rotatorio, respectivamente.

No hubo diferencias significativas en el porcentaje de proteína cruda, fibra dietética y azúcares reductores, obteniendo valores promedio de 3,29, 9,39 y 1,50%, respectivamente.

Los parámetros de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento fueron mayores en las harinas modificadas por métodos físicos. El estudio morfométrico indicó que las harinas de plátano verde presenta una forma ovalada y esferoide con un rango de tamaño variable entre 9,73 y 62,90 mm de largo y entre 8,99 y 37 mm de ancho.

Las galletas elaboradas con sustitución de harina de trigo por 7% de harina de plátano verde deshidratada en doble tambor incrementa significativamente en todos los valores de los componentes químicos y minerales presentes en el alimento y a través de la evaluación sensorial fueron aceptadas satisfactoriamente los atributos sensoriales (color, sabor y sabor y textura)

#### **2. d. Deshidratación**

La deshidratación se define como la evaporación total o parcial del agua disponible en el producto, al eliminar las sustancias disueltas se concentran en otras cantidades más pequeña de agua. Aunque la deshidratación de alimentos comprende diferentes tipos de secado, el parámetro de mayor control durante ese proceso lo constituye la relación tiempo-temperatura, a la cual se optimiza la retención de nutrientes (Labuza, 1973). La aplicación de calor origina cambios relacionados con las pérdidas de nutrientes además, genera cambios favorables en los productos tales como inactivación de enzimas, la destrucción de microorganismos y los cambios en los atributos físicos del alimento, desfavorables tales como los cambios indeseables de color, textura, sabor, etc. (Desrosier, 1977).

Otros cambios que pueden ocurrir en vegetales por efectos de tratamientos térmicos, se evidencian en proteínas y grasas. (Norman, 1969). Las proteínas presentan cambios en su digestibilidad por desnaturalización y algunos aminoácidos son afectados por el calor como los azufrados, termolábiles, metionina y cistina.

## **2. e. 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. Las fibras solubles disminuyen el colesterol y ayudan a reducir el riesgo de cáncer de colon (Burkitt y col., 1974; Kelsey, 1978). La fibra soluble consiste, principalmente de celulosa, hemicelulosas y lignina; comprende también gomas y pectinas (Thebaudin y Lefebvre, 1997).

La fibra dietética tiene implicaciones terapéuticas importantes para ciertas condiciones, tales como la diabetes, la hiperlipidemia y puede tener implicaciones preventivas para otras, tales como la hipertensión, la enfermedad cardíaca coronaria y los desordenes intestinales. Debido a que el contenido de la fibra de los alimentos de origen vegetal se extiende hasta casi el 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 y Bridges, 1988).

Maldonado y Pacheco (2000) elaboraron galletas sin sustitución y con 7% de sustitución de harina de plátano verde por harina de trigo 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 del 8,85%.

García 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.

Fernández y col. (1999) estudiaron las características de un producto de banana, tipo harina, elaborado a partir del banano de fruta verde que se consume tradicionalmente con leche (en crema) o con agua 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 diarreas.

## **2. f. Otros trabajos.**

El banano y el plátano son una fuente importante de minerales y vitaminas, ya que contienen vitamina A, hierro (Fe), y zinc (Zn). Aparte de otras funciones bien conocidas, la vitamina A esta implicada en varios procesos fisiológicos, incluyendo espermatogénesis, el desarrollo fetal, la inmunorespuesta y el crecimiento. Los estudios sugieren que de 1 millón de niños de baja edad, mueren 5 cada año debido los efectos de la deficiencia de la vitamina A. La forma activa del vitamina A en el cuerpo es el retinol, pero hay cerca de 50 compuestos naturales con la forma activa del vitamina A, incluyendo los carotenoides derivados de la provitamina A (pVACs).

La deficiencia severa del Fe causa la muerte durante el embarazo y el parto a 60.000 mujeres anualmente, pero incluso la anemia puede llevar a una reducción substancial en la capacidad de trabajo, la debilitación del funcionamiento intelectual y del comportamiento. El uso más amplio de las variedades de minerales y vitaminas presentes en estas frutas tiene el potencial para tener un impacto beneficioso de largo plazo significativo en la salud de la población en estas áreas. (Davey y col., 2007).

En el Quindío, Colombia entre los años 1999 y 2000 se evaluó la aceptabilidad organoléptica de los materiales de plátano AFRICA 1 y FHIA 21 y se determinó la rotación del producto en diferentes sitios de venta correspondientes a 3 estratos sociales (alto, medio y bajo) y al grado de aceptabilidad organoléptica de cada cultivar bajo diferentes preparaciones (patacón, sancocho, frijoles, etc.). El plátano AFRICA 1 presentó buena aceptabilidad (87%) bajo todas las formas de preparación, principalmente como patacón. El plátano FHIA 21 tuvo buen comportamiento (aceptabilidad del 85%) preparado en patacón verde y como maduro asado (aborrajado), indicando esto nuevas oportunidades para el cultivo de otras variedades e híbridos de plátano para el mercado local (Arcila ,2002).

Baoxiu y col (2000) estudiaron los cambios de textura y bioquímicos en dos tipos distintos de *Musa*: banano y plátano, durante su cocción. Los cambios de textura fueron medidos con un penetrómetro durante el calentamiento. Esto fue acompañado por la medida de varios componentes citoplásmicos, tales como almidón y amilosa, así como cambios en el componente de la pared celular, la pectina, responsable de diferencias en el ablandamiento térmico. La microfotografía evaluada

por microscopía electrónica de barrido (SEM) de los tejidos de la pulpa fresca y cocinada del plátano y de la pulpa del banano fresco, demostraron los cambios en el nivel celular durante la cocción. Además, fueron investigados los efectos que ocasionan sobre la textura de las frutas la temperatura durante la cocción y los diversos medios empleados durante la misma (soluciones de sal).

En Nigeria, el banano (*Musa paradisiaca*) se encuentra entre los cereales, raíces y tubérculos como un alimento amiláceo importante. Los bananos maduros e inmaduros se utilizan como alimento. El banano maduro puede ser comido crudo como postre, frito o cocinado, en puré, o sopas. El banano también se puede procesar en trozos, hojuelas y harina. De estas maneras, los bananos se consumen en gran medida.

El banano con su sabor natural se puede procesar en un producto deshidratado para una base de la bebida. La deshidratación del banano maduro no sólo serviría como medio para utilizar cualquier exceso de producción del mismo, sino que también proporcionaría una fuente de alimento para el desarrollo de productos (Akubor, 2004).

Shaun y col (1999) desarrollaron una metodología para comparar los genotipos exóticos y híbridos de *Musa* con los triploides de África Occidental. Las pruebas demostraron que los híbridos y los plátanos de cocción tenían racimos más pesados que los triploides africanos. Los híbridos produjeron generalmente más fruta pero más pequeñas, comparadas con un triploide (AAB). Estos resultados

demonstraron que pruebas físicas simples se pueden utilizar para seleccionar plátanos e híbridos, dentro del grupo de prueba.

## **2. g. 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 y col., 1990).

Crabtree y col, (1978) mostraron la factibilidad de incorporar un 20% de yuca fresca, almidón de yuca o harina de yuca, a la harina de trigo en la elaboración de pan. Los panes obtenidos con harina de yuca-trigo presentaron mejor desarrollo del volumen específico, en relación a la aceptabilidad del producto, no mostraron diferencia significativa respecto al control.

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 5-10% de la harina de trigo por harina de ñame, arroz, soya, etc., generalmente no presenta dificultad. Cuando se incrementa la proporción de estas harinas, causan cambios indeseables en las características del pan, decrece el volumen, decrece el desarrollo de las migas de pan y la textura es firme.

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.

Ciacco y D' Appolania (1978) quienes estudiaron también la posibilidad de elaborar pan, sustituyendo la harina de trigo por harina de yuca, almidón de yuca o harina de ñame. Al estudiar las propiedades bioquímicas y físico-químicas de estas harinas encontraron que sí existe gran diferencia entre las harinas de estos tubérculos. 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 panes, pastas 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.

## **2. h. Generalidades sobre panqué.**

**Definición:** Es un bizcocho de masa suave y esponjosa, generalmente de forma alargada cocido en un molde de papel encerado (Enciclopedia Larousse, 2002). El término panqué proviene etimológicamente de la palabra “*pound cake*”, donde “*pound*” significa libra y “*cake*” pastel o torta, cuya receta original comprende una libra de cada uno de los ingredientes principales: harina, mantequilla, azúcar, huevo (Enciclopedia Británica, 2008).



Eman (1984) elaboró productos horneados con sustitución parcial de harina de trigo y determinaron algunas características funcionales y reológicas de las harinas co-deshidratadas como a las harinas con sustitución parcial de la harina de trigo por las harinas co-deshidratadas de arroz-pescado o ñame-pescado, encontrando que las harinas co-deshidratadas son recomendables para productos que requieran una buena consistencia, por presentar estas una alta viscosidad durante el enfriamiento (50°C). Al contrario de las harinas anteriores, las harinas de trigo con sustitución parcial, no contienen una buena consistencia, es decir, presentan una baja viscosidad durante el enfriamiento. Por otro lado, estas harinas también mostraron poca estabilidad, por lo que no son recomendables como harinas panificables. Sin embargo, presentaron índices de tolerancia altos, por lo que se recomiendan para tortas, galletas y otros tipos de productos horneados. Asimismo los panqués elaborados con la mezcla de harina de trigo y las harinas co-deshidratadas de arroz-pescado, fueron las que obtuvieron resultados aceptables desde el punto de vista químico, físico, microbiológico y organoléptico frente a los panqués elaborados con harina de trigo (controles).

## **2. i. Factores involucrados en la elaboración de un panqué**

La elaboración de un panqué básico consiste en batir la margarina hasta suavizar luego incorporar el azúcar y mezclar bien hasta cremar; una vez obtenido este punto, agregar los huevos uno a uno y finalmente, verter la harina de trigo hasta obtener una mezcla suave y sin grumos, la cual finalmente será colocada en un molde engrasado, y se llevará al horno a 180 °C por 40 minutos (Tressler y Sultan, 1975).

---

### **3. OBJETIVOS**

---

#### **3.a. Objetivo general:**

Obtención y caracterización de harina de plátano de 18 clones de bananos provenientes del Banco de Germoplasma de Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)- Maracay, estado Aragua, Venezuela y su aplicación en la elaboración de un producto horneado.

#### **3.b. Objetivos específicos:**

- Obtener las harinas a partir de 18 clones de banano del INIA.
- Evaluar el rendimiento, características físicas, composición proximal, propiedades funcionales y propiedades morfométrica de las harinas elaboradas.
- Formular la harina compuesta para elaborar un panqué a partir de una mezcla de harina de trigo con harina de plátano elaborada con el clon seleccionado como el de mayor potencial nutricional y comercial.
- Evaluar los parámetros de calidad del producto formulado (harina compuesta)
- Evaluar la aceptación del producto formulado (panqué) mediante una evaluación sensorial.

## **4. MATERIALES Y METODOS**

---

### **4. a. Materiales**

#### **4. a.1. Materia prima**

Los frutos de bananos empleados en la obtención de la harinas fueron recolectados en el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Maracay) (Tabla 1). Para la selección de los frutos a recolectar, se tomó como criterio que se encontraran en su punto óptimo de madurez fisiológica, se seleccionaron y cosecharon con un grado de madurez de 1 (verde) según la escala de Von Loesecke (1950). Racimos de cada uno de los dieciocho clones, que variaron en peso entre 14 y 25 Kg aproximadamente, fueron traídos a los laboratorios del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos para su procesamiento. Los dedos de los racimos fueron separados de las manos, pesados, eliminadas las impurezas y pelados manualmente. Se lavó la parte comestible y se cortó en trozos para ser deshidratada (Figura 1) a fin de obtener las harinas.

#### **4. a.2. Material de empaque.**

Se usaron envases de vidrio y de plástico con tapas de rosca y bolsas clic con cierre hermético para el almacenamiento de las muestras (harinas).

#### **4. a.3. Reactivos**

Todos los reactivos químicos utilizados fueron de grado analítico.

**Tabla 1.** Identificación de los 18 clones de plátanos evaluados:

Clon N°	Código INIA	Genotipo	Descripción
1	<b>HH1</b>	AAA	Yagambi Km5 Ibota (HH1)
2	<b>036</b>	AAA	Lacatan Filipino
3	<b>080</b>	AAA	Pineòn
4	<b>107</b>	ABB	Topocho Cenizo
5	<b>089</b>	ABB	Topocho Poncho
6	<b>068</b>	ABB	Topocho Sabà
7	<b>014</b>	AAA	Pineo Gigante
8	<b>010</b>	AA	Titiaro
9	<b>017</b>	AAA	Clon 59
10	<b>020</b>	AAA	Cavendish Gian
11	<b>HH12</b>	AA	HH-12
12	<b>018</b>	AAA	Higate
13	<b>115</b>	AAA	Cambur 115
14	<b>055</b>	AAA	Cambur 055
15	<b>101</b>	AAA	Cambur 101
16	<b>007</b>	AAA	Cambur 007
17	<b>067</b>	ABB	Topocho
18	<b>077</b>	ABB	Topocho

#### **4. a.4. Equipos.**

Deshidratador de bandejas Mitchell, Mod. 645159.

Molino de martillo Comminuting Machine Mod: D; Tamiz 1 (equivalente a tamiz 60 mesh)

Amilografo Brabender, Mod: 30-570

Viscosímetro Brookfield, Mod: LV

Colorímetro Macbeth Color –Eye 2445

Fotocolorímetro Bausch and Lomb, Mod. Spectronic 20

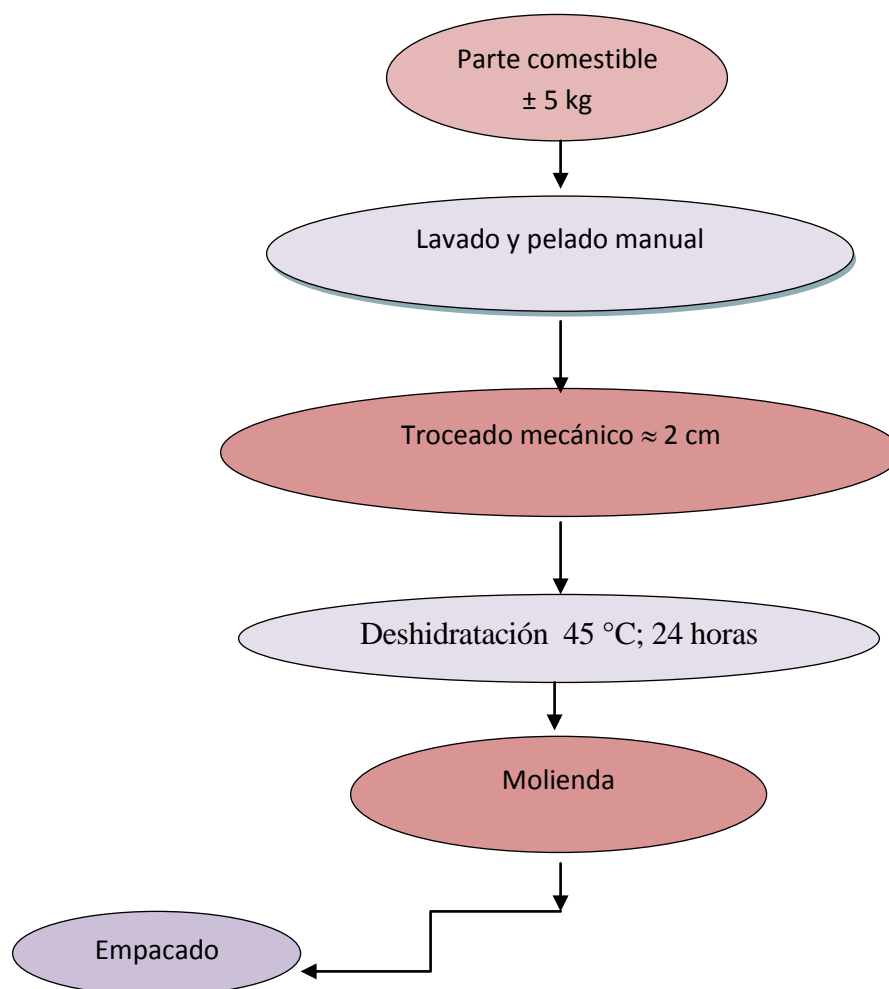
#### **4. b. Elaboración de las harinas**

##### **4. b.1. Elaboración de las harinas a partir de la parte comestible del tubérculo.**

Las harinas fueron obtenidas según métodos descritos por Pérez (1984). Cada sub-lote de la parte comestible fue procesado como sigue:

Aproximadamente 5 kilogramos (cuantificados) de la parte comestible de cada uno de los dieciocho clones, cortados mecánicamente en trozos regulares de alrededor de 2 cm en diámetro, se colocaron en las bandejas del deshidratador (Mitchell, Mod. 645159) y se deshidrató a 45 °C por 24 h (Fig. 1).

Los trozos deshidratados se molieron en el molino de martillo, usando un tamiz equivalente a 60 mesh. Las harinas obtenidas de cada clon se envasaron en frascos de vidrio o plástico y se almacenaron a temperatura ambiente para su posterior análisis. Esta harina se codificara con los mismos códigos descritos por el INIA (Ver Tabla 1).



**Figura 1.** Flujograma de elaboración de harina de la parte comestible de los clones de musáceas.

#### **4. b.2. 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

#### **4. c. Composición química de las harinas**

Las harinas obtenidas de los dieciocho clones fueron analizadas en su composición química. Se evaluó su composición porcentual proximal (humedad, proteína cruda; usando el factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25, grasa cruda, fibra cruda y cenizas), según metodologías descritas en la AOAC Internacional, (2000) y AACC, (2003).

#### **4. d. Características físicas y fisicoquímicas de las harinas.**

A cada una de las harinas se les evaluó la densidad, según Subramanian y Viswanathan, 2007. 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 este caso se iba golpeando el cilindro con la finalidad de que no quedara espacio de aire entre las partículas de la harina. La separación de fase, acidez titulable y el pH según AACC, 2003.

El índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad (ISA), se determinaron según la metodología descrita por Anderson en 1982. Para ello, se pesaron 2,5 g de cada harina en un tubo de centrifuga previamente tarado y se añadieron 30 ml de agua destilada. Esta mezcla se centrifugó por 10 minutos a 3000 (g). El sobrenadante se transfirió a una cápsula de porcelana previamente tarada y se evaporó hasta sequedad. Luego se enfrió en un desecador y se pesó. El índice de solubilidad en agua (ISA) expresado en porcentaje se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{ISA} = \frac{\text{Peso del residuo en el tubo} \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Peso de muestra

Y el índice de absorción de agua (IAA) expresado como gr de gel por gr de muestra según la fórmula:

$$\text{IAA} = \frac{\text{Peso del gel remanente en el tubo}}{\text{Peso de muestra}}$$

Peso de muestra.

La determinación de color se realizó según metodología descrita en el Hunter Lab Manual, 2001 y Giese, (1995), usando el colorímetro Macbeth Color-eye 2445;



calibrado con la placa blanca “standard”, con valores de:  $L^* = 94,64$   $a^* = -1,24$  y  $b^* = 2,27$ . Cada uno de los parámetros de color evaluado tiene el siguiente significado:

$L^*$  = Índice de luminosidad (100= blanco; 0= negro)

$a^*$  = Longitud de onda predominante (positivo = rojo; 0= gris; negativo = verde)

$b^*$  = Longitud de onda predominante (positivo = amarillo; 0= gris; negativo = azul)

$\Delta E$  = Índice del cambio total de color y se calcula según la fórmula siguiente:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}.$$

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

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

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.

#### 4. e. Propiedades reológicas de las harinas.

Las propiedades reológicas de las harinas se evaluaron siguiendo los siguientes métodos:

- A través de los perfiles de gelatinización, mediante el uso del Viscoamilógrafo Brabender a una concentración de 10 % según método descrito en la AACC (2003). La interpretación del amilograma se realizó según parámetros descritos por Mazur y col (1957) y Merca y Juliano (1981). Los parámetros a considerar son los siguientes: Viscosidad inicial o viscosidad a 30°C, pico de máxima viscosidad (**P**), viscosidad a 90°C, viscosidad al final del período de calentamiento (90°C, 30 minutos)(**H**), viscosidad a 50°C (**C**), viscosidad al final del período de enfriamiento (50°C; 30 minutos), estabilidad o “breakdown” que es la diferencia de viscosidad en unidades brabender (UB); entre el pico de viscosidad y la viscosidad al final del período de calentamiento (**P-H**), asentamiento o “setback” que es la diferencia de viscosidad en UB entre la viscosidad a 50°C y el pico de máxima viscosidad (**C-P**) y la consistencia que es la diferencia entre la viscosidad a 50°C y la viscosidad al final del periodo de calentamiento (**C-H**).
- A través de la viscosidad aparente mediante el uso del viscosímetro Brookfield LV usando cuatro velocidades (6, 12, 30 y 60 rpm) y la aguja # 4, según método descrito por Joslyn, 1970.

- A través de la consistencia mediante el uso del consistómetro Bostwick, según Norma Covenin (1980) para determinación de consistencia en pastas y salsas de tomate.

#### **4. f. FORMULACIÓN DEL PANQUÉ**

##### **4. f. 1. Materia prima para la elaboración del panqué**

Con la finalidad de estudiar la factibilidad de utilizar la harina de banano como sustituto de la harina de trigo en la formulación de un producto horneado tipo panqué, se preparó para la primera evaluación sensorial, cuatro formulaciones en las siguientes proporciones: 5:95, 10:90, 15:85 y 20:80 harina de banano: harina de trigo, respectivamente. Para la segunda evaluación sensorial se comparó el panqué elaborado con harina compuesta (banano y trigo) de mayor aceptación por los panelista con el control (100% trigo). Para la elaboración de los cuatro panqués, se empelaron los ingredientes que se muestran en la Tabla 2, según metodología de Wilderjans y col., (2008).

**Tabla 2.** Ingredientes utilizados para la formulación del panqué marmoleado con chocolate.

<b>Ingredientes</b>	<b>Gr</b>
---------------------	-----------

---

Harina de trigo o harina plátano	100
Margarina	100
Azúcar	100
Huevos	100
Polvo de hornear	3
Vainilla	2
Chocolate	50

---

Fuente: Wilderjans y col., (2008). (Modificado por Siso y Pérez (2008))

#### **4. f. 2. Procedimiento para la elaboración de los panqués**

Se siguió el esquema tecnológico propuesto en la Figura 2; en una batidora, se mezclaron previamente los 100 gramos de azúcar con los 100 gramos de margarina hasta obtener una mezcla cremosa. Luego, se incorporaron los huevos uno a uno, se batió durante un minuto e inmediatamente se agregó la esencia de vainilla.

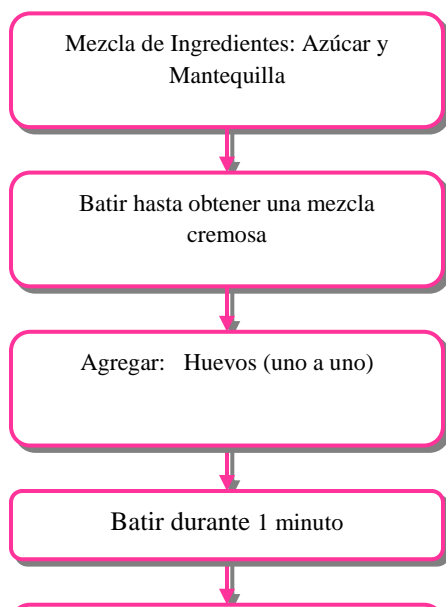
Finalmente se agregó la harina, ya sea la de trigo 100% o las harinas compuestas (trigo: plátano) según la formulación. Posteriormente, a los 30 segundos, se añadió el polvo de hornear. Una vez obtenida la mezcla básica, se separó en dos partes iguales y a una de ellas se le agregó chocolate y se batió hasta que se mezcló bien. Posteriormente, se colocaron en moldes previamente envueltos en papel parafinado, una cucharada de una mezcla y de la otra de forma alternada hasta terminar, para crear el efecto marmoleado se introdujo un cuchillo en la mezcla y se

giró para hacer un círculo alrededor de la pasta sin tocar el fondo ni los lados y finalmente se llevó a hornear, en forma convencional, a 175 °C durante 45 minutos.

#### **4. g CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DE LOS PANQUÉS**

**4. g.1.- Dentro de los parámetros de la composición química importantes en la calidad y tipificación del producto se analizaron:**

- Humedad: Según método descrito por la AOAC (2000).
- Grasa cruda: Según método descrito por la AOAC (2000).
- Proteína cruda: usando el método de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25. Método descrito por la AOAC (2000).
- Cenizas: Según método descrito por la AOAC (2000).



**Figura 2.** Esquema tecnológico para la elaboración de un panqué. (Propuesta por Siso y Pérez, 2008)

**4. g.2.- Dentro de los parámetros de las propiedades físicas y físico-químicas importantes en la calidad y tipificación del producto se analizaron:**

- pH: Según método de la AOAC (2000).

- Textura mediante un analizador de textura modelo TA-XT2 (Texture Technologies Corp. New York, USA), ajustando los parámetros y condiciones operativas de acuerdo a una la prueba ensayo.
- La determinación de color en las harinas compuestas, se realizó según el método descrito anteriormente.

Y se calculará en las tortas el índice de marrón como:  $(100-L^*)$  usada por Akissoe (2003).

$$IM: 100 - L$$

#### **4. g.3.- Dentro de los parámetros importantes en definir la calidad del producto durante la vida de anaquel se analizaron:**

- Humedad: Según método descrito por la AOAC (2000).
- pH: Según método descrito por la AACC (1997).
- Acidez titulable: Según método descrito por la AACC (1997).

Estos parámetros fueron medidos al primer día y al tercer día.

#### **4. h.- EVALUACIÓN SENSORIAL**

Se realizaron dos pruebas afectivas de tipo aceptación global, en la primera se evaluarán cuatro formulaciones de panqués elaborados con las distintas harinas compuestas, con un porcentaje de 5%, 10%, 15% y 20% de harina de plátano y el resto de harina de trigo, en la segunda evaluación sensorial se comparó la formulación (que contenía el panqué) que obtuvo la mayor aceptación con el panqué control (100% harina de trigo), según metodología descrita por Pedrero y Pangborn (1997) y Meilgaard y col (1999), a través de una evaluación afectiva de clasificación por rangos; se usó la prueba de aceptación para los siguientes parámetros: color,

aroma, sabor, textura y aceptación global, con escala hedónica verbal de 9 puntos, que se muestra en el Anexo 19. Todas las muestras se sirvieron en conjunto con la muestra control, y en la cual participaron 30 panelistas semi-entrenados que evaluaron los atributos de color, apariencia global, sabor, textura y aroma, usando el cuestionario de escala hedónica, donde el valor de cada muestra es categorizado usando valores numéricos que van desde “me gusta extremadamente” (9) a “me disgusta extremadamente” (1). Los resultados fueron analizados por análisis de varianza (ver Anexo 19).

#### **4. i. Análisis de los resultados.**

Cada uno de los métodos de análisis, fue realizado por triplicado a excepción de los análisis reológicos y de granulometría, los cuales se realizaron por duplicado. Los resultados se evaluaron estadísticamente, usando el análisis de varianza y el test de Tukey's, elaborando la hoja de cálculo en el programa Excel, ambiente Window Milenium.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **1.- Obtención de harinas, rendimiento y eficiencia.**



Los resultados del proceso de obtención de las harinas de plátano se muestran en las Tablas 3, 4 y 5 se utilizaron desde 1.900 g a 7.150 g de plátano de distintos clones, también se observa que la gran mayoría de los clones contienen más peso de la pulpa que de cáscara, a excepción de los clones 017, 0,20 y 0,55 que presenta mayor peso de cáscara que de pulpa.

Las Tablas 3, 4 y 5 resumen los parámetros de procesamiento de las harinas de pulpas, mostrando los valores de rendimiento y eficiencia del proceso calculado en cada una de las harinas obtenidas. Pérez y col. (2007) señalan valores similares de rendimiento (27,3% y 25,7%) y eficiencia (0,84% y 0,78%), 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.

El proceso de elaboración de harinas de bananos verdes, es un índice de la eficiencia y la productividad del proceso. Los valores obtenidos indican (en su gran mayoría) un alto porcentaje en cuanto al rendimiento y la eficiencia del procesamiento. También se toma en cuenta que la pulpa de plátano verde posee un alto contenido de humedad en los distintos clones, que oscilan desde 61,1% a 79,7%, por lo que se evidencia que hay poca pérdida de sólidos durante el proceso de deshidratación.

41

Componentes	007	014	017	018	020	036	055
Clon							

Genomio	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA
<b>Humedad (%)</b>	79,7±0,8	61,1±0,2	61,2±0,16	75,3±0,5	67,0±0,2	72,3±0,2	61,78±0,8
<b>Peso Total(g)</b>	4.000	4.000	7.150	5.500	6.500	2.900	4.000
<b>Peso Cáscara(g)</b>	743	1.800	3.900	2.600	3.300	1.500	2.100
<b>Peso pulpa (g)</b>	3.257	2.200	3.250	2.900	3.200	1.400	1.900
<b>Peso Harina(g)</b>	655,49	761,20	1259,6	710,2	1055,9	380,9	710,5
<b>Cáscara (%)</b>	62,5	45,00	54,55	42,00	51,00	51,77	52,5
<b>Pulpa (%)</b>	37,5	55,00	45,45	58,00	49,00	49,23	47,5
<b>Rendimiento Harina (%)</b>	20,13	34,60	38,76	24,5	33,00	26,5	37,4
<b>Eficiencia</b>	0,99	0,89	1,00	0,99	1,00	0,96	0,98

**Tabla 3.** Contenido de humedad, % de cáscara, pulpa comestible y rendimiento de harina de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata* triploides.

**Tabla 4.** Contenido de humedad, % de cascara, pulpa comestible y rendimiento de harina de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.

Componentes Clon	080	101	115	HH1	HH12	010
<b>Genomio</b>	AAA	AAA	AAA	AAA	AA	AA
<b>Humedad (%)</b>	74,3±0,7	72,9±0,8	77,4±0,1	75,0±0,9	69,6±0,2	64,4±0,8
<b>Peso Total (g)</b>	3000	4000	4250	2900	1900	4000
<b>Peso Cáscara (g)</b>	1.500	1.700	1.950	1.050	900	1.750
<b>Peso pulpa (g)</b>	1.500	2.300	2.300	1.850	1.000	2.150
<b>Peso Harina(g)</b>	387,9	625,8	526,25	460,65	298,4	766,1
<b>Cáscara (%)</b>	50,00	42,5	45,89	36,20	47,7	43,75
<b>Pulpa (%)</b>	50,00	57,5	54,11	63,80	52,6	56,25
<b>Rendimiento Harina (%)</b>	25,86	27,20	22,88	24,9	29,84	35,63
<b>Eficiencia</b>	1,01	1,00	1,01	1,01	0,98	1,00

También podemos observar que existe mayor variación en el contenido de humedad en los clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y

diploides, en relación a los clones con genomio de descendencia *Acuminata X Balbisiana*, triploides. Para el caso de algunos clones (017, 020, 101 y 010) se puede ver que el proceso es rentable y eficiente por los altos valores de rendimiento encontrados 27,20%, 33%, 35,63% 38,76%, y con una eficiencia de 1%, respectivamente. Aunque también se obtuvo valores de eficiencia menores a 1%, esto pudo deberse a que durante el procesamiento hubo alguna pérdida de la materia prima. Sin embargo, en función a estos parámetros, podría indicarse que sería muy rentable, a nivel industrial, la elaboración de harinas utilizando esta materia prima autóctona.

**Tabla 5.** Contenido de humedad, porcentaje de cascara, pulpa comestible y rendimiento de harina de banano de clones con genomio de descendencia *Acuminata X Balbisiana*, triploides.

<b>Componentes</b> <b>Clon</b>	<b>067</b>	<b>068</b>	<b>077</b>	<b>089</b>	<b>107</b>
<b>Genomio</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>
<b>Humedad (%)</b>	74,45±0,56	75,61±0,72	73,16±0,96	74,16±0,98	74,16±0,89
<b>Peso Total(g)</b>	4000	4000	6000	3500	6600
<b>Peso Cáscara (g)</b>	1700	1850	2750	1450	3100
<b>Peso pulpa (g)</b>	2300	2150	3250	2050	3500
<b>Peso Harina(g)</b>	590,1	515,37	856,9	520,96	913,3
<b>Cáscara (%)</b>	42,5	46,25	45,84	41,43	46,97
<b>Pulpa (%)</b>	57,5	53,75	54,16	58,57	53,03
<b>Rendimiento Harina (%)</b>	25,7	24,06	26,36	25,41	26,1
<b>Eficiencia</b>	1,01	0,99	0,98	0,98	1,01

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

Una vez procesada la materia prima y elaboradas las harinas de pulpas, se procedió a la determinación del análisis proximal y químico, los cuales permiten caracterizarlas para su uso en el desarrollo de productos.

Los resultados obtenidos de los análisis de composición proximal se muestran en las Tablas **6**, **7** y **8**. En estas tablas se reportan los valores obtenidos para los porcentajes de humedad, proteína cruda, grasa cruda, cenizas, fibra dietaria, carbohidratos totales y carbohidratos disponibles de las harinas obtenidas de la porción comestible (pulpa) de bananos.

El contenido de humedad es un factor de calidad en la conservación de algunos productos, ya que afecta la estabilidad de frutas, vegetales deshidratados, etc. Asimismo, 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).

**Tabla 6.** Composición proximal de la harina de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides.

<b>Componentes Clon</b>	<b>007</b>	<b>014</b>	<b>017</b>	<b>018</b>	<b>020</b>	<b>036</b>	<b>055</b>
<b>Genomio</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>
<b>Humedad (%) a</b>	10,14 ± 0,13c	13,02± 0,05d	8,83 ± 0,13e	10,04± 0,04c	13,04± 0,16d	10,08 ± 0,06 c	12,32 ± 0,20 f , k
<b>Proteína cruda (%) ab</b>	5,25 ± 0,19 c	5,56 ± 0,60c	3,61 ± 0,26e	4,77 ± 0,0 d	4,91 ± 0,06 c,d	3,70 ± 0,38 e	2,88 ± 0,26 g
<b>Grasa cruda (%) a</b>	0,50 ± 0,02 c	0,48 ± 0,13c	0,44 ± 0,01c	0,49 ± 0,07c	0,29 ± 0,03d	0,41 ± 0,09 c	0,30 ± 0,02 e, d
<b>Cenizas (%) a</b>	2,74 ± 0,04c, f	3,04 ± 0,03d	1,12 ± 0,04e	3,23 ± 0,01d	2,50 ± 0,09 f,g	2,44 ± 0,11 f, g	2,19 ± 0,0 g
<b>Fibra dietaria (%) a</b>	6,06 ± 0,00	2,55 ± 0,00	27,70 ± 0,00	6,85 ± 0,00	23,16 ± 0,00	21,20 ± 0,00	12,71 ± 0,00
<b>Carbohidratos totales (%)</b>	81,37 ± 0,00	77,72 ± 0,00	86 ± 0,00	81,47 ± 0,00	79,26 ± 0,00	83,37 ± 0,00	82,31 ± 0,00
<b>Carbohidratos disponibles (%)</b>	75,31 ± 0,00	75,17± 0,00	58,3 ± 0,00	74,62 ± 0,00	56,1 ± 0,00	62,17 ± 0,00	69,6± 0,00

Media ± desviación estándar n=3; a = % base seca; b = N x 6,25; letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 7.** Composición proximal de la harina de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.

<b>Componentes Clon</b>	<b>080</b>	<b>101</b>	<b>115</b>	<b>HH1</b>	<b>HH12</b>	<b>010</b>
<b>Genomio</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AAA</b>	<b>AA</b>	<b>AA</b>
<b>Humedad (%) a</b>	8,68 ± 0,05e	9,50 ± 0,01g, j	11,65 ± 0,08 l	9,00 ± 0,05g	13,93 ± 0,18h	12,82 ± 0,02f
<b>Proteína cruda (%) ab</b>	4,90 ± 0,5 c,d	4,10 ± 0,56 e	4,05 ± 0,29e	3,16 ± 0,27f	3,84 ± 0,27 e	3,26 ± 0,14f
<b>Grasa cruda (%) a</b>	0,39 ± 0,08e	0,46 ± 0,08c	0,60 ± 0,02c	0,51 ± 0,02 c	0,50 ± 0,05 c	0,31 ± 0,04 e,d
<b>Cenizas (%) a</b>	2,74 ± 0,09 c,f	2,91 ± 0,04c,d	3,56 ± 0,16d	2,89 ± 0,06c	2,60 ± 0,02 f	2,78 ± 0,00c, f
<b>Fibra dietaria (%) a</b>	27,46 ± 0,00	10,86 ± 0,00	14,23 ± 0,00	8,85 ± 0,00	5,29 ± 0,00	6,81 ± 0,00
<b>Carbohidratos totales (%)</b>	83,29 ± 0,00	83,03 ± 0,00	80,14 ± 0,00	84,44 ± 0,00	79,13 ± 0,00	80,83 ± 0,00
<b>Carbohidratos disponibles (%)</b>	55,83 ± 0,00	72,17 ± 0,00	65,91 ± 0,00	75,59 ± 0,00	73,84 ± 0,00	74,02 ± 0,00

Media ± desviación estándar n=3; a = % base seca; b = N x 6,25; letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias significativas al nivel (p ≤ 0,05).

**Tabla 8.** Composición proximal de la harina de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisiانا*, triploides.

<b>Componentes Clon</b>	<b>067</b>	<b>068</b>	<b>077</b>	<b>089</b>	<b>107</b>
<b>Genomio</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>	<b>ABB</b>
<b>Humedad (%) a</b>	10,84 ± 0,01i	13,59 ± 0,01h	9,82 ± 0,02 j	12,00 ± 0,03k	10,65 ± 0,01 i
<b>Proteína cruda (%) a b</b>	1,42 ± 0,15 h	2,45 ± 0,22 g	2,06 ± 0,26g	2,49 ± 0,27 g	1,44 ± 0,48 h
<b>Grasa cruda (%)a</b>	0,39 ± 0,02 e	0,45 ± 0,08 c	0,51 ± 0,14 c	0,35 ± 0,10 e	0,32 ± 0,04e,d
<b>Cenizas (%) a</b>	2,13 ± 0,01g	2,97 ± 0,06 c, d	1,87 ± 0,14e	2,84 ± 0,10c	2,95 ± 0,10 c, d
<b>Fibra dietaria (%) a</b>	26,13 ± 0	37,85± 0	36,81 ± 0	18,01 ± 0	16,51 ± 0
<b>Carbohidratos totales (%)</b>	85,22 ± 0	80,54 ± 0	85,74 ± 0	82,32 ± 0	84,64 ± 0
<b>Carbohidratos disponibles (%)</b>	59,09	42,69	48,93	64,31	68,13

Media ± desviación estándar n=3; a = % base seca; b = N x 6,25; letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ).

Los resultados obtenidos de porcentaje de humedad oscilan entre 8,68 % hasta 13,93% para los genotipos triploides y diploides *Acuminata*. Para los genotipos triploides de descendencia *Acuminata x Balbisiense*, se obtuvieron porcentajes de humedad que oscilan entre 9,82% hasta 13,59% estos valores son 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 11,75% utilizando un deshidratador de bandejas para la obtención de la harina y el INN (1999), 10,8%. Lo que sí 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.

Para el caso de los clones HH12 y 068 que se exceden ligeramente del límite permitido, se puede atribuir a que la pulpa de estos clones necesita de mayor tiempo para su secado, siguiendo el método de secado aquí usado. Se sugiere la realización de curvas de secado e isotermas de sorción independientes en cada uno de los clones para verificar la dinámica de salida de agua durante el proceso de secado. Los valores encontrados de humedad para estos dos clones no son favorables para la elaboración de productos de larga vida. En los ensayos realizados se encontró que existe una diferencia significativa entre las distintas harinas.

El contenido de proteína de un alimento es de gran importancia nutricional y funcional, debido a que ellas aportan los aminoácidos para el crecimiento. Las



proteínas de las frutas, 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 las harinas lo cuales están estrechamente relacionadas con el origen genómico. Los resultados muestran que los contenidos de proteínas obtenidos para los descendientes *Acuminata*, triploides y diploides oscilan entre 2,88% a 5,56%; mientras que para los descendientes *Acuminata x Balbisiana*, triploides varían desde 1,42% a 2,49%. En general, las musáceas presentan un bajo contenido de proteína en la pulpa. Pacheco (2001) encontró un contenido de proteína de 3,80% en *Musa paradisíacas* y González y Pacheco (2006) 4,37% en *Musa AAA*, lo que está en concordancia con lo encontrado en este estudio para la harina de pulpa.

Se puede destacar que % de proteína es mayor para los descendientes *Acuminata* (AAA y AA) en relación a los de genomio ABB. A pesar que el banano es una fruta con un bajo contenido de proteína, se observa en algunas de las harinas estudiadas (proveniente de este rubro) un contenido relativo alto de la misma.

El banano es recomendado en pacientes con enfermedades coronarias y con alta presión arterial, debido a su bajo contenido de grasa y sin colesterol (ya que éste es una grasa de origen animal). El contenido de grasa cruda obtenida en este estudio para los clones de banano con genomias AAA y AA varían desde 0,29% a 0,51%; para los ABB oscilan entre 0,32% a 0,51%. Estos valores coinciden con los reportados por González y Pacheco (2006) con 0,20% de grasa cruda y Pacheco

(2001), reportó 0,31%. En este ensayo se obtuvo diferencias estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) en las distintas harinas.

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la oxidación completa de la materia orgánica de un alimento. Indica, además, la calidad de la harina y de los productos obtenidos a partir de ella, así como su pureza. En las Tablas 6, 7 y 8 se muestran los porcentajes de cenizas obtenidos para las diferentes muestras que varían desde 1,12% a 3,23% para los triploides AAA y los diploides AA, mientras que para los triploides ABB, se obtuvo valores reportados en la Tabla 6, 7 y 8 que oscilan de 1,87% a 2,97%, los cuales coinciden con Pacheco (2001) reporta 2 % González y Pacheco (2006) arroja 2,72% y INN (1999) reporta 2,2%. Se encontró diferencias significativas en los distintos clones. También se debe destacar que el alto contenido de ceniza de algunos clones en relación con el resto se puede asociar a su alto contenido de potasio.

Tanto la fibra dietaria como el almidón resistente no son digeridos por el intestino delgado, pero pueden ser fermentados en el intestino grueso. Numerosos estudios indican que, tanto el almidón resistente como la fibra dietaria influye en la disminución del tiempo de tracto intestinal, aumento del volumen fecal, la disminución del pH clónico fecal, cadena de ácidos grasos insaturados (SCFA). Cuando el almidón resistente escapa de la digestión, este empieza a proporcionar los carbohidratos que son metabolizados por bacterias en el colon. Como en el colon se fermenta los carbohidratos indigeribles, SCFA, incluyendo acetatos, propinatos, esto disminuye el pH clónico fecal. Comparando la fibra dietética con el almidón

resistente, este último produce una proporción de butirato, el cual se piensa que es conveniente con la salud colónica (waring, 2003)

En vegetales con importante fracción fibrosa, es fundamental conocer la dinámica digestiva de la misma, en función de los componentes de la fracción citada.

De los resultados encontrados en las harinas aquí estudiadas, se observa que las harinas del clon 068 y 077 tienen significativamente mayor porcentaje de fibra dietaria que las otras harinas, aunque el resto, en su gran mayoría, aporta también un alto contenido de la misma. La ingesta de harina de estos clones 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. En los resultados obtenidos en cuanto a los valores de fibra dietaria se puede ver que coinciden, en su gran mayoría con los niveles encontrados por los autores señalados sin embargo, el clon 007, 010, 014, 018 y HH12 arrojan valores por debajo de los obtenidos por los distintos autores ya mencionados. También se observan, en su gran mayoría, valores de fibra que superan a los reportados por los autores, lo cual resulta beneficioso para el consumidor, ya que las fibras insolubles ayudan en la digestión y las fibras solubles atrapan los LDL que es el colesterol no deseado. (Ver Tabla 6, 7 y 8)

Muchos efectos relacionados con la salud, tales como la reducción del colesterol en la sangre, es debido a las propiedades fisiológicas de la fibra. Su eficiencia depende no solo de la cantidad, sino también de las propiedades de calidad que afecten su solubilidad, viscosidad, retención de agua, emulsificación y absorción. Esto implica que la fibra no viscosa está exenta de estas propiedades. (Malkki, 2001)

Los carbohidratos totales están constituidos en su mayor proporción (principalmente) por almidón, seguido de fibra dietaria y por último en menor cantidad, de azúcares. Los carbohidratos disponibles están constituidos principalmente de almidón y en menor proporción, de azúcares. González y Pacheco (2006) evaluaron la composición proximal de harina de banana verde *Musa* AAA, reportando valores de fibra dietaria 7,71% y almidón 74,94%. García y col. (2006) reportaron valores de fibra dietaria 14,5% y almidón total 73,4%. Pacheco (2001) fibra dietaria 8,43%, y almidón 81,30%. Pacheco- Delahaye (2002) reportó en harina de plátano verde un contenido de almidón de 86% del cual el 40,7% es amilosa y además 8,6% de fibra dietética.

Los valores reportados de carbohidratos totales por estos autores son similares a los obtenidos en las harinas de plátanos aquí evaluadas. También se pudo observar clones (068 y 077) con un alto porcentaje de fibra dietaria. Esto pudo deberse a la presencia de heteropolisacaridos (mucílagos).

El banano está constituido de mucílagos que son un tipo de fibra soluble de naturaleza viscosa. Las fibras solubles ayudan a disminuir el nivel del colesterol en la

sangre. El tipo de fibra ayuda a la reabsorción del colesterol intestinal producido por la bilis para la digestión de los alimentos. La fibra soluble forma un gel que atrapa este colesterol que es expulsado al exterior sin pasar a la corriente sanguínea.

<http://www.botanical-online.com/medicinalesmucilagos.htm>

El plátano en estado verde como ya mencionamos, 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.

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.

**Tabla 9.** Composición proximal de la harina de trigo, de marca comercial Robin Hood.

<b>Parámetros</b>	<b>Harina de Trigo</b>
<b>Humedad (%)</b>	11,4
<b>Proteína cruda (%)</b>	13,24
<b>Grasa Cruda (%)</b>	1,2
<b>Ceniza (%)</b>	0,6
<b>Fibra Dietaria (%)</b>	2,35
<b>Carbohidratos Totales (%)</b>	73,53

Mediante un procedimiento sistemático y fundamentado, debe destacarse que uno de los objetivos principales de este trabajo es la sustitución parcial del trigo (rubro importado) por el banano (rubro autóctono); de esta manera se logra economizar divisas y el abastecimiento de este alimento estaría completamente garantizado.

También es importante destacar que de esta forma incentiva el consumo de banano (como harinas) por otras harinas, en la utilización como ingredientes para la elaboración de diversos productos.

Evita las pérdidas por post cosecha de este rubro ya que se aumentara la versatilidad en el empleo de esta nueva harina, puesto que este alimento sólo se emplea en forma fresca frito y en sopas.

Y a nivel nutricional el banano, la harina de banano y todos aquellos productos elaborados con el mismo, proporcionan fuentes de: fibra dietaria, minerales y

vitaminas; en mayor proporción que la suministrada por la harina de trigo (ver Tabla 9).

Al comparar el contenido de fibra dietaria y de cenizas de la harina de trigo con respecto a las harinas de plátanos aquí estudiadas, se puede observar que las mismas presentan mayores valores nutricionales que la que contiene la harina de trigo; todo esto redundaría en beneficios que resultarían un excelente motivo que respaldaría la sustitución de este rubro importado por este rubro autóctono, del cual se derivan características esenciales y conocidas (color, sabor ,aroma , textura, etc) que haría de este producto un logro, ya que estas garantizarían la adaptación a la nueva harina.

La harina de trigo contiene cantidades mayores de grasa cruda en relación con la harina de banano; esto la hace perjudicial para pacientes que sufren de presión arterial y enfermedades coronarias; entonces sería un dato vital para esta población la sustitución de la harina de trigo por la de banano, ya que podrían disfrutar de productos elaborados con harina, pero más saludable.

Una característica no favorable del plátano es su bajo contenido de proteína en relación a la harina de trigo, siempre cuando no vaya dirigido este producto a pacientes con enfermedades del riñón, los cuales deben ingerir alimentos con bajo contenido de proteínas. Pero esta deficiencia de proteína en estas harinas de plátanos se puede aumentar utilizando productos como: derivados de lácteos, derivados de carne, soya, etc.

### 3.- Determinación de las Características físicas y fisicoquímica de las harinas.

Las Tablas 10 y 11 destacan los valores de la caracterización físicoquímicas de las harinas de pulpa de banano de los distintos clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides; y los clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisina*, triploides.

En cuanto a los análisis de pH obtenidos para las diferentes harinas, se encontraron que varían desde 3,48 hasta 6,25. Se puede distinguir en estas tablas (10 y 11) que los valores de pH para los clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides presentan mayor variación en relación a los clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisiana*, triploides, los cuales oscilan de 5,19 a 5,79; estos tienden a ser más constantes y entre ellos no existen diferencia significativa. Para los clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides, existen diferencias significativas.

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 la 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 en este estudio está, en su mayoría, dentro del rango definido por las normas para harinas comerciales, tales como el trigo que es de 5,6 (COVENIN 217:2001). Si comparo los valores reportados por estos autores con respecto a lo presentados por las distintas harinas de bananos, se noto



que algunos coinciden con los reportados en la literatura se reportan valores de pH menores (3,48) y mayores (6,25)

El porcentaje de acidez, expresado como ácido málico, oscila entre 0,002 a 0,22 para los clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides, mientras que para los clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisiana*, triploides, oscila entre 0,002 y 0,05. Las harinas con genomio AAA y AA tienden a ser más ácidas que las harinas con los genomio ABB. Existe diferencia significativa en la acidez presentada por los distintos clones de bananos. Rengel (2010) reportó valores de acidez de 0,17 en harina de plátano (AAB), comparando este valor con los reportados por las harinas aquí evaluadas coincidiendo con este autor, también se encontró valores por debajo y superiores al mismo. El contenido de ácido es de suma importancia porque puede ser un índice de deterioro del producto; el clon HH12 presenta un valor de acidez de 0,22 junto con un valor de humedad de 13,93, encontrándose dentro de los parámetros de índice de deterioro. Sin embargo, para el resto de las harinas, el valor de humedad se encontró dentro de los parámetros definidos para evitar deterioro significativo.

La evaluación de pH y la acidez titulable de los bananos, los bananos de cocción y de los plátanos es utilizada, principalmente para estimar la calidad de consumo y los atributos ocultos. Podían ser considerados un indicador de madurez del fruto o de madurez. La acidez es un parámetro muy importante, ya que contribuye a la calidad postcosecha de la fruta, el sabor es principalmente un equilibrio entre el azúcar y el contenido de ácido, por lo tanto, después de la cosecha

la evaluación de la acidez es importante en el sabor de la fruta. (Dadzie y Orchard, 1997).

**Tabla 10.** Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.

N	Código INIA	Genómio	pH	Acidez titulable a	ISA	IAA (g gel/ g sólido)
1	007	AAA	5,71±0,25b,f	0,19±0,01 c	6,67±2,31 b	2,52± 0,04 b
2	014	AAA	6,04 ± 0,06c, f	0,004±0,00 b	9,33±2,31e	2,32 ± 0 b
3	017	AAA	3,48 ± 0,16a	0,19±0,01c	8±0 d	2,37 ±0,061 b
4	018	AAA	5,37 ± 0,06e	0,09±0,01d	9,33±2,31 e	2,35±0,16 b
5	020	AAA	4,15 ± 0,14d	0,015±0,00c	6,67±2,31 b	2,31 ±0,10 b
6	036	AAA	5,63 ± 0,24b,f	0,003±0,00 b	6,67±2,31 b	2,77±0,12 c
7	055	AAA	6,24 ± 0,02c	0,002±0,00 b	6,67±2,31 b	2,19±0,02 b
8	080	AAA	5,56 ± 0,25b,f	0,003±1,86 b	6,67±2,31 b	2,81 ±0,10 c
9	101	AAA	6,09 ± 0,06c,f	0,003±3,63 b	12±0 f	2,33±0,06 b
10	115	AAA	5,93 ± 0,20 b,f	0,003±0,00 b	8±0 d	2,51±0,02 b
11	HH1	AAA	5,41 ± 0,13e	0,004±0,00 b	8±0 d	2,87±0,33 c
12	HH12	AA	4,17 ± 0,22d	0,22±0,00c	8±0 d	2,21±0,06 b
13	010	AA	6,25 ± 0,02c	0,002±0,00 b	8±0d	2,16±0 b

Media ± desviación estándar n=3; a= expresado como porcentaje de ácido málico; letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 11.** Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbiana*, triploides.

N	Código INIA	Genómio	pH	Acidez titulable a	ISA	IAA (g gel/ g sólido)
14	067	ABB	5,79±0,02 b,f	0,002±9,40 b	4±0c	2,13±0,06 b
15	068	ABB	5,78±0,08b,f	0,05±0,00 d	4±0 c	2,24±0,04 b
16	077	ABB	5,19±0,07b, e	0,003±9,66 b	8±0 d	2,77±0,12 c
17	089	ABB	5,77±0,12b, f	0,004±0,00 b	8±0 d	2,25±0,09 b
18	107	ABB	5,59±0,06b,f	0,003±0,00b	4±0 c	2,24±0,04 b

Media ± desviación estándar n=3; a= expresado como porcentaje de ácido málico; letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ).

El IAA indica la capacidad de los gránulos de almidón en relación a su peso, de incorporar agua. Se puede observar, en los resultados expuestos en las Tablas 10 y 11, como la harina del clon HH1 muestra mayor capacidad de incorporar agua e

hincharse (2,87 g gel/g sólido) que la harina del clon 067 (2,13 g gel/g sólido), pero no existe grandes diferencias entre los distintos clones. Con estos resultados puedo decir que el almidón de banano incorpora menor cantidad de agua, ya que se encuentra en su forma nativa. 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 el grado de cristalinidad, el contenido de amilosa, la morfología del gránulo del almidón y el proceso calórico (Englyst y col, 1992)

El índice de absorción del agua es una característica para tomar en cuenta en el envejecimiento del pan (Pomeranz, 1971), se hace referencia a esto ya que en este trabajo se elabora un producto horneado tipo panqué, lo cual indica que IAA es un elemento fundamental. Permite cuantificar el poder de absorción de agua de la masa y de la miga, dando una idea del grado de gelatinización del almidón y su cambio a través del tiempo. Junto con otros parámetros, da una idea de retrogradación.

Frutas como los bananos contienen muchos compuestos que son solubles en agua, por ejemplo, azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Los valores ISA de las harinas aquí evaluadas oscilan de 4 a 12, encontrándose valores bajos y otros relativamente altos. Rengel (2010) reporto valores de ISA iguales a 2, indicando que la harina de plátano (AAB) evaluada por este autor presenta un índice de solubilidad en agua bajo en relación a las aquí estudiadas. Las harinas con baja solubilidad se le recomienda realizar tratamientos previos con procesos alcalinos o de gelatinización permitiendo obtener un producto soluble.

La gelatinización está caracterizada por una significativa captación de agua, resultando en una expansión del gránulo y la solubilidad de las moléculas de amilosa. (Hoseney y col, 1996).

La densidad es un índice que resulta de calcular el peso que tiene la unidad de volumen de muestra, a pesar que no existe una norma que regule sus valores críticos, es claro que está afectada 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, es decir que los resultados presentan el mismo comportamiento en las harinas, es mayor la densidad en las harinas compactadas que sin compactar. En la harinas de bananos se observo valores que oscilan de 0,41 g/ml a 0,52 g/ml en la densidad compactada y sin compactar se obtuvo resultado que van desde 0,29 g/ml a 0,40 g/ml (Ver Tabla 12 y 13).

**Tabla 12.** Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.

Nº	Código INIA	Genómio	Densidad compactada (g/ml)	Densidad sin compactar (g/ml)	Separación de fase
1	007	AAA	0,50±0,01 <sup>b</sup>	0,34±0,04 <sup>a</sup>	1±0 <sup>a</sup>
2	014	AAA	0,44±0,01 <sup>c</sup>	0,31±0,01 <sup>a</sup>	2,75±0,35 <sup>c</sup>
3	017	AAA	0,48±0,01 <sup>c</sup>	0,32±0,00 <sup>a</sup>	9±1,41 <sup>d</sup>
4	018	AAA	0,52±0,00 <sup>b</sup>	0,35±0,01 <sup>a</sup>	3,75±0,35
5	020	AAA	0,45±0,00 <sup>c</sup>	0,29±0,00 <sup>b</sup>	2,5±0 <sup>c</sup>
6	036	AAA	0,47±0,01 <sup>c</sup>	0,36±0,00 <sup>a</sup>	6,5±0,71 <sup>e</sup>
7	055	AAA	0,52±0,05 <sup>b</sup>	0,37±0,00 <sup>a</sup>	2,5±0 <sup>c</sup>
8	080	AAA	0,51±0,01 <sup>b</sup>	0,40±0,02 <sup>c</sup>	4,5±0,71 <sup>f</sup>
9	101	AAA	0,52±0,00 <sup>b</sup>	0,35±0,00 <sup>a</sup>	10±0 <sup>g</sup>
10	115	AAA	0,48±0,00 <sup>c</sup>	0,32±0,00 <sup>a</sup>	7,5±0,71 <sup>b</sup>
11	HH1	AAA	0,51±0,00 <sup>b</sup>	0,36±0,03 <sup>a</sup>	1,25±0,35 <sup>a</sup>
12	HH12	AA	0,41±0,01 <sup>c</sup>	0,30±0,00 <sup>b</sup>	1,75±0,35 <sup>a</sup>
13	010	AA	0,52±0,01 <sup>b</sup>	0,36±0,00 <sup>a</sup>	8,25±0,35 <sup>h</sup>

Media ± desviación estándar n=2; letras iguales, en la misma columna indican que no existen diferencias significativas al nivel (p ≤ 0,05).

**Tabla 13.** Características físico-químicas de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisiana*, triploides.

Nº	Código INIA	Genómio	Densidad compactada (g/ml)	Densidad sin compactar (g/ml)	Separación de fase
14	067	ABB	0,50±0,00 <sup>b</sup>	0,34±0,00 <sup>a</sup>	2,5±0 <sup>c</sup>
15	068	ABB	0,50±0,00 <sup>b</sup>	0,33±0,00 <sup>a</sup>	1,25±0,35 <sup>a</sup>
16	077	ABB	0,52±0,01 <sup>b</sup>	0,37±0,00 <sup>a</sup>	2,5±0 <sup>c</sup>
17	089	ABB	0,50±0,00 <sup>b</sup>	0,35±0,00 <sup>a</sup>	1±0 <sup>a</sup>
18	107	ABB	0,51±0,01 <sup>b</sup>	0,35±0,00 <sup>a</sup>	7,25±0,35 <sup>b</sup>

Media ± desviación estándar n=2; letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas al nivel (p ≤ 0,05).

También es importante mencionar que los valores encontrados en las harinas con genomio ABB se mantienen casi constantes para la densidad compactada y sin compactar; caso contrario sucede con las harinas con genomio AAA y AA (ver Tablas 12 y 13) las cuales puede estar asociado al genomio. No existe diferencia

significativa en este parámetro en las harinas con genotipo ABB; sin embargo, para las harinas con genotipo AAA y AA sí se encontraron diferencias. Las diferencias que se encuentran 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 resultados obtenidos de separación de fase oscilan entre 1 a 10, encontrándose valores mayores en las harinas con genotipo AAA y AA en relación a la que se reportan para las harinas con genotipo ABB.

Los resultados que se muestran en las Tablas 10 y 11 corroboran a lo encontrado en las Tablas 12 y 13, con respecto al índice de absorción de agua y solubilidad del medio. En este caso, las harinas presentan una baja absorción de agua y una baja solubilidad, lo cual se observó como una separación en la suspensión formando un sobrenadante y un sedimento. A excepción de los clones 101, 115, 010 y el 017 que presentaron un alto índice de solubilidad en agua y un bajo índice de absorción de agua lo cual generó una separación de fase bien marcada.

**Tabla 14.** Parámetros para describir el color reflejado en las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.

N°	Código INIA	Genómio	L*	a*	b*	IB	ΔE
1	007	AAA	80,08±0,12a	2,38±0,03b	12,35±0,10a	76,44±0,14f,g	18,08±0,14a
2	014	AAA	81,58±0,02d	2,37±0,01b	12,61±0,01a	77,55±0,01e	17,04±0,01c
3	017	AAA	83,82±0,03b	2,92±0,02c	12,32±0,03a	79,46±0,04a	15,34±0,04b
4	018	AAA	81,00±0,02d	1,96±0,01a	12,64±0,02a	77,09±0,03 e	17,43±0,03c
5	020	AAA	83,53±0,03b	2,77±0,02c	12,81±0,05b	78,95±0,05d	15,84±0,06b
6	036	AAA	76,9 ±0,05e	3,16±0,01c	13,94±0,03c	72,84±0,06h	21,68±0,06f
7	055	AAA	80,59±0,01a	2,12±0,01b	11,13±0,01d	77,53±0,01 e	16,94±0,01g
8	080	AAA	78,16±0,08f	3,05±0,02c	13,07±0,06b	74,36±0,10i	20,17±0,10h
9	101	AAA	79,79±0,09g	2,19±0,02b	12,67±0,07a	76,05±0,11f,g	18,45±0,11a
10	115	AAA	80,09±0,03 a	2,45±0,02b	13,46±0,03c	75,84±0,04g	18,72±0,04a
11	HH1	AAA	83,2± 0,04 b	2,30±0,01b	12,56±0,03a	78,90±0,05d	15,79±0,05b
12	HH12	AA	84,09±0,05 c	2,45±0,01b	12,99±0,02b	79,32±0,05a	15,48±0,05b
13	010	AA	81,29±0,03d	1,50±0,03a	13,38±0,05c	76,95±0,06f	17,58±0,06c

Media ± desviación estándar n=3; letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ). L\*: negro=0, blanco=100; a\*: + = rojo, - = verde; b\*: + = amarillo, - = azul, IB: índice de blanco, ΔE índice del cambio total del color.

**Tabla 15.** Parámetros para describir el color reflejado en las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisiana*, triploides.

Nº	Código INIA	Genómio	L*	a*	b*	IB	ΔE
14	067	ABB	85,53±0,03h	2,05±0,01b	11,27±0,02d	81,54±0,03b	13,22±0,03e
15	068	ABB	84,16±0,05c	2,11±0,02b	11,21±0,03d	80,48±0,06c	14,17±0,06d
16	077	ABB	84,76±0,03 c	1,87±0,01a	9,94± 0,04e	81,71±0,04b	12,89±0,04e
17	089	ABB	83,54±0,02b	1,98±0,01a	10,26±0,02e	80,50±0,02c	14,06±0,02d
18	107	ABB	84,43±0,02c	1,94±0,02a	13,38±0,03c	79,38±0,03a	15,32±0,03b

Media ± desviación estándar n=3; letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ). L\*: negro=0, blanco=100; a\*: + = rojo, - = verde; b\*: + = amarillo, - = azul, IB: índice de blanco, ΔE índice del cambio total del color.

En las Tablas 14 y 15 se observan los valores obtenidos para el 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 °C; si la muestra es blanca la reflectancia será 100 y si es negra será cero. El valor obtenido para este parámetro en la harinas de plátanos oscila desde L\* = 76,9 a L\*= 85,53. Estas harinas no son oscuras, ya que no sufren de reacciones de oscurecimiento, enzimático y no enzimático. Puedo decir que las harinas con genomio ABB tienden a ser más blancas que las harinas con genomio AAA y AA.

El parámetro a\* mide el matiz e indica la longitud de onda predominante, valores negativos de a\* miden el verde, en tanto, los positivos, el rojo. Los valores arrojados para este parámetro se encuentran entre a\*= 1,50 y a\*= 3,16 las harinas



tienden a este color por la presencia de pigmentos rojos. El parámetro  $b^*$  mide la intensidad del color y va del azul, si el valor es negativo, al amarillo, si el valor es positivo (Hunter, 2001), estos oscilan desde  $b^*= 9,94$  a  $b^*= 13,94$  indicando un matiz amarillo. Este color amarillo de estas harinas se debe la presencia de pigmentos que podría ser del tipo caroteno o flavonoides.

El índice de blanco mide el grado de desviación de la harinas con respecto a un blanco impoluto; estos valores se encuentra entre  $IB = 72,84$  y  $IB=81,71$ . Estos resultados indican que las harinas de pulpas de banano presentaron un color blanco amarillento (crema). El color es un parámetro físico importante en la calidad de las harinas (Pacheco y col., 2008)

Los valores obtenidos en el índice del cambio total de color, oscilan desde 12,89 a 21,68, esto indica que las harinas están cercanas al blanco total. Lo cual se destaca que  $\Delta E$  es mayor para los descendientes *Acuminata* (AAA y AA) en relación a los de genomio ABB (ver Tabla 14 y 15). Los resultados indican que existe una relación entre este parámetro y el genomio. Existen diferencias significativas entre las harinas de plátanos, para cada uno de los parámetros de color evaluados; gracias a los valores de  $\Delta E$  calculados, ya que el color de las harinas es blanco, con ligera tonalidad rojiza y mayor tendencia al color amarillo. El color es fundamental para el tipo de producto que se va a elaborar.

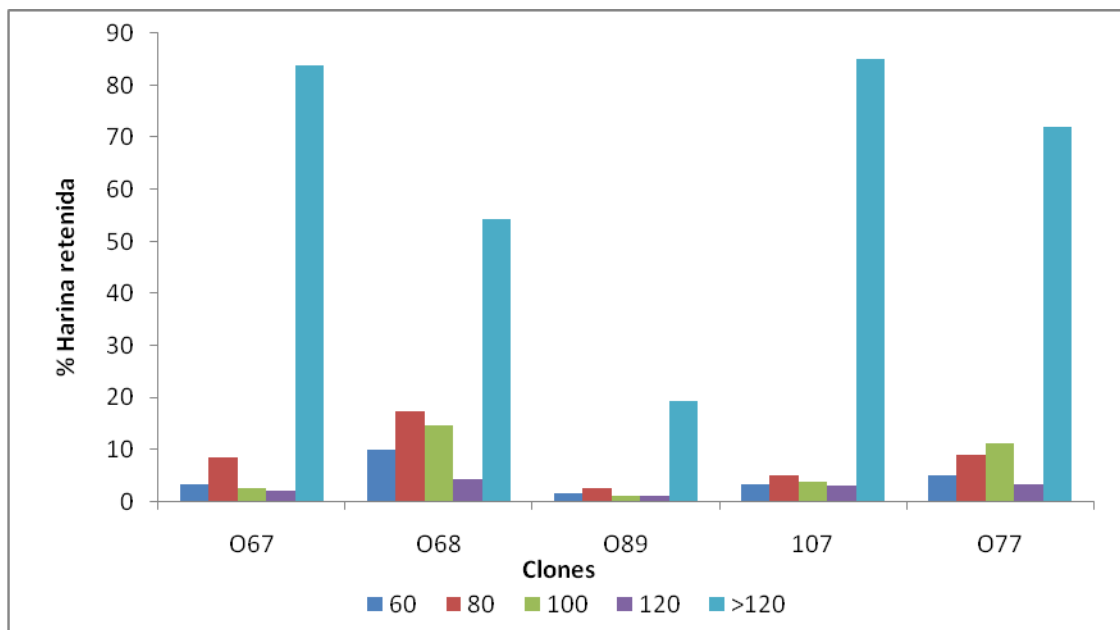
Rengel (2010) reportó valores de  $L^* = 87,45$ ,  $a^*= 2,00$ ,  $b^*= 10,51$ ,  $\Delta E= 88,10$  y  $IB= 83,51$  para *Musa* AAB. Estos valores coinciden con el reportado en este

trabajo, a excepción de los valores  $\Delta E$  que son mucho más bajos en relación a lo reportado por Rengel.

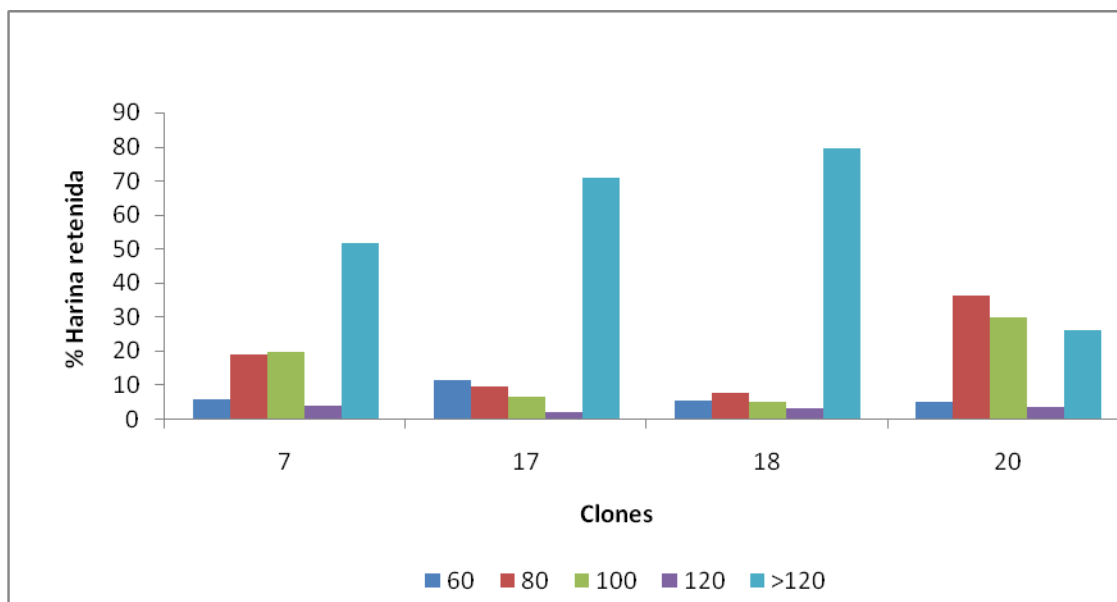
De los resultados mostrados en la Figura 3, se observa la variación en la distribución del tamaño granular de los clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisiana*, triploides. Para estas harinas de pulpa, se reporta el mayor % de retención en el tamiz de >120 mesh. Si esto lo comparamos con los resultados obtenidos en las Figuras 4 y 5, para los clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides; observando que en la gran mayoría de las harinas evaluadas, se reporta el mayor porcentaje de retención en una granulometría de 120 mesh.

Podemos comparar las harinas de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides retenidas en los tamices, donde se observa el mayor porcentaje de retención a 120 mesh. Las harinas con genomio AAA tienen generalmente un mayor número de partículas finas, aunque se encuentran algunos clones (036, 020, 014 y HH1) que presentan partículas gruesas y por ende, se observa mayor retención de las mismas en los tamices con 60, 80 y 100 mesh, respectivamente (ver Figuras 4, 5 y 6). Esto indica que existen diferencias estructurales en la materia prima al momento de la reducción de tamaño. En cambio las partículas de las harinas con genomio ABB y AA son más finas que las anteriores, en estos clones se mantiene constante la retención de las harinas en los tamices, en relación a los clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides; este tamaño de partícula se debe principalmente a los constituyentes de las diferentes harinas y el comportamiento de las mismas en el proceso de molienda empleado.

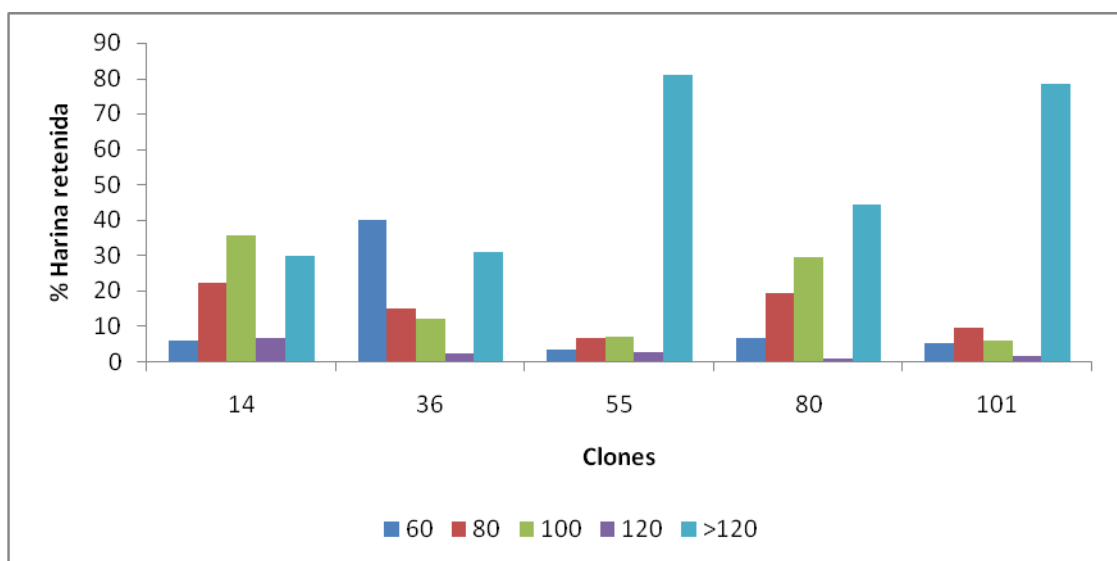
Dependiendo del tamaño de las partículas, se garantizará un mezclado más homogéneo de las mismas, siendo la granulometría un parámetro de calidad de las harinas.



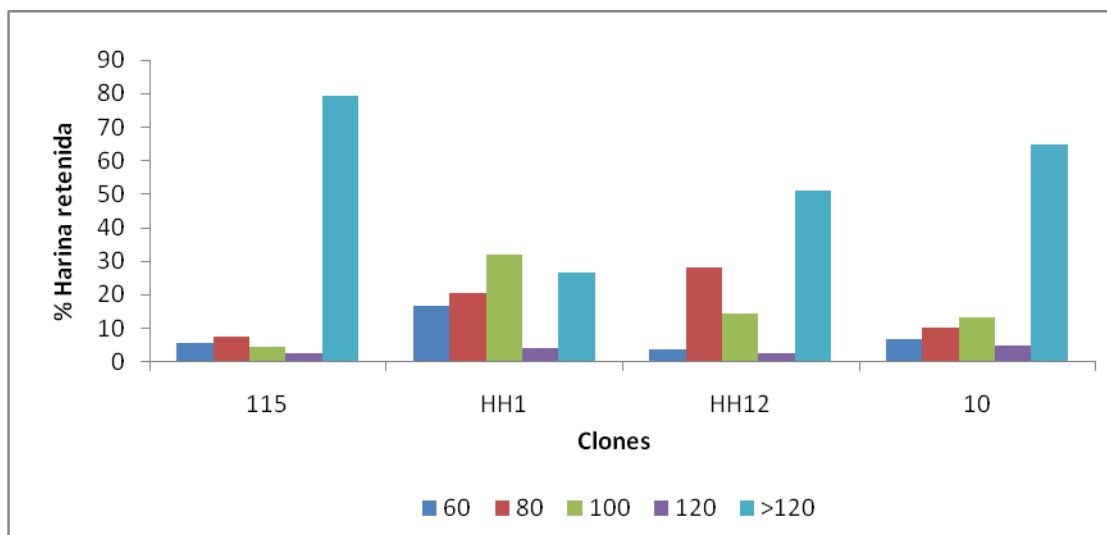
**Figura 3:** Porcentaje de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata x Balbisiana*, triploides retenidas en los tamices.



**Figura 4:** Porcentaje de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides retenidas en los tamices.



**Figura 5:** Porcentaje de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides retenidas en los tamices.



**Figura 6:** Porcentaje de las harinas de bananos de clones con genomio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides retenidas en los tamices.

#### 4.- Propiedades reológicas de las harinas

El perfil viscoamilográfico de las harinas de pulpa, a una concentración de 8 %, se muestra en la Tabla 16 y en los anexos del 1 al 18.

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 una matriz intergranular lo que produce un incremento de la viscosidad (Wong, 1994, citado por Sabino, 2005).

Ingredientes como la grasa y las proteínas incrementan la temperatura de gelatinización del almidón. Estos tienden a formar una capa en el granulo limitando la penetración del agua afectando la hidratación y el hinchamiento. (Light, 1990)

Los resultados encontrados en este estudio indican que las harinas de pulpa desarrollan una viscosidad inicial que van desde 71,45°C a 75,95°C. La temperatura inicial de gelatinización es un índice directo del grado de cristalinidad del almidón (Ellis y col. 1998).

Investigaciones efectuadas por Pérez (1993) demostraron que el almidón de plátano tiene un rango de temperatura de gelatinización que va de 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 va desde 480 a 940 UB; este 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 la pulpa del clon 089 con genomio ABB son los que tienen mayor capacidad de hincharse que los otros clones; también podemos observar que los clones HH12 con genomio AAA tienen el pico de viscosidad máxima, más bajo en relación a los otros clones. (Ver Anexo 1 – 18)

**Tabla 16:** Características reológicas medidas en el amilógrafo Brabender para las diferentes harinas.

			P	H	C	P-H	C-H	C-P
Código	TIG	TF	Pico de Viscosidad	Temp. 90°C 20' min.	Temp. 50°C	Fragilidad	Consistencia	Retrogradación
101	71±0,35a	90	770	770	880	0	60±14,14a	60±14,14b
010	76±0,35b	90	705	670	690	35	20±0e	-15±21,21c
014	74±0,42d	90	800	785	870	15	85±7,07d	70±14,14d
036	73±0,28e	90	517,5	550	650	-32,5	100±0c	132,5±17,68e
068	74±0f	90	880	748,5	870	131,5	121,5±7,78f	-10±14,14f
080	72±0,35a	90	730	730	780	0	50±14,14g	50±14,14g
089	74±0,21d	90	940	810	910	130	100±0c	-30±0h
115	72±0,99e	90	830	825	890	5	65±7,07h	65±7,07i
020	73±2,05c	90	663,5	554	564	109,5	10±14,14i	-99,5±41,72j
055	76±0,21b	90	737,5	720	800	17,5	80±0b	62,5±3,54k
107	74±0,42d	90	790	695	805	95	110±28,28j	15±35,36l
HH12	74±0,14d,c	90	480	437,5	500	42,5	62,5±31,82k	20±28,28a
007	74±0,71d	90	755	732,5	780	22,5	47,5±10,61l	25±7,07m
017	75±1,70f	90	600	505	542,5	95	37,5±3,54m	-57,5±3,54n
018	73±0,28e	90	700	700	700	0	0±0n	0±0 o
067	73±0,14d,c	90	878	718	820	160	102±5,66a	2±82,024p
077	73±0,49d,c	90	810	770	830	40	60±0o	20±0a
HH1	74±0,64f	90	860	860	940	0	80±0b	80±0q

Media ± desviación estándar n=2; letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas al nivel

( $p \leq 0,05$ ).

Betancur (2003) expone que en el rango comprendido entre 70 y 90°C, los gránulos de los almidones nativos de maíz y plátano se hincharon gradualmente a medida que se aumentó la temperatura. Este hinchamiento gradual es el resultado de

la ruptura de los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas, que permiten una absorción irreversible y progresiva de agua.

La viscosidad después de calentar durante 20 minutos a 90 °C varió desde 437,5 a 860 UB, para las harinas de los diferentes clones. Como se puede observar, en la gran mayoría de las muestras se logró 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.

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 continua hasta la temperatura de gelatinización del almidón, en la cual el granulo presenta su máximo hinchamiento antes de que ocurra su ruptura y posterior solubilización.



La viscosidad después de ser enfriada la suspensión a 50°C, va desde 500 UB a 940 UB para los distintos clones. Rasper (1980), citado por Matos (2001), menciona que el *breakdown* 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 período de calentamiento se observa entonces que el comportamiento del *breakdown* para las harinas de pulpa va desde -32,5 a 225 UB; se puede observar que el clon 036 mostró valores negativos de *breakdown*, lo que indica que los gránulos de almidón de esta harina tienen más estabilidad que los de las otras harinas, ya que tiene valores más cercanos a 0 UB.

El proceso de cristalización llamado retrogradación es la mayor razón del envejecimiento de los alimentos que contienen harinas o almidones durante el almacenamiento. El entendimiento de la relación entre la estructura y la retrogradación, es esencial para producir alimentos que contengan almidones o harinas con una larga vida en el anaquel. Entre los factores que afectan la retrogradación del almidón se tiene: estructura de la amilopectina, contenido de amilosa y la presencia de constituyentes menores como proteínas y lípidos. (Yao y col, 2002)

(García y col, 2006), definen al *set back* como un índice que se utiliza para expresar la tendencia a retrogradar de los almidones, mientras mayor sea el valor de este índice, mayor será la tendencia a retrogradar observamos que los clones 010, 068, 089, 020 y 017 presentan valores bajos de retrogradación, indicando que es

posible utilizarlo para elaborar productos que requieran refrigeración o almacenamiento prolongado.

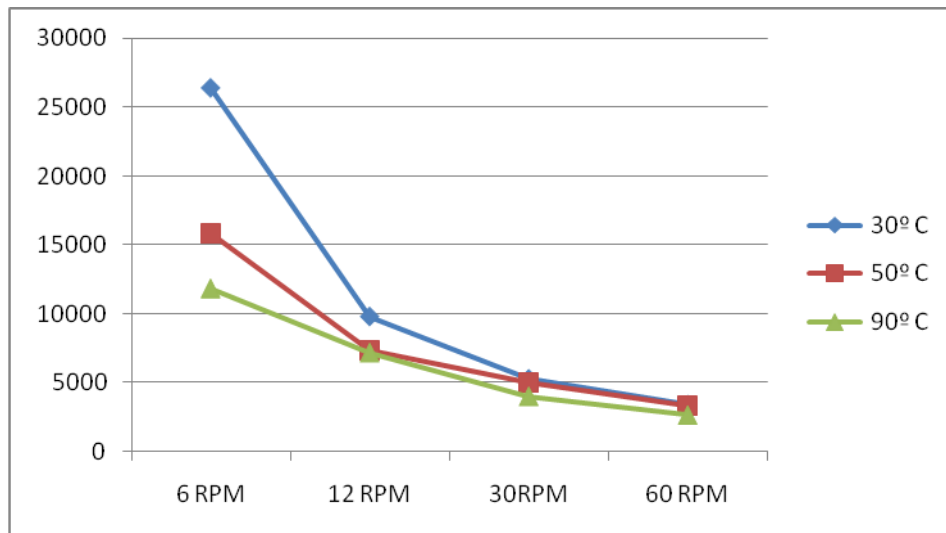
La consistencia está asociada con la cantidad de amilosa y amilopectina. La amilosa es el componente principal implicado en la producción de la estructura de la red que da a los geles la firmeza durante el proceso de enfriamiento (Zhou y col., 1998); entre más cantidad de este componente presente en el gránulo de almidón mayor consistencia tendrá. En general, la mayoría de los clones presenta altos valores de consistencia, indicando que se puede incorporar a los sistemas alimenticios en forma de jaleas, mermeladas, pan y embutidos; en las harinas evaluadas este parámetro oscila desde 0 a 121,5. Es importante conocer la consistencia del producto a la hora de utilizar un equipo, de lo contrario podría ocasionar daños en el mismo.

La consistencia está asociada al índice de absorción y solubilidad del agua, la cual al ser mayor (en algunas harinas), genera una mayor viscosidad de la suspensión y por ende una mayor resistencia al movimiento, observándose un menor recorrido del gel, lo que se traduce a una mayor consistencia.

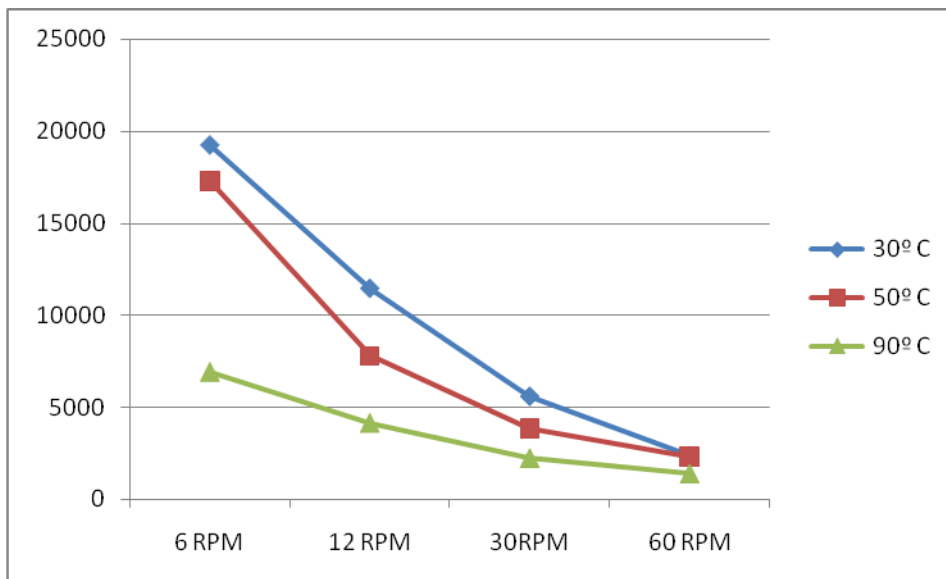
La evaluación reológica de las harinas consistió en el análisis de viscosidad aparente mediante un viscosímetro Brookfield y del comportamiento viscoamilografico empleando un viscoamilografo Brabender. Los resultados de la viscosidad aparente medida a 30, 50 y 90° C con una aguja # 4 a diferentes tasas de corte (rpm) se muestran en las Figuras de la 7 a la 24 para las diferentes harinas.

En general, el comportamiento de las 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 distintas harinas de pulpa, disminuyendo la viscosidad aparente al aumentar la temperatura.

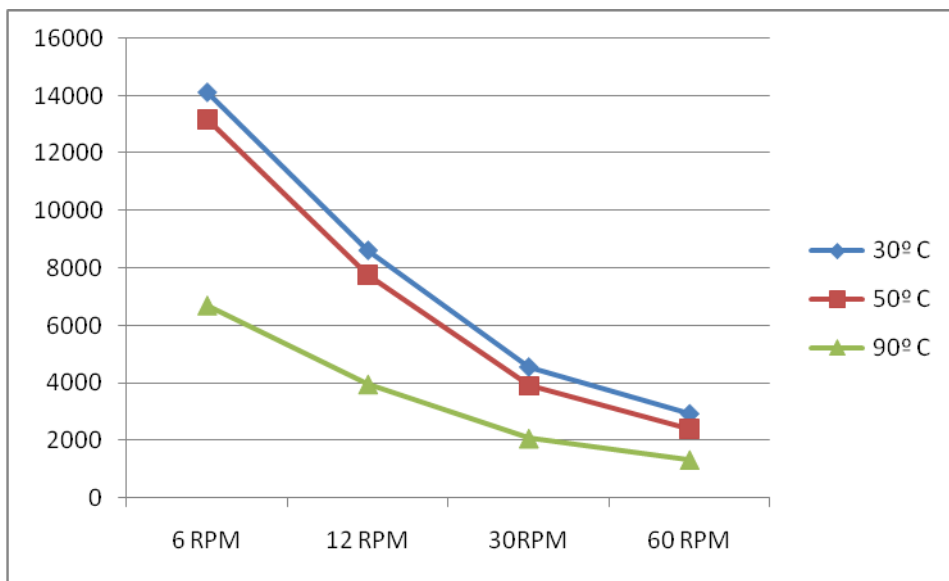
Los resultados obtenidos en la viscosidad aparente fue comparado con el trabajo de Pérez (1993); este autor observó valores de viscosidad en el almidón nativo de yuca que disminuían cuando aumentaba la tasa de corte, medidos a las mismas temperaturas de 50°C y 30°C, lo cual revela el carácter pseudoplástico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



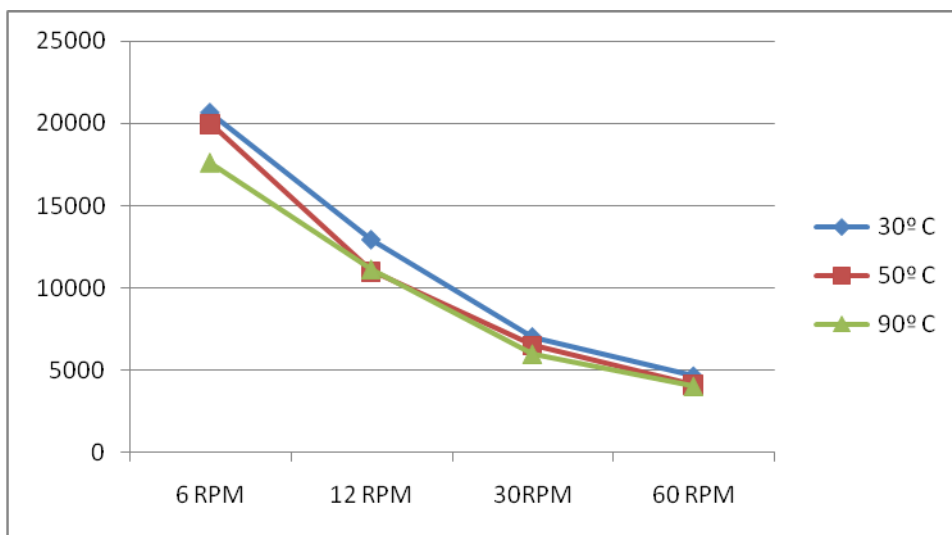
**Figura 7.** Curva de viscosidad aparente para el clon 067 (ABB).



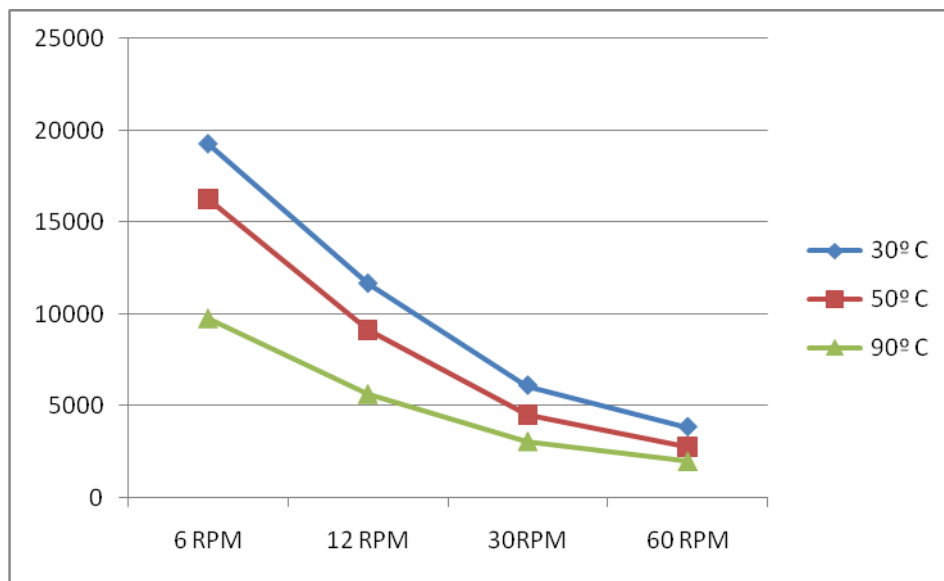
**Figura 8.** Curva de viscosidad aparente para el clon 068 (ABB).



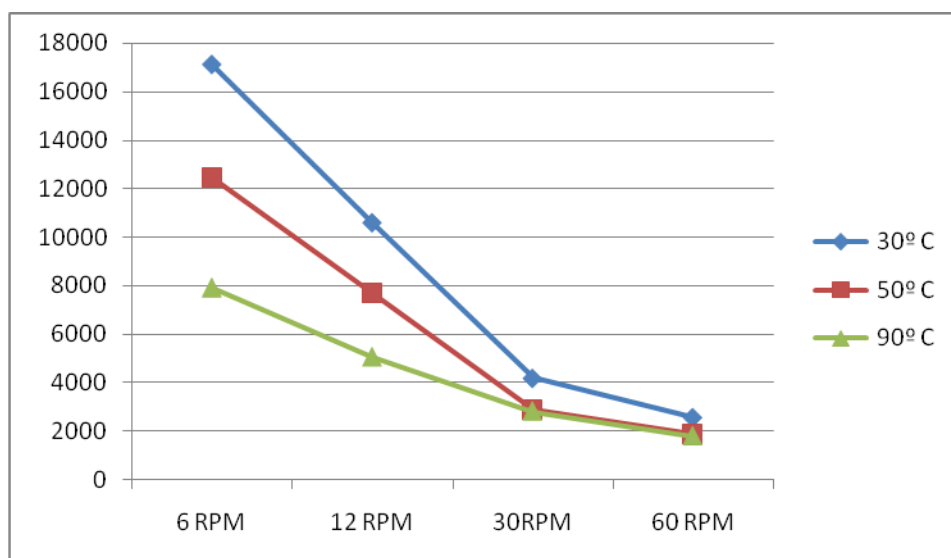
**Figura 9.** Curva de viscosidad aparente para el clon 077 (ABB).



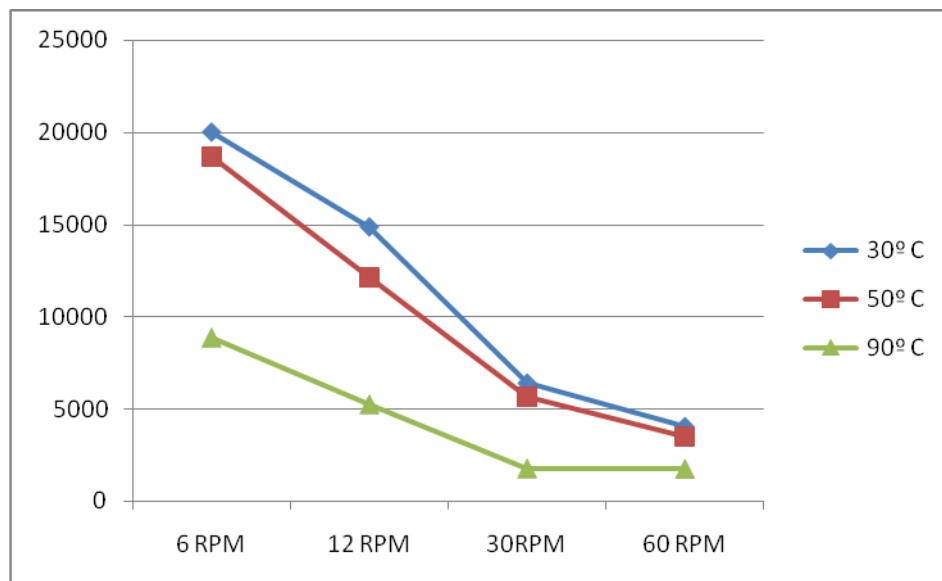
**Figura 10.** Curva de viscosidad aparente para el clon 089 (ABB).



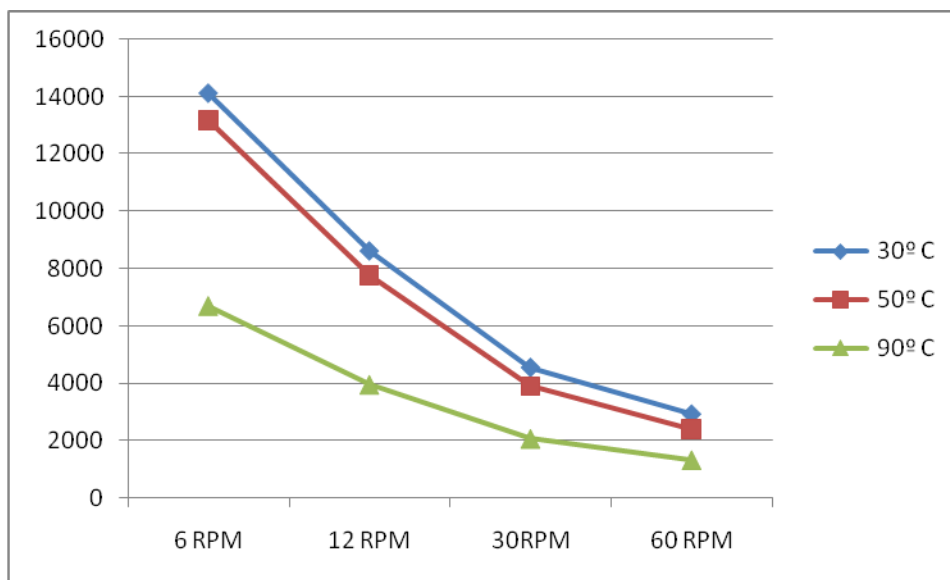
**Figura 11.** Curva de viscosidad aparente para el clon 107 (ABB).



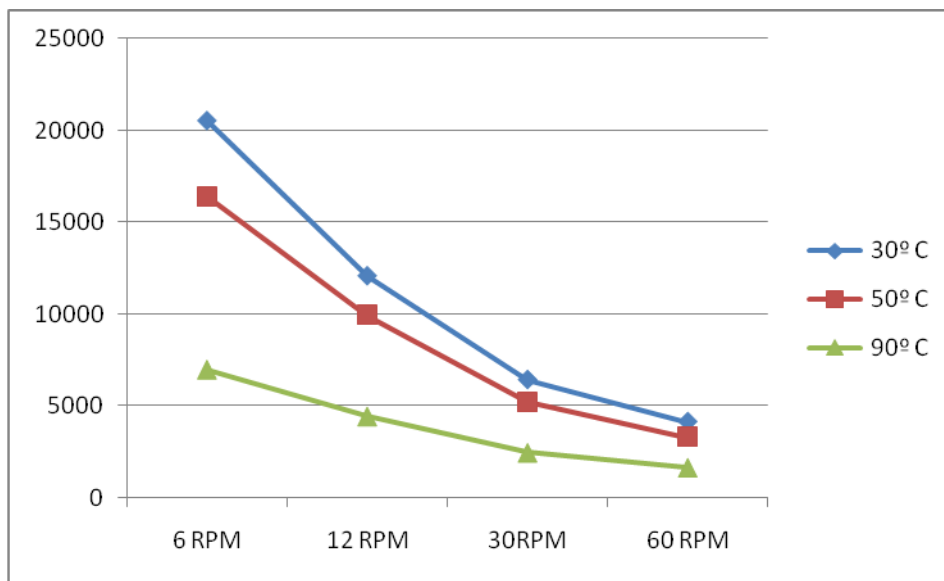
**Figura 12.** Curva de viscosidad aparente para el clon 007 (AAA).



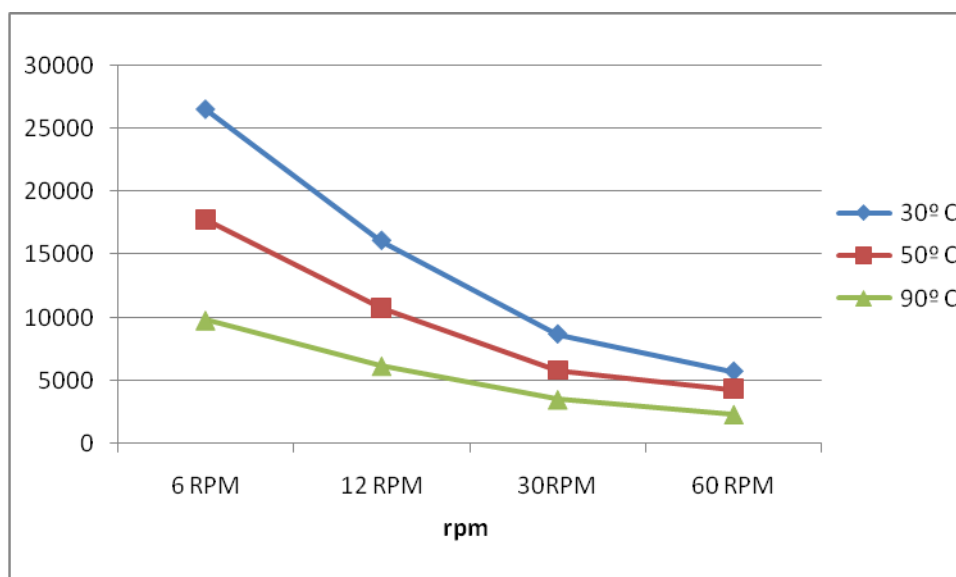
**Figura 13.** Curva de viscosidad aparente para el clon 014 (AAA).



**Figura 14.** Curva de viscosidad aparente para el clon 017 (AAA).

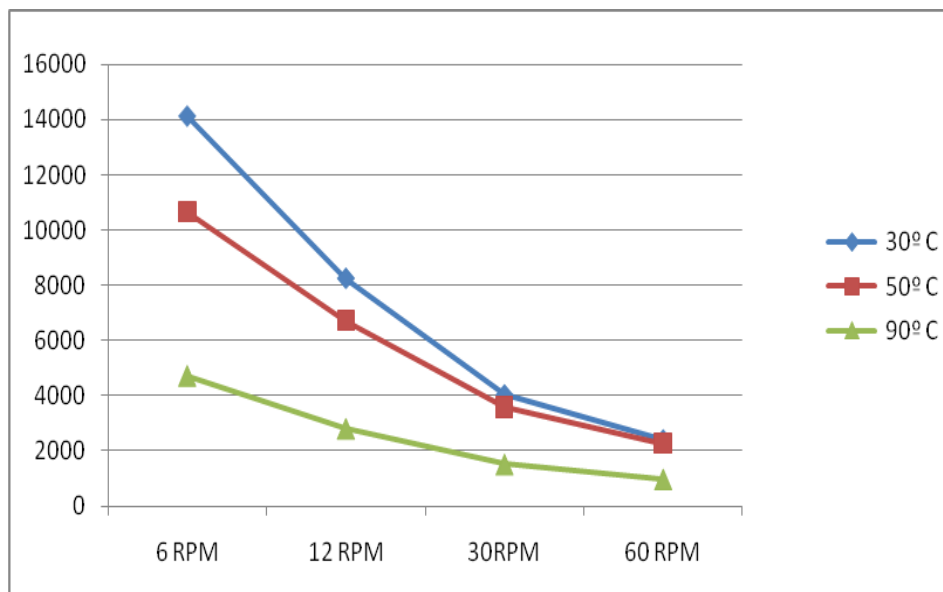


**Figura 15.** Curva de viscosidad aparente para el clon 018 (AAA).

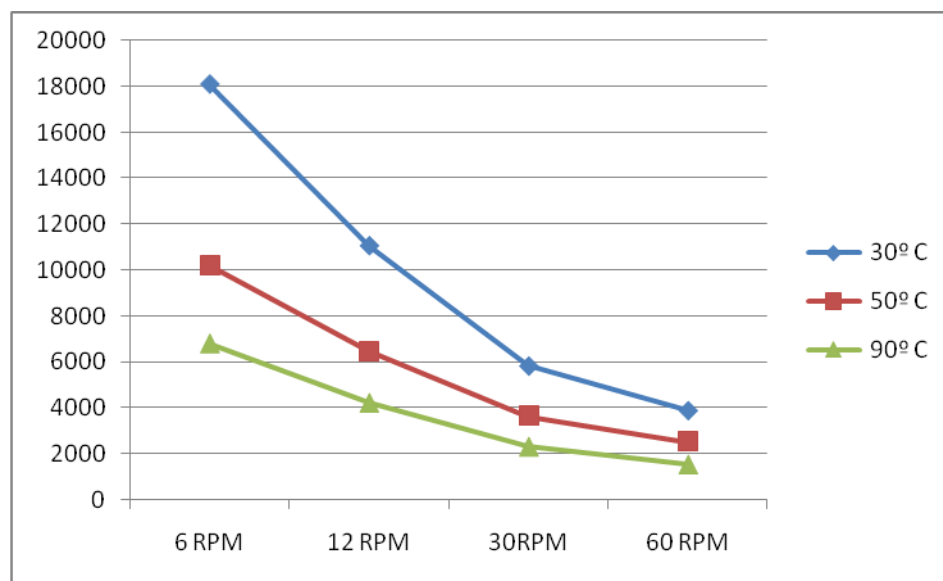


**Figura 16.** Curva de viscosidad aparente para el clon 020 (AAA).

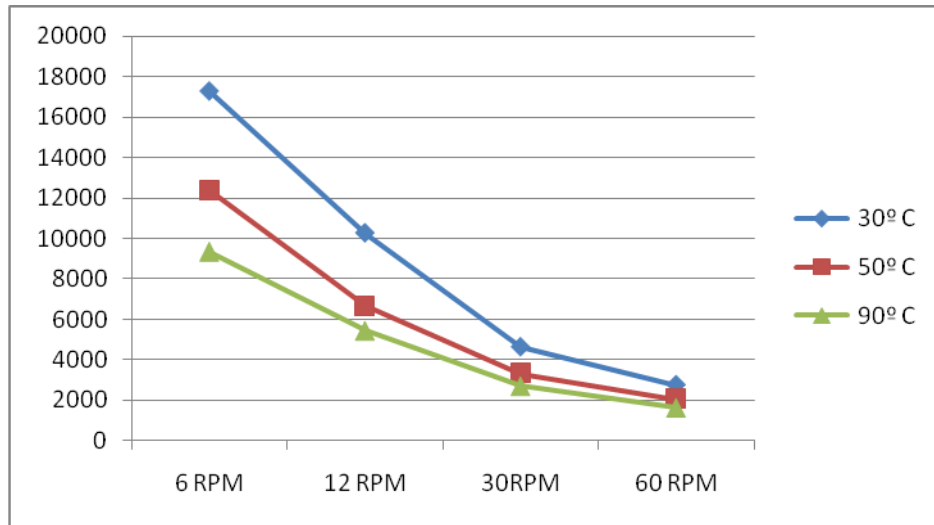




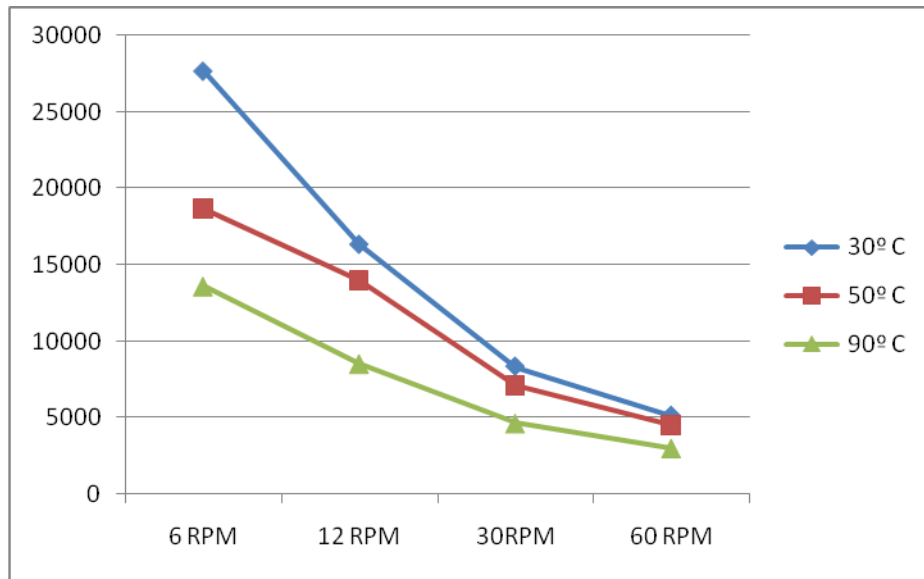
**Figura 17.** Curva de viscosidad aparente para el clon 036 (AAA).



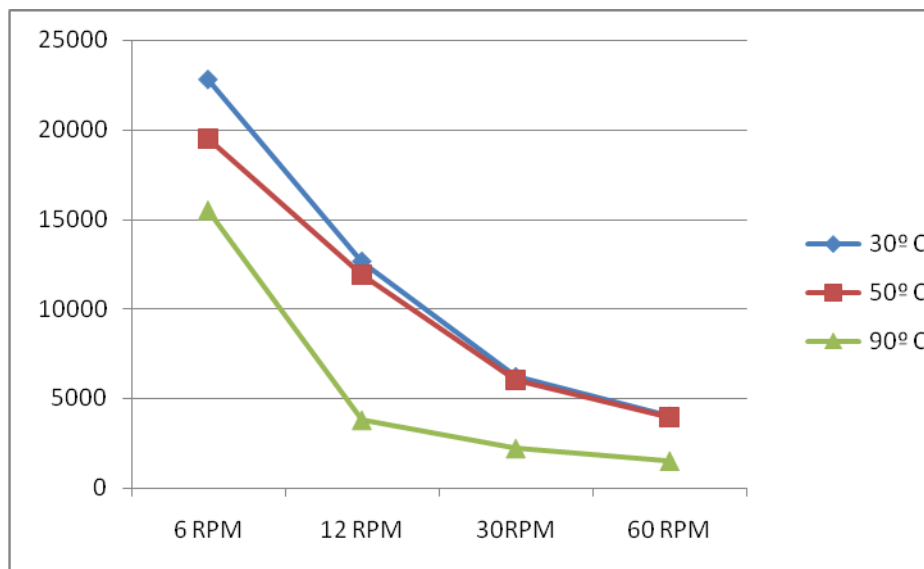
**Figura 18.** Curva de viscosidad aparente para el clon 055 (AAA).



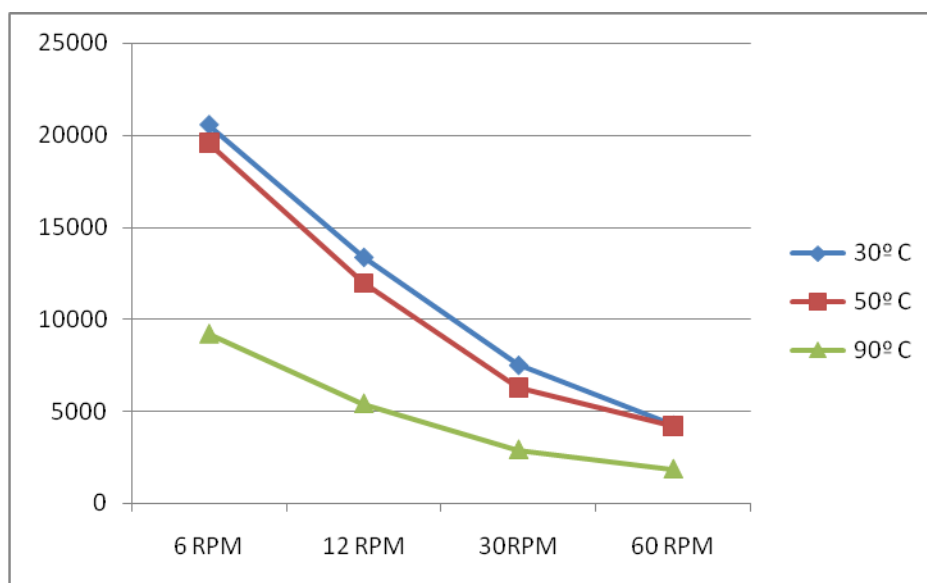
**Figura 19.** Curva de viscosidad aparente para el clon 080 (AAA).



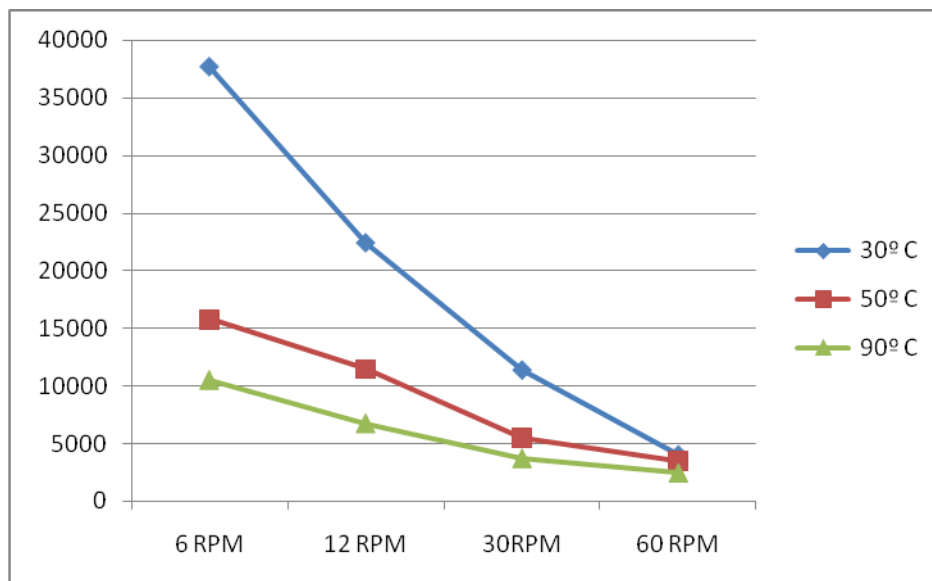
**Figura 20.** Curva de viscosidad aparente para el clon 101 (AAA).



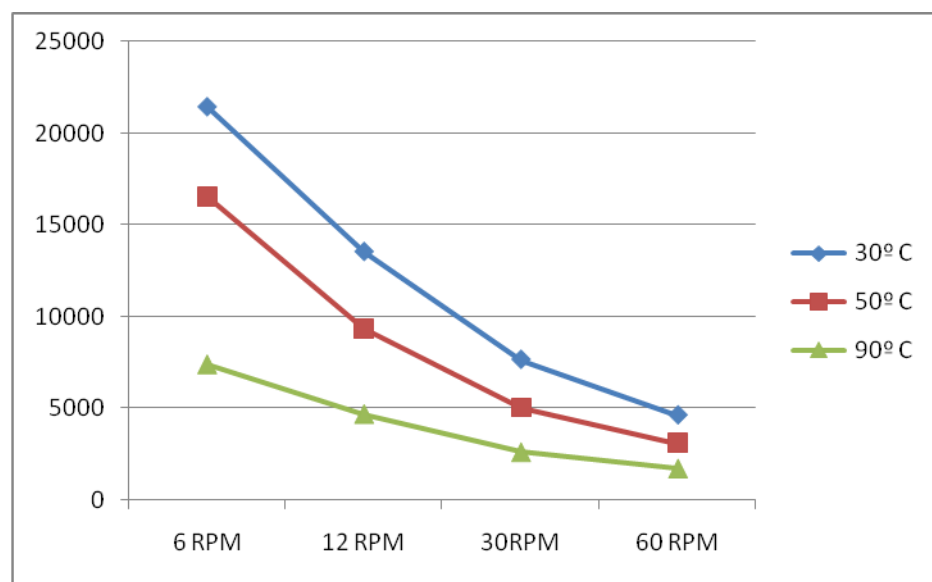
**Figura 21.** Curva de viscosidad aparente para el clon 115 (AAA).



**Figura 22.** Curva de viscosidad aparente para el clon HH1 (AAA).



**Figura 23.** Curva de viscosidad aparente para el clon 010 (AA).



**Figura 24.** Curva de viscosidad aparente para el clon HH12 (AA).

Pudimos observar en todos los parámetros (físicos, fisicoquímicos, etc) en los cuales evaluamos a las distintas harinas de bananos; que existe diferencia entre los clones que presentaban el mismo genotipo, esto puede deberse a lo indicado por Kraus y col, en 1999 estos autores se refieren a que en los últimos años, se han cometido errores en clasificar este fruto; la única forma de asegurar que son genéticamente iguales es a través de la caracterización mediante IPGRI y técnicas moleculares.

#### **5.- Análisis de los parámetros de calidad y estabilidad del panqué.**

Unas de las características para escoger el tipo de harina que sería apropiada para elaborar un producto horneado (panqué) fueron: la que presentara el mayor contenido de proteína, un menor porcentaje de humedad (o valores que se encuentren entre los permitidos), una baja acidez y una baja tendencia a retrogradar; con todas estas condiciones se optó a elegir la harina la cual fue la del clon 007.

La tendencia a la retrogradación de la harina (007) fue de 25, este valor indica que tiene baja tendencia a retrogradar, lo cual sería beneficioso para la elaboración de un producto horneado tipo panqué.

En la búsqueda de hallar un alimento dietario, en el cual se fusionen mezclas de harinas (de trigo y de plátano), el aroma y el sabor del chocolate para crear un nuevo estilo de panqué que estimule el gusto de los comensales, todo con el propósito que este alimento al ser consumido transfiera grandes fuentes de vitaminas, minerales y de fibra dietaria que resulten beneficiosos para la población.

Este es un proyecto en el que el producto desarrollado es saludable; ya que su presentación en forma de panqué, hará que los niños lo ingieran proporcionándole de esta manera parte del contenido de fibra sugeridos por los nutricionistas para el desarrollo óptimo de su organismo.

Se observar en la Tabla 17 que al tercer día los parámetros de humedad y acidez aumentaron, mientras que el pH disminuyó ligeramente relación con los obtenidos en el primer día, sin embargo, el cambio es mas debido a la curva normal del error (errores indeterminados intrínsecos de método).

**Tabla 17.** Parámetros de estabilidad del panqué.

Parámetros	1 <sup>er</sup> Dia	3 <sup>er</sup> Dia
Humedad (%)	18,91 ± 0,31	20,21 ± 0,66
Acidez (%) a	0,018± 0,00	0,019±0,00
pH	6,65± 0,04	6,61± 0,06

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

**Tabla 18.** Parámetros de calidad del panqué de harina compuesta.

Parámetros	Panqué (harina de trigo y de banano)
Proteína (%) a, b	4,92± 0,06
Grasa cruda (%) a	12,51 ± 0,40
Cenizas (%) a	1,68± 0,12

Media ± desviación estándar n=3; a = % base seca; b = N x 6,25.

El contenido de humedad de los alimentos se utiliza frecuentemente como índice de calidad y estabilidad. (Joslyn, 1970; citado por Becerra, 1983). Se concluye que el panqué mostró buena calidad y estabilidad hasta el tercer día de almacenamiento.

Otros parámetros que se evaluaron en el panqué fueron el contenido de proteína cruda, grasa cruda y cenizas. Al comparar estos parámetros con el panqué de chocolate elaborados con harina de trigo, observamos que estos panqués presentan valores de proteínas de 6%, mayor al obtenido en los panqués de harina compuesta (ver Tabla 18), lo cual puede deberse al tipo de harina que se empleó, como ya mencionamos la harina de trigo tienen un porcentaje mayor de proteína, que la harina de banano. Al elaborar el panqué con la mezcla compuesta se añadieron fuentes ricas en proteínas como el huevo entero que contiene un porcentaje proteico igual a 12,4% INN (1999). El panqué de marca comercial reporta valores de grasa de 18% mayor al obtenido en el panqué elaborado con harina compuesta (harina de trigo y harina de plátano), esto puede deberse a la cantidad de grasa añadida en su formulación.

Podemos decir que sería beneficioso, desde el punto de vista nutricional, elaborar panqué de harina compuesta, debido a su bajo contenido de grasa, ya que esto favorece a la salud y a pacientes con enfermedades coronarias y con alta presión arterial: También este panqué presenta un alto contenido de fibra dietaria en comparación con los panqués elaborados con harina de trigo, haciéndolo más saludable, ya que la fibra insoluble ayuda en la digestión y la fibra soluble atrapan los

LDL (que es el colesterol malo). Se pudo notar, en el panqué de harina compuesta, un bajo contenido de proteína en relación a el panqué de harina de trigo, lo que no sería favorable, siempre cuando no vaya dirigido este producto a pacientes con enfermedades del riñón, los cuales deben ingerir alimentos con bajo contenido de proteínas, pero esta deficiencia de proteína en los panqués elaborados con harina compuesta se puede aumentar utilizando productos como derivados de lácteos, derivados de carne, soya, etc.

El contenido de cenizas en el panqué de harina compuesta es de 1,68% mucho menor al de la harina de banano del clon 007 que contiene 2,74% (la cual se empleó para elaborar el panqué); esto se debe a que solo se empleo 20% de la harina de banano y 80% de la harina de trigo todo uso enriquecida. Esta harina comercial, la cual presentó un bajo contenido de cenizas (0,6%) en relación a las harinas de banano, por esto tiende a disminuir el porcentaje de ceniza en el panqué elaborado con harina compuesta. A pesar de esto se puede señalar que las posibles fuentes de aporte de cenizas al producto son la harina de plátano (2,74%), la margarina (2,5%), la harina de trigo (0,6%) y los huevos (0,9%) INN, 1978 (Ver Tabla 18).

**Tabla 19.** Parámetros evaluados con el texturómetro para el panqué de harina compuesta al tercer día.

Panqué	Dureza (g)	Gomosidad	Elasticidad (s)	Masticabilidad
Harina compuesta	20,15 ± 5,19	0,13 ± 0,30	0,06 ± 0,14	0,04 ± 0,09

Media ± desviación estándar n=5



Las propiedades texturales de un alimento se pueden definir como grupos de características físicas que son captadas por medio del tacto y están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente en términos de fuerza, tiempo y distancia (Boume, 1975).

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 este caso es de interés particular, ya que esta fuerza es la que mejor simula el mordisco humano. Se evaluó la compresión de la muestra de panqué de harina compuesta, según los parámetros que se muestran en la Tabla 19.

Al observar estos resultados puedo decir que el valor obtenido en el parámetro de dureza resultó un poco alto para el tipo de producto (panqué); esto pudo deberse a que la prueba se realizó dos días después de haber sido elaborada, debido a que el panqué se endurece al transcurrir el tiempo. Y con respecto a los otros parámetros evaluados, el panqué tiene una baja elasticidad y gomosidad como se observa en la tabla 19, lo cual resulta favorable por el tipo de producto.

Se podría pensar que las características reológicas involucradas en las propiedades texturales de productos horneados serían: el desarrollo del volumen y de la miga (porosidad, homogeneidad de las migas). Los factores que pueden influir en el desarrollo de la miga, podrían ser fundamentalmente la calidad de la harina de trigo

empleada, así como también el contenido de humedad y grasa del producto (Eman, 1994).

En la Tabla 20 se observan los valores obtenidos del color en el panqué de harina compuesta. 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  $L^* = 28,79$ .

El parámetro  $a^*$  mide el matiz e indica la longitud de onda predominante, valores negativos de  $a^*$  miden el verde, en tanto, los positivos, el rojo, los valores obtenidos para este parámetro es 4,66. 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), los valores fueron 14,39.

El índice de blanco mide el grado de desviación del panqué con respecto a un blanco perfecto y el valor obtenido fue 27,19. El índice de marrón se encuentra IM: 71,21, lo cual indica que es un valor relativamente alto y con una tendencia al color marrón (panqué).

Estos resultados indican que el panqué se acerca más al negro que al blanco. El panqué de harina compuesta (plátano:trigo) era de color marrón, en cambio, el panqué de harina de trigo era un poco más claro, esto se debe a que la harina de

plátano, como ya se mencionó, es de color crema un poco más oscura que la harina de trigo.

**Tabla 20.** Parámetros del color reflejado en los panqués.

Parámetros	Panqué de harina compuesta
L*	28,79± 0,97
a*	4,66± 0,33
b*	14,39± 0,69
IB	27,19± 0,79
IM	71,21

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

IM: índice de marrón, ΔE índice del cambio total del color.

Al observar estos resultados se puede decir que durante la elaboración del panqué se dieron algunas de las reacciones de Maillard; lo cual ocurre cuando las proteínas de la superficie se recombinan con los azúcares en el producto, estos compuestos son en general oscuro y están asociados al dorado de los alimentos. (Bressani y col., 2001). Otras reacciones que pudieron estar presentes en la elaboración del producto son las reacciones de caramelización, la cual genera un color dorado (deseable) en el panqué.

## **6.- Evaluación sensorial.**

En esta etapa se realizaron dos evaluaciones sensoriales, la primera para escoger y precisar por parte de los panelistas la composición que tendría el panqué a base de harina compuesta (plátano: trigo) y la segunda evaluación sensorial para comparar con el panqué de harina comercial de trigo (control). Ambas pruebas son afectivas de tipo de aceptación global y se utilizó una escala hedónica.

Para la primera evaluación sensorial de la aceptabilidad de los productos elaborados con la harina compuesta (muestras 018, 261, 011 y 739), se realizó una prueba afectiva de escala hedónica (ver anexo 19) de nueve puntos para evaluar sus características de color, aroma, sabor y aceptación global.

La evaluación sensorial se evaluó realizando un ANOVA de una vía 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 no son significativamente diferentes para la característica evaluada.
- Hipótesis alternativa: las muestras son significativamente diferentes para la característica evaluada.

**Tabla 21.** Valores críticos (p) para las diferentes características.

<b>Característica</b>	<b>Valor de p</b>
Color	0,54
Aroma	0,41
Sabor	0,73
Textura	0,77
Aceptación global	0,65

Para las diferentes características evaluadas se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 21. Si el valor de p es menor de 0,05 se acepta la hipótesis alternativa, es decir, las muestras son significativamente diferentes para la característica evaluada en un nivel de significancia de 95%. En la Tabla 22 se puede ver que las muestras no son significativamente diferentes para cada una de las características evaluadas, por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

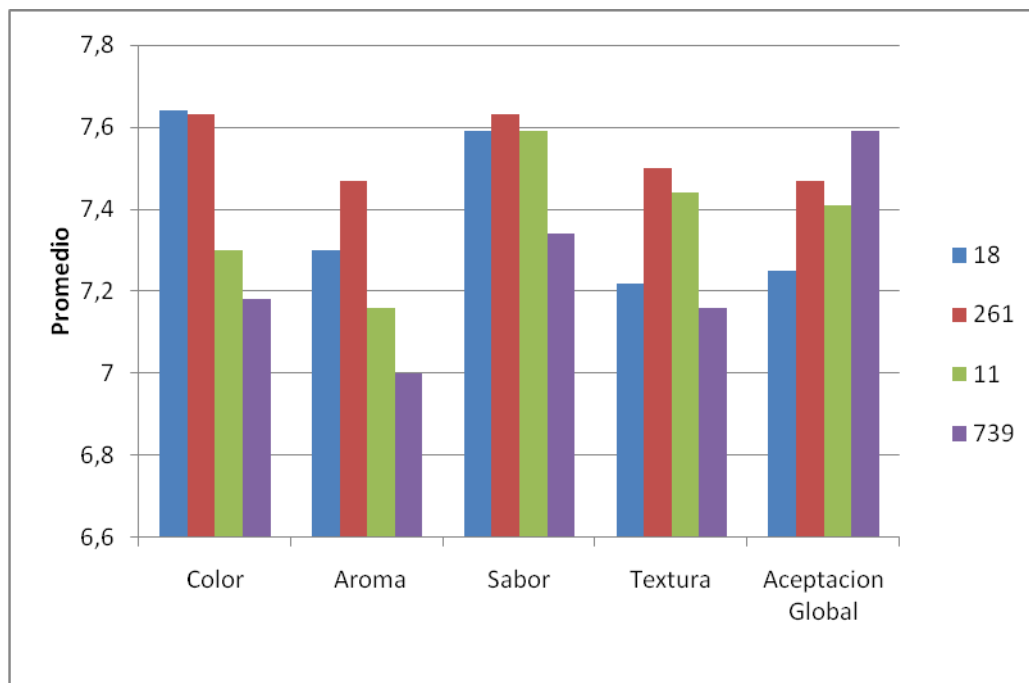
**Tabla 22.** Promedio de los diferentes parámetros, de los panqués de harina compuesta.

Panqué (harina compuesta)	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptación Global
018 (20%)	7,64 a	7,3 b	7,59 c	7,22 d	7,25 e
261 (15%)	7,63 a	7,47 b	7,63 c	7,5 d	7,47 e
011 (10%)	7,3 a	7,16 b	7,59 c	7,44 d	7,41 e
739 (5%)	7,18 a	7 b	7,34 c	7,16 d	7,1 e

Letras iguales en la misma columna, indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ).

Con el objeto de determinar cuál de las cuatro muestras evaluadas tuvo mayor aceptación por el panel evaluador, a pesar de que se comprobó la hipótesis nula, se determinó el promedio de cada característica, la que presenta mayor promedio resulta más aceptada por los panelistas. Como no hubo diferencias significativas entre los distintos panqués, se escogió el que contenía la mayor fracción de harina de plátano (muestra 018), con el propósito de incentivar el consumo del banano (Ver Tabla 22 y Figura 25).

La formulaciones **018** esta conformada por 20% de harina de plátano y 80% de harina de trigo. La **261** esta conformada de 15% de harina de plátano y 85% de harina de trigo. La **011** 10% de harina de plátano y 90% de harina de trigo. Y la **739** 5% de harina de plátano y 95% de harina de trigo.



**Figura 25.** Promedio de los diferentes parámetros de las cuatro formulaciones de harina compuesta (plátano: trigo).

Para la segunda evaluación sensorial de la aceptabilidad del producto elaborado con la harina compuesta (muestra 611), se realizó una prueba afectiva de escala hedónica de nueve puntos para evaluar sus características de color, aroma, sabor y aceptación global, utilizando un panqué de harina comercial de trigo (muestra 417) control.

**Tabla 23.** Valores críticos (p) para las diferentes características.

Característica	Valor de p
Color	0,27
Aroma	0,48
Sabor	0,34
Textura	0,25
Aceptación global	0,41

La evaluación sensorial se realizó 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 no son significativamente diferentes para la característica evaluada.
- Hipótesis alternativa: las muestras son significativamente diferentes para la característica evaluada.

Para las diferentes características evaluadas se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 24. Si el valor de p es menor a 0,05 se acepta la hipótesis



alternativa, es decir, las muestras son significativamente diferentes para la característica evaluada en un nivel de significancia de 95%. En la Tabla 24 se puede ver que las muestras no son significativamente diferentes para cada una de las características evaluadas.

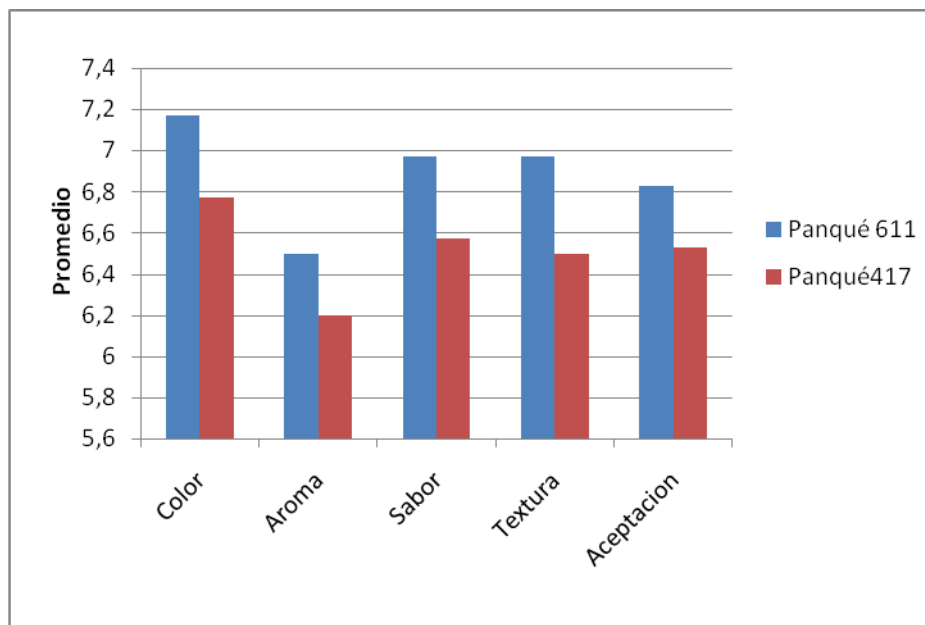
A pesar que se comprobó la hipótesis nula, se determinó cuál de las dos muestras evaluadas tuvo mayor aceptación por el panel evaluador, se halló el promedio de cada característica, la que presenta mayor promedio resulta más aceptada por los panelistas. De estos resultados se obtuvo que el panqué de harina compuesta tuvo mayor aceptación que el panqué de harina de trigo (Ver Tabla 23 y Figura 26).

**Tabla 24.** Promedio de los diferentes parámetros, de los panqués.

Panqué	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptación Global
611 (harina compuesta)	7,17 a	6,5 b	6,97 c	6,97 d	6,83 e
417 (harina de trigo)	6,77 a	6,2 b	6,57 c	6,5 d	6,53 e

Letras iguales en la misma columna, indican que no existen diferencias significativas al nivel ( $p \leq 0,05$ ).

La formulación **611** está conformado por harina compuesta 20% de harina de plátano y 80% de harina de trigo. Y la **417** está conformada por 100% de harina de trigo.



**Figura 26.** Promedio de los diferentes parámetros de las dos formulaciones, una de harina compuesta (plátano: trigo) y la otra de harina de trigo.

## 6. CONCLUSIONES

1. Se observa una estrecha relación entre la descendencia de los bananos y su contenido de proteínas.
2. Asimismo, ni el contenido de humedad, ni de grasa cruda ni el contenido de ceniza muestran alguna tendencia asociada al genotipo.
3. El alto contenido de cenizas en algunos clones podría asociarse a su contenido de potasio.
4. Durante el proceso de obtención de las harinas de pulpa se obtuvo mayor rendimiento y eficiencia en casi todas las harinas.

5. Los valores de pH para los clones con genotipo de descendencia AAA y AA presentan mayor variación en relación a los clones con genotipo de descendencia ABB.
6. El  $\Delta E$  es mayor para los descendientes *Acuminata* (AAA y AA) en relación a los de genotipo ABB.
7. No hubo diferencia significativa entre los distintos panqués (018, 261, 011 y 739) evaluados por los panelistas.

---

## 7. RECOMENDACIONES

---

- Se sugiere realizar IPGRI y técnicas moleculares para así asegurar que son genéticamente iguales los clones de harina de plátano aquí evaluadas.
- Realizar el estudio microbiológico y estabilidad de las harinas.
- Se deben realizar estudios para verificar si son efectivamente mucílagos y qué tipo de mucílagos.
- Se deben buscar alternativas que permitan promover e incentivar a los empresarios a invertir este tipo de tecnología, lo cual es una de las propuestas de este trabajo, ya que esto permitirá tener mayor disponibilidad del producto, conforme a las demandas del mercado en alimentos especializados (para pacientes que sufren de presión arterial, enfermedades coronarias).

- Se sugiere la realización de curvas de secado e isothermas de sorción independientes en cada uno de los clones para verificar la dinámica de salida de agua durante el proceso de secado.

---

## 8. REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

---

1. AACC (American Association of Cereal Chemists). 2003. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. Novena Edición. St. Paul: MN USA.
2. AACC. American Association of Cereal Chemists. 1997. Laboratory Method. Ed. St. Paul. Minn. USA. 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
3. Afolabi, B.E., Cardoso, A.O and Olaofe, O. 1990. Rheological and baking potencial of wheat/plantain composite flor. J. Sci. Food Agric. **51**:421-424
4. Akissoe', N., Hounhouigana, J., Mestres, C., Nago, M. 2003. How blanching and drying affect the colour and functional characteristics of yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) flour. *Food Chemistry*, **82**: 257–264.
5. Akubor, P.I. 2004. Production and quality evaluation of a nonfermented beverage prepared from dehydrated plantain pulp. *Eur Food Res Technol* **220**:152–155

6. Anderson, J.W y Bridges, S.R.1988. Dietary fiber content of selected foods. *Am. J. Clin Nutr.* **47**: 440-447.
7. Anderson, R. A. 1982. Water absorption and solubility and amylographic characteristic of roll-cooked small grain product. *Cereal Chem.* **59**:265-269.
8. 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.
9. Arcila P. 2002 Aceptabilidad por el consumidor de los plátanos África1 y FHIA 21 en el departamento del Quindío-Colombia. Cartagena de India, Colombia.
10. Badui. S. 1993. Química de los alimentos. Tercera Edición. Logman de México Edición S.A. D.C. C.V. Naucapal de Juárez, Edo de México.
11. Bakry, F., Carreel, F., Jenny, C and Pierre, J. 2008. Genetic improvement. S.M. Jain., P.M Priyadarshan (Eds.), breeding plantation tree crops: tropical species.
12. Baoxiu, Q., Keith, G., Moore and Orchard, J. 2000. Effect of Cooking on Banana and Plantain Texture. *J. Agric. Food Chem.* **48**: 4221-4226.
13. 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.
14. Bedolla, S and Rooney, L.W. 1984. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *CFW.* **29**:732-735.

15. 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.
16. Bourne, M. 1975. Textura properties and evaluations of fabricated food en Fabricated Food. Inglett, G.E Ed AVI, Westport.
17. Braverman, J. 1980. Proteínas. En. “Introducción a la bioquímica de los alimentos”. Tercera Edición. Editorail Omega.
18. Bressani, R; Turcios, J; Reyes, L. 2001. Caracterización física y químicas de las harinas industriales nixtomizadas de maíz de consumo humano en América Central. Archivo Latinoamericano de Nutrición, **51** (3): 309-313.
19. Burkitt, D.P.J., Walker, A.R.P and Painter, N.J. 1974. Dietary fiber and disease. J. Am. Med. Assoc. **229**: 1068–1077.
20. Cheftel, H y Cheftel, J. 1983. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. Edit. Acribia.
21. Chin-Lin H., Wenlung C., Yih-Ming W and Chin-Yin T. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chem.* **83**: 85–92.
22. Ciacco, C.F and D Appolonia, B.L. 1978. Baking Studies with cassava and yam flour. I Biochemical composition of cassava and yam flour. *Cereal chem.* **55**(4): 402-411.

23. Colonna, P; Doublier, J; Melcion, J; Monredon, F y Mercier, C. 1984. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modifications. *Cereal Chem*, **61**: 538-543.
24. Corona, S. 1981. Elaboración de un producto deshidratado intermedio a base de arroz y pescado, como ingrediente para la preparación de alimento con alto valor nutricional. Tesis de Post-grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
25. COVENIN 1980. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Salsa de Tomate tipo Captsup
26. COVENIN.1996. Harina de maíz pre-cocida. Norma 2135. Ministerio de Fomento. Fondonormas. Caracas. Venezuela.
27. COVENIN.2001. Harina de trigo. Norma: 217. Ministerio de Fomento. Fondonormas. Caracas. Venezuela.
28. Crabtree, J., Kramer, E.C. and Baldry, J. 1978. The bread-marking potencial of products of cassava as replacements for wheat flour. *J. Food Technol.* **13**(5): 397-407.
29. Dadzie, B y Orchard, J. 1997. Routine Post-Harvest Screening of Banana/Plantain Hybrids: Criteria and Methods Inibap Technical Guidelines International Plant Genetic Resources Institute.
30. Davey, M.W., Stals, E., Ngoh-Newilah, G., Tomekpe, K., Lusty, C., Markham, R., Swennen, R y Keulemans, J. 2007. Sampling Strategies and

Variability in Fruit Pulp Micronutrient Contents of West and Central African Bananas and Plantains (*Musa Species*). *Food Chem.* **55**: 2633-2644

31. Desrosier, N. 1977. Conservación de alimentos. Editorial continental, Octava Edición, México.
32. 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.
33. Dzomeku, B., Bam, R., Adu—Kwarteng, E., Darkey, S and Ankomah, A. 2007 a. Agromic and physio-chemical evaluation of FHIA-21 in *Ghana*. *Int. J. Agri. Res.* **2**(1): 92-96.
34. Ellis, R; Conchrane., F., Dale, C., Duffus, A., Lynn, M., Morrinson; Prentice; S., Swanston, S and Tiller. 1998. Starch production and industrial use. *J. Sci Food Agric.* **77**: 289-311.
35. Eman, G. 1984. Elaboración de productos horneados (tipo panque) con sustitución parcial de la harina de trigo. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
36. Englberger, L., Wills, R. B. H., Blades, B., Dufficy, L., Daniells, J.W and Coyne, T. 2006. Contenido del carotenoide y color de la carne de los cultivares seleccionados del plátano que crecen en Australia. *Food. Nutr. Bull.* **27**: 281-291



37. Englyst, H; Kigman, S and Cummings, J. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions.
38. Faisant, N; Gallant, D.J; Bouchet, B and Champ, M. 1995. Banana starch breakdown in the human small intestine by electron microscopy. *European Journal of Clinical Nutrition*, **49**: 98-104
39. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2003. FAOSTAT statistics database, Agriculture, Rome, Italy.
40. Fernández, M., Marrero, M., Zamora, E., Falco, S., Méndez, B y 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.
41. García, J. E., Acevedo, A. E., Sayago, A., Rodríguez, A., Bello, S.L y Pérez, L.A. 2006. Composition, Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. *Plant Foods Hum Nutr.* **61**:131-137.
42. Giese, J. 1995. Measuring physical properties of foods. *Food Technol*, **49**: 54-63.
43. González, O y 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.
44. 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.

45. Hassid, W. 1936. Determination of reduction sugar and sucrose in plant material. *Ind. Eng. Chem.* **8**:138-141.
46. Hoseney, R; Zeleznak, K y Yost, D. 1996. A note on the gelatinization of starch. *Staerke*, **38** (12): 407.
47. Hunter Laboratory Manual. 2001. Hunter Associates Laboratory Universal software version 3.8 ISO 9001 certified. Hunter Associates, USA.
48. INN, 1999. Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico. Instituto Nacional de Nutrición, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Venezuela.
49. Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia. 1972. Utilización del maíz opaco-2. **77**: 46-49.
50. Instituto Nacional de Nutrición (INN). 1978. Tablas de composición de alimentos para uso práctico. MSAS. Caracas – Venezuela.
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.
52. Joslyn, M. 1970. Methods in food analysis. En: *Food Science and Technology*. Academic Press. New York. USA.
53. Juárez, E., Agama, E., Sayago, S., Rodríguez, S y Pérez, L. 2006. Composition, Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. *Plant Foods Hum Nutr.* **61**:131137.

54. Kayisu, K., Hood, L., Vansoest, P. 1981. Characterization of starch and fiber of banana fruit. *J. Food Sci.* **46**: 1885-1890.
55. Kelsey, J.L. 1978. A review of research on effect of fiber intake on man. *Am. J. Clin. Nutr.* **31**: 142-159.
56. Kim, J.C and De Ruiter, D. 1966. Bread from non-wheat flours. *Food Technol.* **22**: 867
57. Kraus, U; Figeroa, R; Johanson, A; Arevalo, E; Anguiz, R; Cabeza, O y Garcia, L. 1999. Musa clones in Peru: Clasification uses production potential and constraints. *Infomusa* **8** (2)
58. Labuza, T.P. 1973. Effects of Deshidratation and storage. *Food Technol.* **27**(1): 5-20.
59. Larousse. 2002. Panqué. Enciclopedia. Editorial Planeta. Primera Edición. Francia.
60. Lescot, T. 2006. Banana in figures, the world's favorite fruit. *Fruitrop.* **140**:5-9
61. Light, J. 1990. Modified food starches: why, what, where an how, *Cereal food worl*, 35 (11): 1081-1082, 1084-1085, 1087-1092.
62. Ling, L.; Osman, E.; Fernandez, J y Reilly, P. 1982. Physical propieties of starch from cavendish banana starch . *Starch/Starke* **34**: 184- 188.
63. Maldonado, R. 1998. Efecto de procesos calóricos sobre las propiedades físicas, químicas, fisicoquímica de la harina de platano verde. Tesis de Grado para optar al título de *Magister Scientiarium*. Instituto de Ciencia y

Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

64. Maldonado, R. y Pacheco, E. 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. Arch. Latinoamericanos. Nutr. **50**: 387-398.
65. Mälkki, Y. 2001. Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. Cereal Food Worlds **46** (5): 196-199.
66. 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.
67. Mazur, E.G.; Schoch, T.J.; Kite, F.E. 1957. Graphical analysis of the brabender viscosity curves of various starches. Cereal Chem., **34**:141-152.
68. Meilgaard, M.; Civille, G.; Carr, B. 1999. Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, Tercera Edición, New York, USA, Cap. 3 y 12.
69. Merca, F.E.; Juliano, B.O. 1981. Physicochemical properties of starch of intermediate amylose and waxy rices. Starch/Stärke, **33**:253-260.
70. Mosqueda, M.; Padua M y Guerra, M. 1986. Tecnología de cereales y poder sustitutivo en: Los Cereales en el Patrón Alimentario del Venezolano. Ediciones CCIAN. **2**:49-64.
71. Norman, W.1969. Food processing a nutritional. Problem. Cand. Food. Ind. **40**(12): 9-36.

72. Noyer, J.L., Causse, S., Tomekpe, K., Bouet, A., and Baurens, F.C. 2005. A new image of plantain diversity assessed by SSR, AFLP and MSAP markers. *Genet* **124**:61–69
73. Oliveira, J., Vieira, A., Zaczuk, P., Rosana, B., Aparecida, J., Purgatto, E and María, A. 2006. *Postharvest. Biol. Tec.* **40**: 41-47.
74. Pacheco de Delahaya, T. 2002. Evaluación Nutricional de hojuelas fritos y estudio de la digestibilidad del almidón de plátano verde (*Musa spp*). *Revista Facultad de Agronomía*, **28**: 42-48.
75. Pacheco y Delahaye, E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad in vitro del almidón. *Tecnología de Alimentos. Acta Científica Venezolana*, **52**: 278-282.
76. Pacheco, E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad *invitro* de almidón. *Acta Cien. Venez.* **52**: 278-282.
77. Pacheco, E., Maldonado, R., Pérez, E and Schroeder, M. 2008. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. *Interciencia*. **33**(4): 290-296.
78. Pedrero, D., Pangborn, R. 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Editorial Alambra Mexicana. México
79. Pérez, E. 1984. Caracterización del comportamiento de harinas de arroz, maíz y yuca sometidas a diferentes tratamientos. Trabajo de Ascenso. Instituto de

Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.

- 80.** Pérez, E. 1994. Caracterización de las propiedades funcionales de almidones nativos y modificados. Métodos físicos de extrusión, deshidratación con doble tambor e irradiación gamma y microondas. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela, Caracas Venezuela
- 81.** 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.
- 82.** 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.
- 83.** Pomeranz, Y. 1971. Food Analysis Theory and Practica. The Avico. Inc.
- 84.** Rengel, A. 2001. Elaboracion de un Alimento a base de harina de arroz (oriza sativa), platano (AAB) y Frijol (*Phaseolus Vulgaris*) con bajo contenido de fenilalanina para consumo infantil. . Tesis de Post-grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- 85.** 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.

- 86.** 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.
- 87.** Shaun B., Ferris A., Ortiz, R and Vuylsteke, D. 1999. Fruit quality evaluation of plantains, plantain hybrids, and cooking bananas. Postharvest. Biol. Technol. **15**: 73–81
- 88.** Singh R y Heldman D. 1998. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Editorial ACRIBIA.Zaragoza. Segunda Edición. España.
- 89.** Siso, K y Pérez, E. 2008. Elaboración de panqué con harina compuesta de trigo (*triticum aestivum*), yuca (*manihot esculenta crantz*) y salvado estabilizado de arroz (*oriza sativa* l) Tesis de Grado para optar al título de *Magister Scientiarium*.
- 90.** Subramanian, S.; Viswanathan, R. 2007. Bulk density and friction coefficients of selected minor millet grains and flours. J. Food Eng. **81**: 118- 126.
- 91.** Thebaudin, J and Lefebvre, A.C. 1997. Dietary fibre: natural and technological interest. Trend. Food Sci. Technol. **8**: 41–48.
- 92.** Tressler, D. and Sultan, W. 1975. Food products formulary. Volume 2, Cereals baked goods, dairy and egg products. The Avi publishing Company, INC.

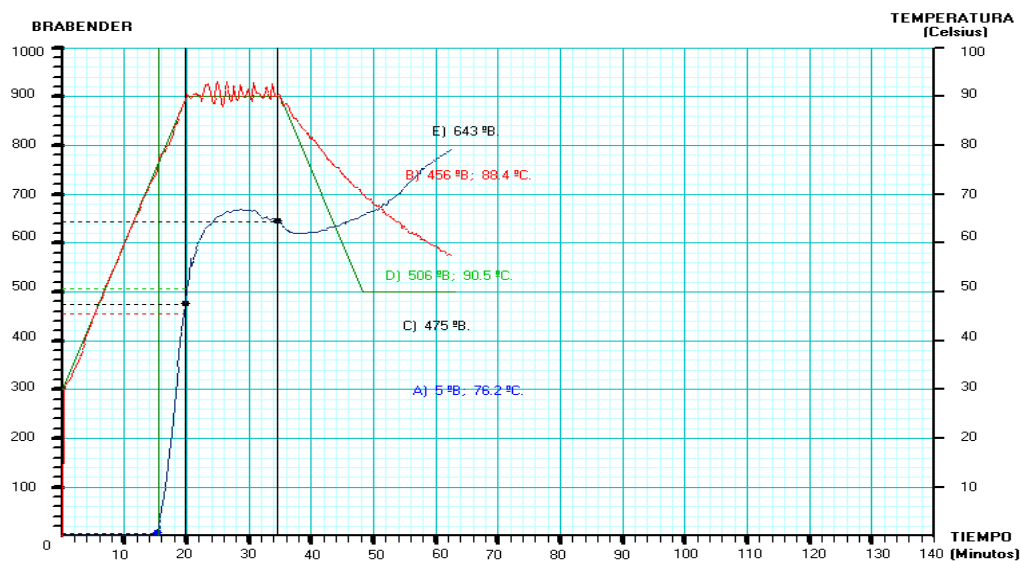
- 93.** Trowell, H. 1972. Ischemic heart disease and dietary fibre. *Amer. J. Clin. Nutr.* **25**: 926-932.
- 94.** Vale, J. 1982. Caracterización de algunas propiedades reológicas en almidones y harinas de diferentes variedades de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*). Tesis de grado de la facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Maracay- Venezuela.
- 95.** Von Loesecke, H.W. 1950. *Bananas*. Segunda Edición. New York: Interscience.
- 96.** Vuylsteke, A., Hartman, B and 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.
- 97.** Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, H., Delcour, J. 2008. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten–starch blends. *Food Chem.* **110**: 909-915.
- 98.** Yao, Y; Zhang, J., Ding, X. 2002. Structure –Retrogradation relationship of rice starch in purified starches and cooked rice grains: A statistical investigation. *J. Agric. Food Chem.* **50** (25): 7420-7425.
- 99.** Zou, M., Robard, S., Glemie, M., Heliwell, S. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chem.* **75** (3): 273-281.



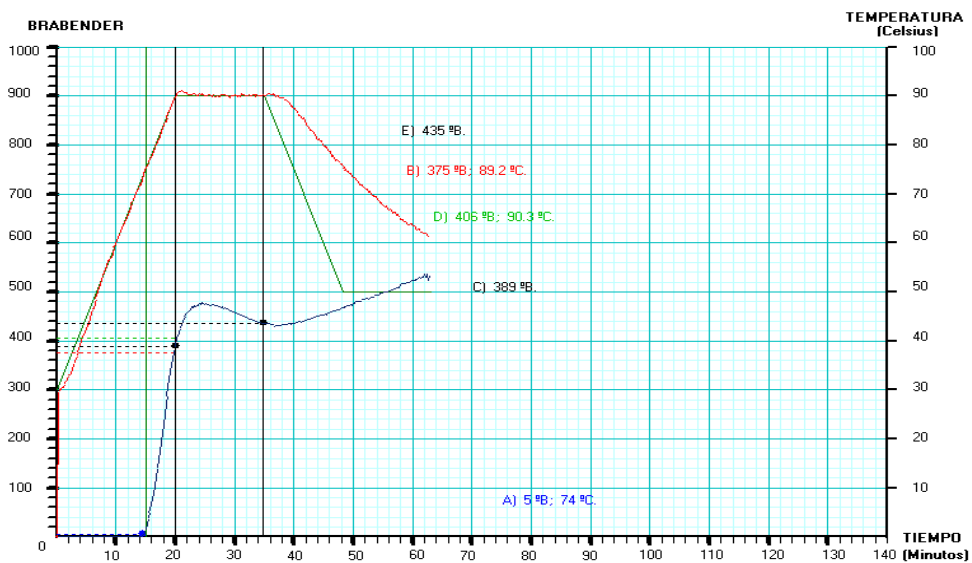
## REFERENCIA DE RECURSOS ELECTRÓNICOS

1. AGREVO 2009. Servicios Cultivos Platano y Cambur. Breve reseña del cultivo en Venezuela. [http://www.reshet.net/agrevo/02b05\\_cont.html](http://www.reshet.net/agrevo/02b05_cont.html). [Consulta: Julio 2009].
2. Carvajal, L.L., Sánchez, M.L., Giraldo, G y Arcila, P. 1999. 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].
3. Britannica. 2008. Pound cake. Encyclopedia. Dirección: <http://mw4.m-w.com/dictionary/pound%20cake>. [Consulta: Mayo, 2008].
4. Mucilago. Dirección: <http://www.botanical-online.com/medicinalesmucilagos.htm>. [Consulta: Agosto 2010].
5. Waring, S. 2003. Funtionality of resistant starch in food applications. <http://www.Foodstarchs.com>. [Consulta: Mayo 2008].

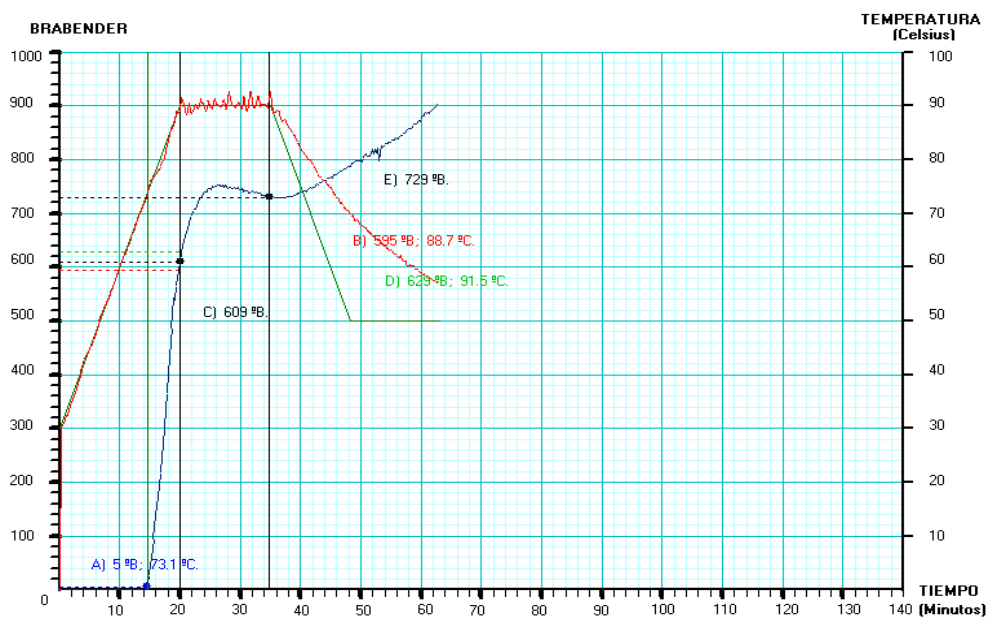
## ANEXO



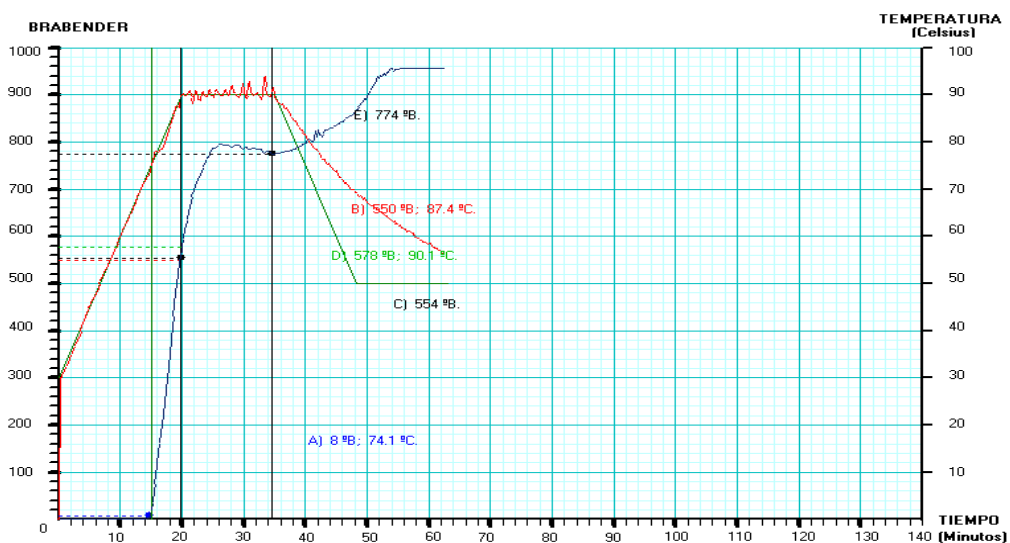
Anexo 1. - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 010 con genotipo de descendencia *Acuminata* diploides



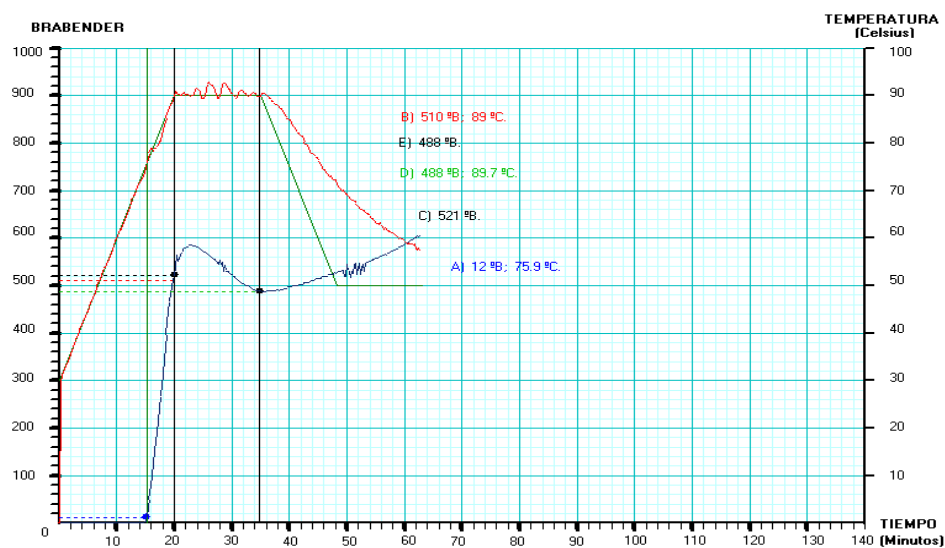
Anexo 2. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon HH12 con genotipo de descendencia *Acuminata* diploides.



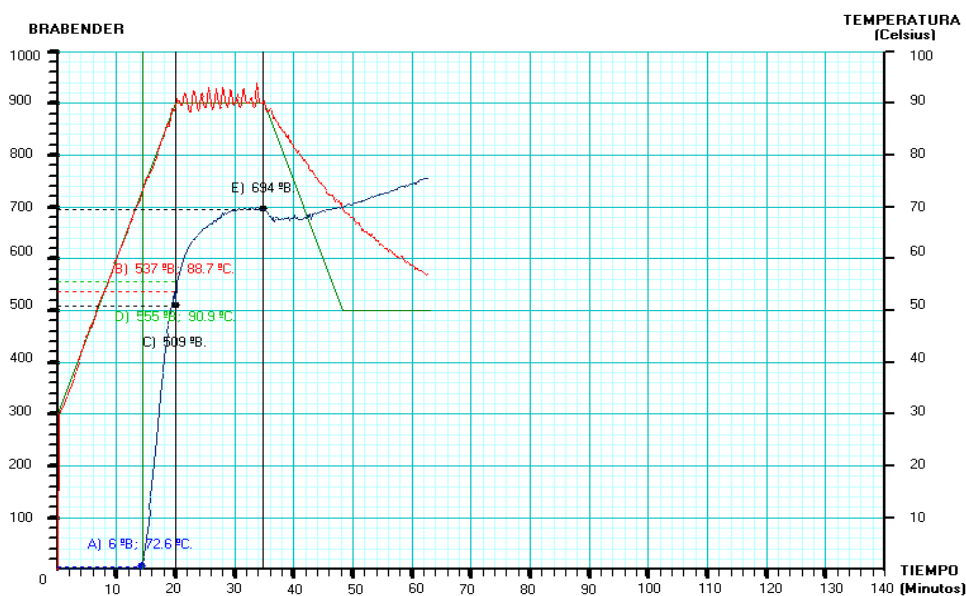
Anexo 3. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 007 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



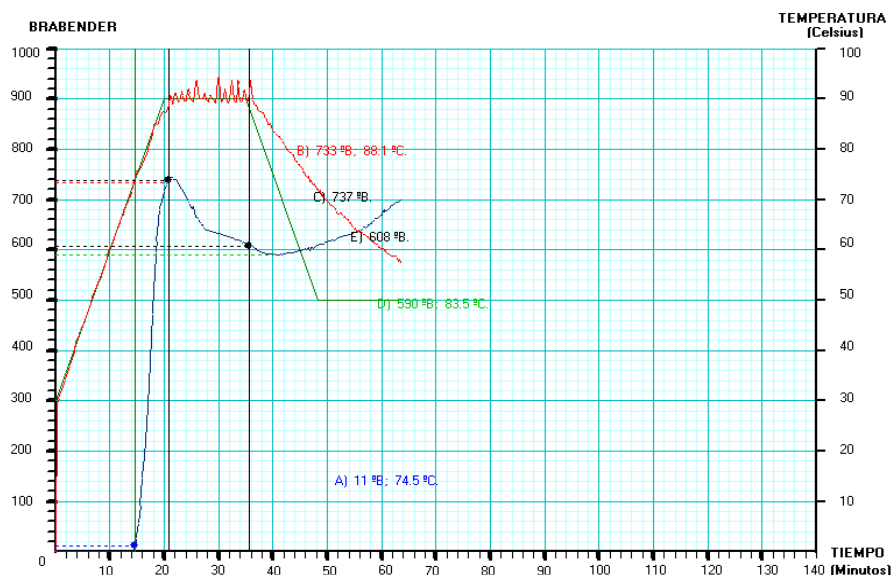
Anexo 4. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 014 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



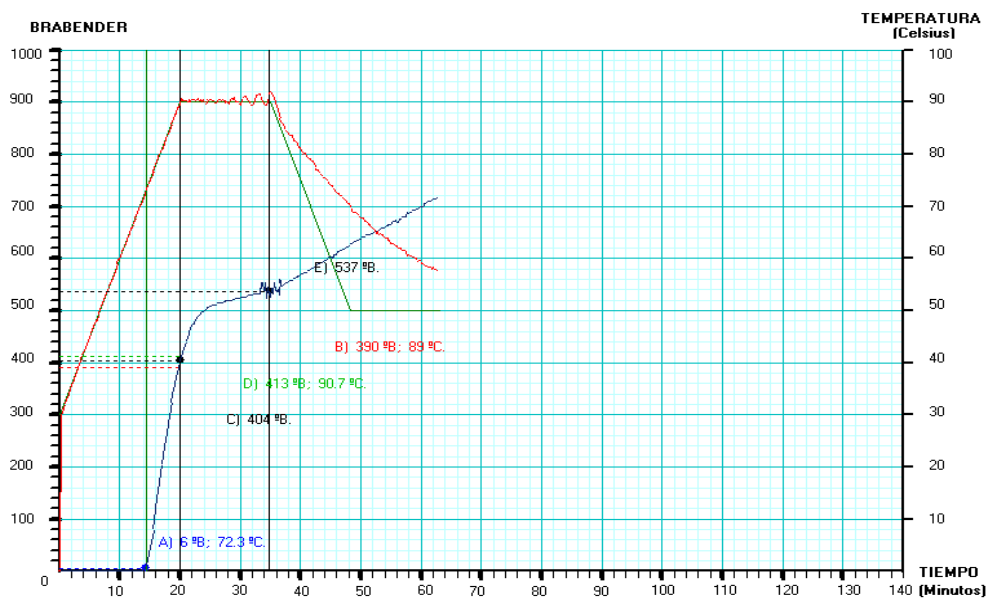
Anexo 5. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 017 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



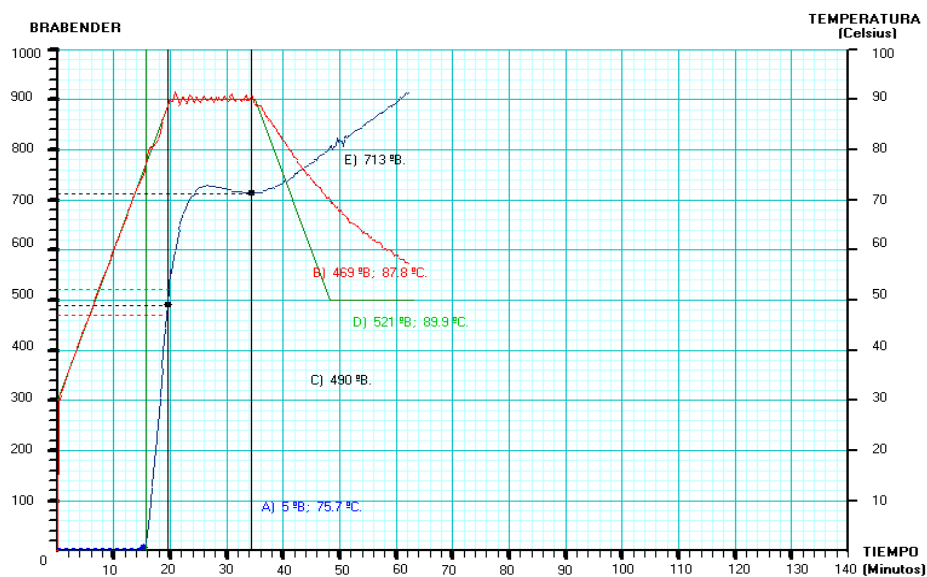
Anexo 6. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 018 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



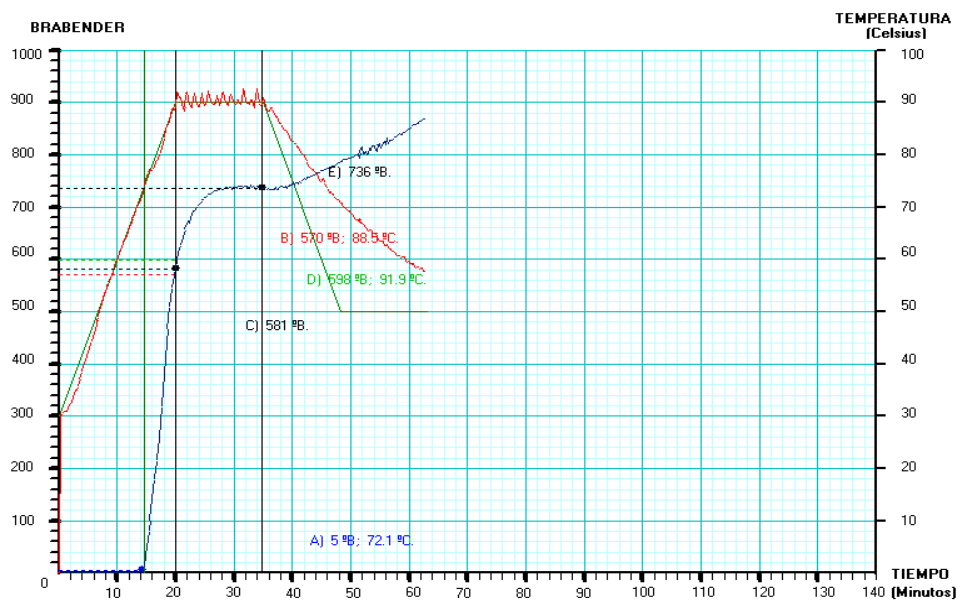
**Anexo 7.** - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 020 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



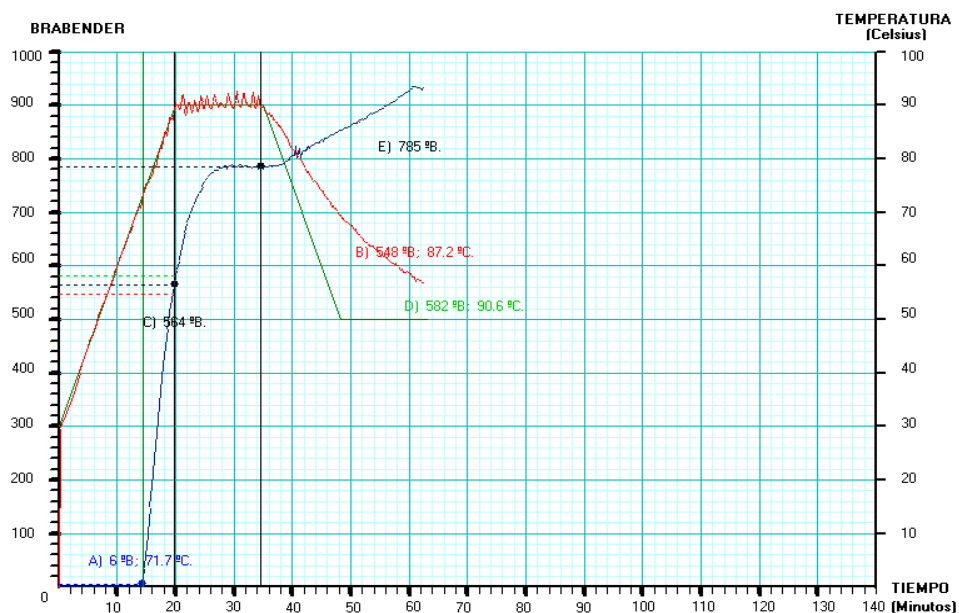
**Anexo 8.** - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 036 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



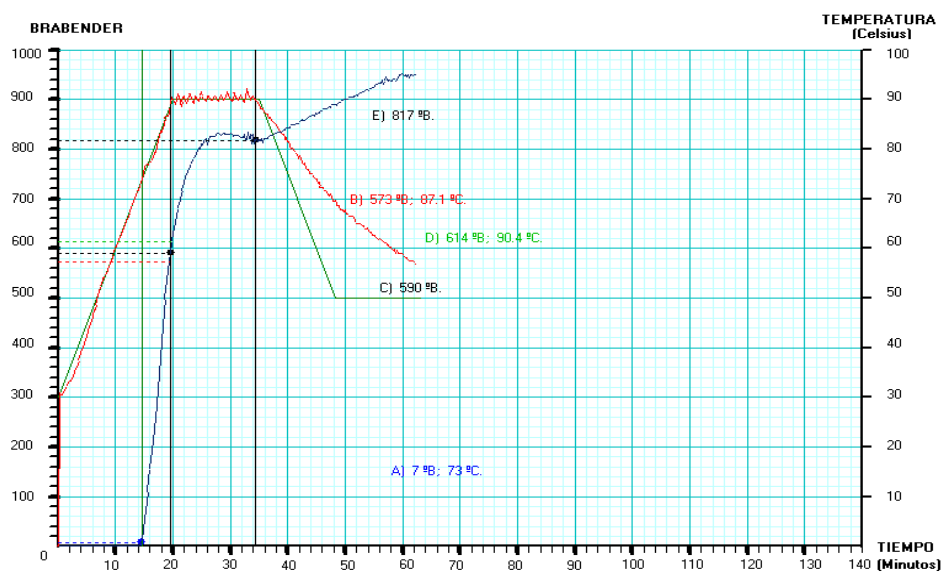
Anexo 9. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 055 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides



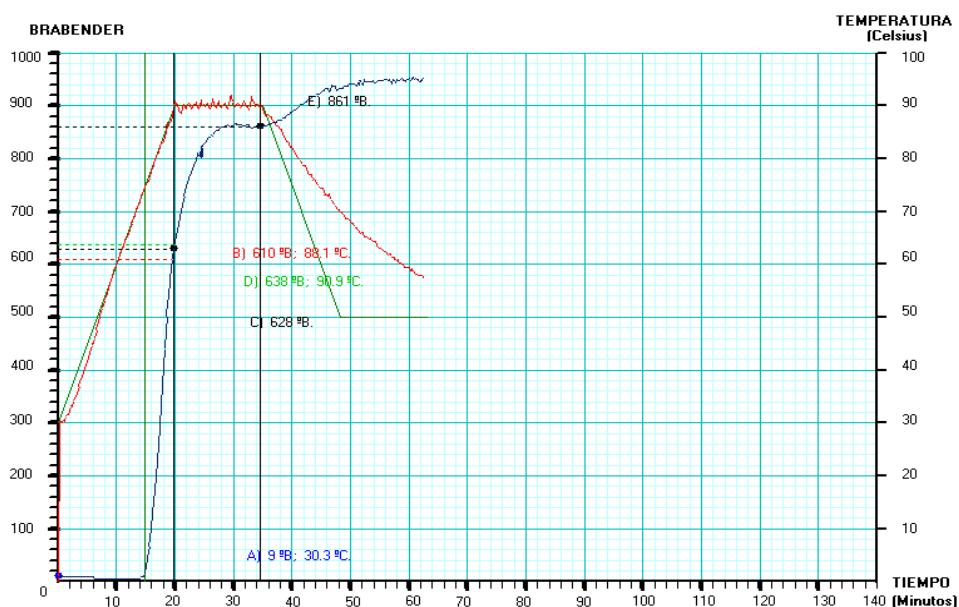
Anexo 10. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 080 con genotipo de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



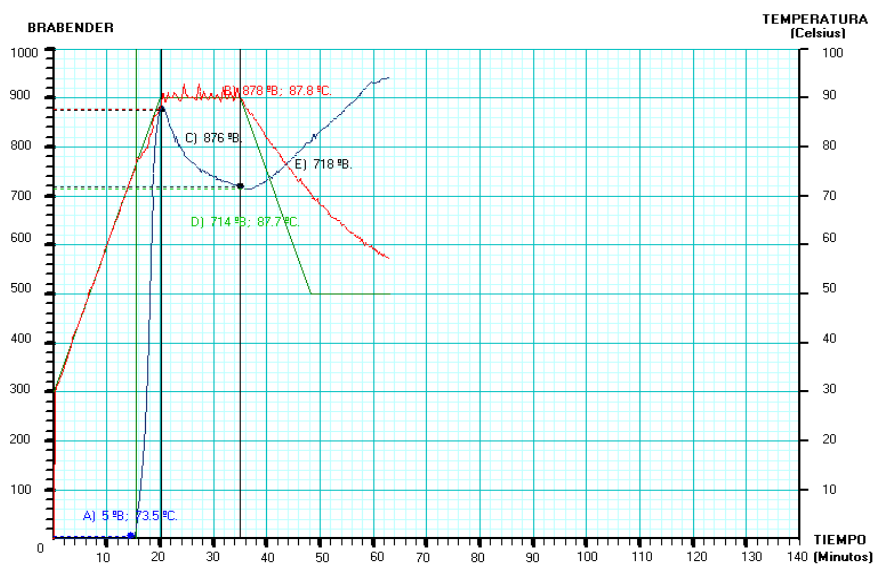
Anexo 11. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 101 con genómio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.



Anexo 12. - Figura de amilograma de las harinas de bananos de clon 115 con genómio de descendencia *Acuminata*, triploides y diploides.

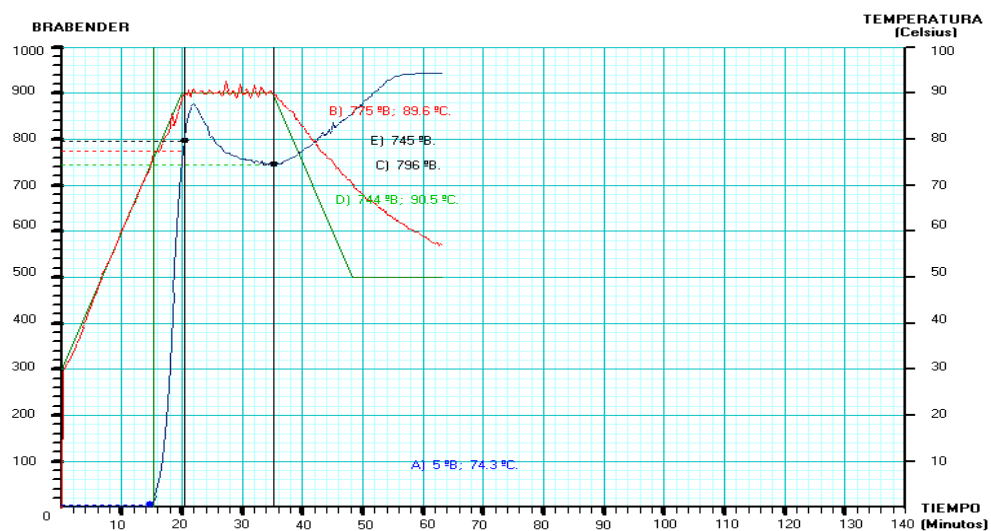


Anexo 13. - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon HH1 con genotipo de descendencia *Acuminata* triploides.

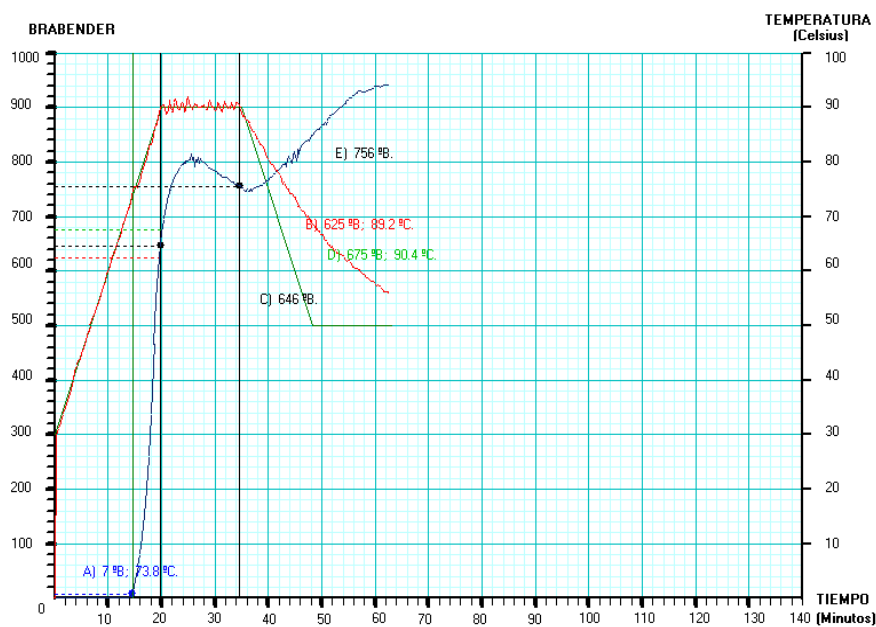


Anexo 14. - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 067 con genotipo de descendencia *Acuminata x Balbisina*, triploides.

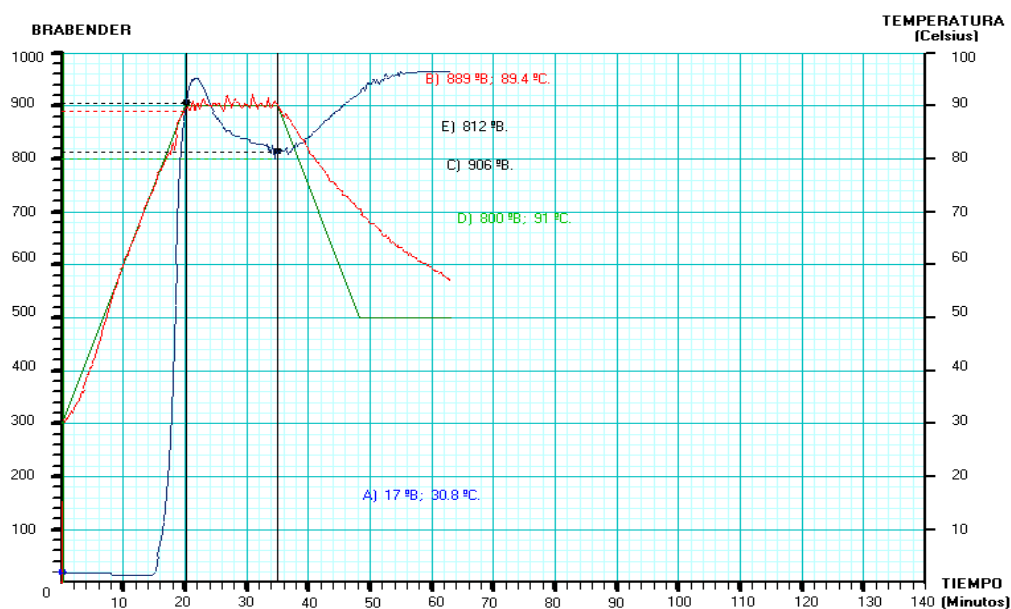




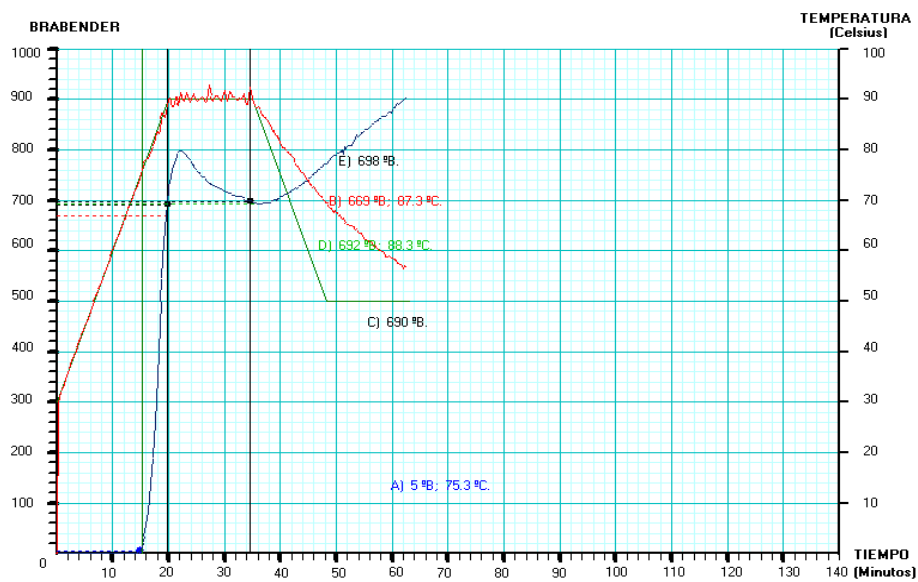
Anexo 15. - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 068 con genotipo de descendencia *Acuminata x Balbisina*, triploides.



Anexo 16. - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 077 con genotipo de descendencia *Acuminata x Balbisina*, triploides.



Anexo 17. - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 089 con genotipo de descendencia *Acuminata x Balbisina*, triploides.



Anexo 18. - Figura de amilograma de las harinas de bananos del clon 107 con genotipo de descendencia *Acuminata x Balbisina*, triploides.

**Anexo 19.** Planilla que se aplico en la evaluación sensorial.

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: F\_\_\_ M\_\_\_ Fecha: \_\_/\_\_/\_\_

A continuación se le entregan dos muestras de panqué que usted evaluara: su color, apariencia global, sabor, textura y aroma. Con este fin, colocara en la fila en que aparece el código de la muestra el número que 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 las muestras.

<b>Código muestra</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Global</b>
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentarios: \_\_\_\_\_

***Gracias por su Colaboración***

**Anexo 20.** Datos obtenidos de la prueba preferencial de escala hedónica para la escogencia del panqué (primera evaluación sensorial).

Panelista	Muestra	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptacion
1	18	6	8	7	7	7
1	261	7	8	8	9	8
1	11	6	7	8	8	8
1	739	6	6	6	7	6
2	18	9	9	8	8	8
2	261	8	9	9	8	8
2	11	6	5	7	7	7
2	739	6	5	7	7	7
3	18	7	8	8	8	8
3	261	7	5	5	8	6
3	11	5	7	5	5	5
3	739	7	5	5	8	6
4	18	9	9	8	8	8
4	261	9	9	8	8	8
4	11	7	9	7	8	8
4	739	9	9	9	6	8
5	18	8	6	8	8	9
5	261	5	5	5	5	5
5	11	8	8	8	7	8
5	739	5	5	5	5	5
6	18	8	8	9	9	8
6	261	9	8	9	9	9
6	11	9	7	8	8	8
6	739	7	7	7	7	7
7	18	9	9	8	7	8
7	261	8	8	8	9	9
7	11	8	8	8	9	8
7	739	8	8	9	8	7
8	18	5	9	5	5	5
8	261	9	9	6	9	8
8	11	7	9	8	9	8
8	739	8	9	8	9	9
9	18	9	8	8	9	8
9	261	8	8	7	7	7

Obtención y caracterización de harina de plátano de 18 clones de bananos provenientes del Banco de Germoplasma y su aplicación en la elaboración de un producto horneado.

9	11	9	9	9	9	9
9	739	8	7	8	8	8
10	18	8	7	9	9	9
10	261	8	8	7	8	8
10	11	7	8	8	8	8
10	739	8	8	8	8	8
11	18	8	8	9	8	8
11	261	8	7	7	8	7
11	11	8	7	7	7	7
11	739	7	5	7	7	6
12	18	8	7	9	8	8
12	261	8	7	8	8	8
12	11	8	7	9	8	8
12	739	8	7	9	9	8
13	18	8	9	7	7	7
13	261	6	9	9	6	7
13	11	4	4	4	4	4
13	739	4	4	4	4	4
14	18	9	9	9	6	8
14	261	9	9	9	5	7
14	11	9	9	9	9	9
14	739	9	9	9	8	9
15	18	9	9	8	9	9
15	261	8	9	9	7	8
15	11	8	7	7	9	8
15	739	8	8	9	9	8
16	18	7	7	8	7	7
16	261	8	7	6	5	6
16	11	9	8	7	7	8
16	739	8	4	4	4	5
17	18	6	3	6	4	4
17	261	7	7	7	7	7
17	11	8	7	8	8	8
17	739	8	8	7	7	7
18	18	9	9	9	8	9
18	261	8	7	8	9	8
18	11	8	9	9	9	9
18	739	8	8	6	5	6
19	18	8	8	7	7	8

Obtención y caracterización de harina de plátano de 18 clones de bananos provenientes del Banco de Germoplasma y su aplicación en la elaboración de un producto horneado.

19	261	9	7	7	8	8
19	11	9	7	8	8	8
19	739	9	8	6	7	7
20	18	8	7	8	8	8
20	261	5	7	8	8	8
20	11	4	7	7	8	7
20	739	8	8	9	9	9
21	18	7	7	8	6	7
21	261	7	7	8	7	7
21	11	7	7	8	7	7
21	739	7	6	8	6	7
22	18	7	7	6	6	6
22	261	6	7	7	6	7
22	11	8	7	8	6	6
22	739	8	7	8	7	7
23	18	7	8	7	8	7
23	261	7	8	7	7	7
23	11	8	8	7	6	7
23	739	7	8	7	7	7
24	18	8	7	8	9	8
24	261	8	7	8	8	8
24	11	8	7	9	9	9
24	739	8	7	9	9	9
25	18	7	9	9	9	8
25	261	9	9	9	9	9
25	11	7	9	9	9	8
25	739	7	9	9	9	9
26	18	9	9	9	9	9
26	261	9	9	9	9	9
26	11	9	9	9	9	9
26	739	6	9	9	9	8
27	18	9	9	7	5	6
27	261	9	9	9	6	7
27	11	9	9	9	6	7
27	739	9	9	9	5	7
28	18	7	5	7	7	7
28	261	4	5	7	7	6
28	11	3	5	7	7	5
28	739	3	5	6	7	5
29	18	8	4	9	9	8

29	261	7	5	6	6	6
29	11	7	5	7	8	7
29	739	7	5	6	6	6
30	18	7	5	6	3	4
30	261	7	5	7	7	6
30	11	8	5	8	4	7
30	739	8	5	8	8	8
31	18	8	8	8	7	8
31	261	8	8	8	8	8
31	11	8	8	7	7	7
31	739	8	8	8	8	8
32	18	4	4	4	4	4
32	261	9	9	9	9	9
32	11	5	5	5	5	5
32	739	6	6	6	6	6

**Anexo 21.** Cálculos de rendimiento y eficiencia de las harinas de pulpa.

Calculo de rendimiento en harina expresado como pulpa del clon 007

**Rendimiento** %= (Peso de la harina x100)/ Peso de la pulpa

$$R = (655,49g \times 100) / 3257 \text{ g} = 20,13\%$$

Eficiencia del proceso de obtención de la harina del clon 007:

**Harina de pulpa:**

EP= % Rendimiento/ (100- % humedad)

$$E.P = 20,13 / (100 - 79,7) = 0,99$$

**Anexo 22.** Datos obtenidos de la prueba preferencial de escala hedónica para la escogencia del panqué (segunda evaluación sensorial).

Panelista	Muestra	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptacion global
1	611	8	8	6	6	7
1	417	9	8	8	6	8
2	611	4	3	3	4	4
2	417	6	6	7	7	6
3	611	7	7	8	8	7
3	417	8	5	9	7	8
4	611	6	6	6	4	6
4	417	7	7	6	6	7
5	611	7	8	7	9	7
5	417	8	7	9	9	8
6	611	9	4	7	5	7
6	417	9	5	9	8	9
7	611	7	4	6	6	6
7	417	7	6	8	7	7
8	611	6	5	4	5	5
8	417	6	4	4	5	4
9	611	7	5	5	5	5
9	417	6	7	7	6	7
10	611	4	5	6	6	5
10	417	5	4	6	6	5
11	611	6	5	5	6	5
11	417	6	6	4	6	5
12	611	7	5	4	6	5
12	417	8	5	4	5	5
13	611	8	7	8	8	8
13	417	6	7	7	6	6
14	611	8	5	8	8	7
14	417	4	5	5	4	5
15	611	8	7	9	8	9
15	417	8	6	7	6	7
16	611	8	8	8	8	8
16	417	6	7	6	7	7
17	611	9	9	9	9	9
17	417	8	9	8	9	9
18	611	8	9	9	9	9
18	417	7	7	8	8	7
19	611	8	8	8	8	8
19	417	7	8	8	8	8
20	611	8	8	8	9	8
20	417	7	4	6	6	6



21	611	9	9	9	9	9
21	417	8	9	8	7	8
22	611	6	7	8	6	7
22	417	5	8	7	6	7
23	611	8	8	9	9	8
23	417	8	8	6	7	6
24	611	6	6	6	6	6
24	417	4	6	5	4	5
25	611	8	8	8	8	8
25	417	7	7	7	7	7
26	611	6	5	6	8	6
26	417	9	5	6	3	6
27	611	9	6	8	9	8
27	417	4	6	8	9	8
28	611	7	7	7	6	6
28	417	7	6	6	7	5
29	611	7	8	7	6	6
29	417	8	6	4	7	5
30	611	6	5	7	5	6
30	417	5	2	4	6	5

**Anexo 23.** Cálculos de carbohidrato disponibles y carbohidratos totales de las harinas obtenidas.

**Carbohidratos Disponibles** = % Carbohidratos Totales – % Fibra dietética.

**Carbohidratos Totales** = 100 – (% humedad +% proteína cruda+ % grasa cruda +% Fibra)