



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**EXTRACCIÓN, PURIFICACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE 21
CLONES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE
MUSÁCEAS DEL INIA. ELABORACIÓN DE UN
PRODUCTO TIPO PUDIN.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por el bachiller Lorian. D. Bello. R., como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología

CARACAS, VENEZUELA
OCTUBRE-2010

ACTA

Quienes suscribimos, miembros del jurado evaluador designado por el Consejo de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela para examinar el Trabajo Especial de Grado de la **Br. Lorian Del Jesús Bello Rodríguez C.I. 17974935**, titulado “EXTRACCIÓN, PURIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE 21 CLONES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE *MUSÁCEAS* DEL INIA. ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO TIPO PUDIN”, para optar por el título de Licenciada en Biología, considerando que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos en los reglamentos respectivos, lo consideramos **APROBADO**.

Para dar fe de ello se levanta la presente acta en la ciudad de Caracas a los cuatro días del mes de Octubre de dos mil diez.

Dra. Elevina Pérez. (**Tutor**).
C.I 3.710.533

Dra. Mary Lares. (**Jurado**).
C.I 8.842.814

M.Sc. Zurima González. (**Jurado**).
C.I 5.697.165

DEDICATORIA

Primero ante todo a mi Dios y a mi angel (Divino niño) que siempre esta a mi lado cuidándome y guiándome en todo los momentos de mi vida.

A mi madre Mirian por ser tan bella y tan especial sin ella no hubiese logrado esta meta, a mi otra madre mi Tía Yura, por brindarme todo su amor y estar siempre a mi lado, y a mi papa Carlos, les debo todo una vida.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas, anécdotas, y vivencias que me vinieron a la mente cuando estaba escribiendo estos agradecimientos, no existe palabra para describir todo lo que viví y aprendí en estos años en la universidad.

A ti mi Dios por hacerme creer que la vida es bella y que siempre hay una solución para todo, y que la fe es lo último que se pierde. A ti Divino niño, que siempre te he sentido a mi lado nunca me has desamparado me iluminaste y guiaste en todo los momentos.

A ti Madre porque me enseñaste todo amor, respeto, humildad, principio, coraje, entre otras cosas, me siento súper orgullosa de ti, eres una mujer extraordinaria me enseñaste que con esfuerzo y sacrificio se consigue todo, tus consejos son valiosos me sirvieron para llegar a donde estoy mamá te amo mucho gracias por darme la vida.

Mi segunda madre, “Tía yurita”, a pesar que no me diste la vida, me diste amor, me apoyaste en todo los momentos, siempre has estado cuando más te he necesitado, me has dado los consejos mas bellos que una madre le puede dar a su hija sin ti tampoco hubiese logrado lo que soy, te amo mucho.

A ti papa por darme la vida, y estar siempre cuando lo necesite, lo quiero mucho.

A mi Ronyto por ser tan especial conmigo, por apoyarme, por tenerme tanta paciencia, por estar siempre a mi lado en estos últimos años, gracias a ti termine a tiempo los análisis, eres mi sol, mi burbuja rosada te adoro un mundo.

A todos mis amigos en especial mi catira linda (María Gabriela) estuviste todos estos años a mi lado sufrimos lloramos, reímos, peleamos, pero siempre juntas eres una persona extraordinaria, a Sabrina, por ser tan linda comprensiva, y ayudarme cuando más necesite, las quiero muchísimo.

A Lucesitaa, porque ser mi compañera de estudio en los primeros años de la carrera, me enseñaste a tener disciplina hoy en día eres mi amiga mi hermana.

A Oliver Muro por apoyarme y estar siempre pendiente de mí, a pesar de alejarnos unos cuantos años

A todo el grupo de Madre selva: a mi Polla (María José), Daniela, Pekis (Cristina), Luis Enrique (keyeme), Lesbia, Luis, Beatriz, Giovanni, mi flaquito Alan, Yuliana, Laynet, Cesar, Denisse, Roberto, pasamos un año excelente como Centro de estudiantes, nunca olvidaré, la Biotangana que hicimos, los viajes a la playa sobre todo el paseo a casa de Lesbia siempre los tendré en mi corazón.

A todos los demás amigos, como Denis, Rosangela, Kinski, Jhonatan, los químicos, entre otros

Tengo que darle las gracias a la Dra. Elevina Pérez por brindarme su apoyo y permitirme ser su tesista, me enseñó todo lo referente almidón siempre estuvo pendiente, me alentó a seguir adelante. Gracias a la profe Zurima por tenerme paciencia y responder a todas mis preguntas, a la Dra. Mary Lares, por ser paciente y alentarme a seguir con los experimentos. A Anita Paredes por prestarme su apoyo y materiales, que tanto utilice, a Any Quintero, a Liz, Lucrecia, Edward, y a todas aquellas personas que de alguna otra forma hicieron posible esta meta.

A toda mi familia por estar pendiente de mí, dándome aliento para seguir adelante, en especial a mis tías Ada, Agustina, Audia María, mis primas Maylin, Noiralys, Lore, Ygna, Rigot

Y a la Ilustre Universidad Central De Venezuela por ser la casa que vence la sombra.

RESUMEN

La planta de banano surgió de dos especies diploides, la *Musa acuminata* (AA) y la *Musa balbisiana* (BB), encontrando especies o híbridos diploides, triploides y tetraploides provenientes de estas dos subespecies. En Venezuela, se usan los términos plátano y cambur; nombres usuales para designar la especie de cocción y de consumo fresco, respectivamente. El almidón es el principal componente de los bananos en estado verde. Desde hace mucho tiempo el almidón nativo se ha utilizado como materia prima para la preparación de productos, sin embargo, poco se conoce sobre los aspectos funcionales de los almidones de las diferentes variedades de bananos. Por lo antes expuesto se planteó. Extraer, purificar y caracterizar almidones extraído de 21 clones de bananos del Banco de Germoplasma de Musáceas INIA. Mediante su composición proximal y características química y físicas se determinó cual o cuales almidones es o son los más idóneo para formular un producto alimenticio tipo pudín. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en cuanto, a la composición proximal, características físico-químico, morfométricas y funcionales de los 21 tipos de almidones. En cuanto al color se encontró que los almidones son claros, reflejando matices rojo y amarillos, estos matices podrían deberse a la presencia de pigmentos del tipo carotenoides. De acuerdo a los valores de breakdown, consistencia, set back y el contenido de amilosa, se infirió que los almidones podían utilizarse en productos alimenticios refrigerados. El almidón más promisorio para la elaboración del pudín resultó ser el clon 072. Al realizar pruebas sensoriales el pudín elaborado con este almidón mostró diferencia significativa de preferencia en el olor, al compararlo con el pudín comercial. Se estudiaron los parámetros de calidad químicos, físicos y físico-químicos en el, resultando ser un producto poco ácido, con un bajo contenido de acidez, y alta humedad y con sinéresis negativa. El color del producto resultó ser oscuro con bajo contenido de matiz amarillo.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE

	Pág
I. Introducción.....	1
II. Objetivo.....	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
III. Revisión Bibliográfica.....	6
3.1 Descripción de la planta.....	6
3.2 Climatología.....	7
3.3 Fruto.....	7
3.4 Almidón.....	8
3.5. Propiedades Químicas, Fisicoquímicas y funcionales del Almidón.....	12
3.6 Otros trabajos.....	14
3.7 Pudín.....	15
3.8. Elaboración de productos a base de almidón.....	16
IV. Materiales.....	18
4.1 Materiales.....	18
V. Métodos.....	19
5.1 Extracción y purificación del almidón.....	19
5.2 Composición proximal.....	20
5.2.1 Determinación de Humedad.....	20
5.2.2 Determinación de Cenizas.....	21
5.2.3 Determinación de Proteína cruda.....	21
5.2.4 Determinación de Grasa cruda.....	23
VI. Características físicas y fisicoquímicas.....	24
6.1 Forma y Tamaño.....	24
6.2 Pureza.....	25
6.3 Determinación de color.....	25
6.4 Determinación de la acidez titulable, pH, y densidad.....	27
VII. Características Químicas y Funcionales.....	28
7.1 Perfil amilográfico.....	28
7.2. Determinación de Contenido de amilosa y Perfil de Gelatinización por Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC).....	29
7.3 Absorción de agua, sólidos solubles y poder de hinchamiento.....	29
7.4 Consistencia de gel.....	31
VIII. Formulación de un alimento tipo pudin.....	32
8.1 Análisis de los parámetros de calidad del pudin.....	32
8.2. Consistencia.....	32
8.3. Sinéresis.....	33
IX. Análisis estadísticos.....	33

X. Resultado y discusión.....	34
XI. Conclusiones.....	93
XII. Recomendaciones.....	95
XIII. Referencia Bibliográfica.....	96
XIV. Anexos.....	108

ÍNDICE DE TABLAS.

	Pág
Tabla 1. Código de las variedades de Musáceas utilizadas para extraer almidón.....	18
Tabla 2. Composición proximal y pureza del almidón extraído de 21 clones de musáceas del banco de germoplasma del INIA.....	38
Tabla 3. Propiedades físico químicas del almidón extraído de 21 clones de musáceas del banco de germoplasma del INIA.....	41
Tabla 4. Parámetro de color para el almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.....	44
Tabla 5. Tamaño de los gránulos de almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.....	58
Tabla 6. Índice de Absorción de agua del almidón extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.....	62
Tabla 7. Porcentaje de sólidos solubles del almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de Germoplasma INIA.....	67
Tabla 8. Poder de hinchamiento del almidón de musáceas extraído de 21 del banco de germoplasma del INIA.....	72
Tabla 9. Propiedades reológicas del almidón de musáceas extraído 21 clones del banco de germoplasma del INIA.....	79
Tabla 10. Contenido de amilosa, gelatinización y ΔH corregido del almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de germoplasma de INIA.....	82
Tabla 11. Consistencia de gel del almidón extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.....	85
Tabla 12. Formulación del pudín. Para ser disueltos en 325 ml de leche líquida.....	88
Tabla 13. Parámetros de calidad del producto elaborado.....	91
Tabla 14. Parámetro de color del pudin.....	92

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig.1. Representación de la planta de la fruta de banano.....	7
Figura 2. Esquema tecnológico de la extracción y purificación del almidón de bananos.....	20
Figura 3. Esquema general de la observación microscópica del almidón de bananos.....	25
Figura 4. Índice de Absorción de agua de los almidones de Musáceas con genómio AAA.....	63
Figura 5. Índice de Absorción de agua de los almidones de Musáceas con genómio AA y AAAA.....	63
Figura 6. Índice de Absorción de agua de los almidones de Musáceas con genómio ABB...64	
Figura 7. Porcentaje de sólidos soluble de los almidones de Musáceas con genómio AAA...68	
Figura 8. Porcentaje de sólidos solubles de los almidones de Musáceas con genómio AA y AAAA.....	68
Figura 9. Porcentaje de sólidos solubles de almidón de Musáceas con genómio ABB.....	69
Figura 10. Poder de hinchamiento de los almidones de Musáceas con genómio AAA.....	73
Figura 11. Poder de hinchamiento de los almidones de musáceas con genómio AA y AAAA.....	73
Figura 12. Poder de hinchamiento de los almidones de Musáceas con genómio ABB.....	7
Figura 13. Evaluación sensorial de preferencia de los cuatros pudines elaborados con los almidones de musáceas de los clones 072, 014, 016 y 067 codificados con los números (861, 810, 026 y 602) respectivamente.....	89
Figura 14. Evaluación sensorial de aceptación global entre el pudín de Chocolate comercial (637) y el de Almidón de banano (681).....	90

ÍNDICE DE MICROGRAFÍA.

	Pág
Micrografía 1 del almidón de musáceas clon HH8.....	47
Micrografía 2 del almidón de musáceas clon HH12.....	47
Micrografía 3 del almidón de musáceas clon HH22.....	48
Micrografía 4 del almidón de musáceas del clon 007.....	48

Micrografía 5 del almidón de musáceas clon 010.....	49
Micrografía 6 del almidón de musáceas clon 012.....	49
Micrografía 7 del almidón de musáceas clon 014.....	50
Micrografía 8 del almidón de musáceas clon 016.....	50
Micrografía 9 del almidón de musáceas clon 017.....	51
Micrografía 10 del almidón de musáceas clon 019.....	51
Micrografía 11 del almidón de musáceas clon 020.....	52
Micrografía 12 del almidón de musáceas clon 023.....	52
Micrografía 13 del almidón de musáceas clon 028.....	53
Micrografía 14 del almidón de musáceas clon 040.....	53
Micrografía 15 del almidón de musáceas clon 067.....	54
Micrografía 16 del almidón de musáceas clon 068.....	54
Micrografía 17 del almidón de musáceas clon 072.....	55
Micrografía 18 del almidón de musáceas clon 077.....	55
Micrografía 19 del almidón de musáceas clon 080.....	56
Micrografía 20 del almidón de musáceas clon 092.....	56
Micrografía 21 del almidón de musáceas clon 107.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon HH8.....	108
Anexo 2. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon HH12.....	108
Anexo 3. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon HH22.....	109
Anexo 4. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 007.....	109
Anexo 5. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 010.....	110
Anexo 6. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 012.....	110
Anexo 7. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 014.....	111
Anexo 8. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 016.....	111
Anexo 9. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 017.....	112
Anexo 10. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 019.....	112
Anexo 11. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 020.....	113

Anexo 12. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 023.....	113
Anexo 13. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 028.....	114
Anexo 14. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 040.....	114
Anexo 15. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 067.....	115
Anexo 16. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 068.....	115
Anexo 17. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 072.....	116
Anexo 18. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 077.....	116
Anexo 19. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 080.....	117
Anexo 20. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 092.....	117
Anexo 21. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon 107.....	118
Anexo 22. Figura Planilla de la evaluación sensorial de los cuatros pudines de almidón de bananos.....	119
Anexo 23. Figura Planilla de la evaluación sensorial del pudín comercial y el elaborado con almidón de bananos.....	119

I. INTRODUCCIÓN.

Los hábitos alimenticios de la población humana se han dirigidos hacia el consumo de plantas que contienen polímeros de carbohidratos, incluidos el almidón (Bello y col., 1999). El almidón es la forma principal de almacenamiento de carbono en las plantas superiores y se acumula en diferentes órganos, tales como hojas, semillas, raíces, tubérculos y frutas (Oliveira y col., 2006).

El banano es una fruta tropical originada en el suroeste asiático, perteneciente a la familia de las musáceas. El término banano es usado para identificar a las especies o híbridos de las plantas que pertenecen al género *Musa*, Familia *Musaceae*. El fruto del banano es una baya, cuya forma y tamaño dependen del genotipo y cultivar de origen y su nombre común varía de acuerdo a las regiones que se cultiva; es por ello, que su clasificación y nomenclatura es un término complejo. El término “plátano”, por ejemplo, es usado comúnmente en América Latina para designar a los bananos que se consumen cocidos, sin embargo, los plátanos son un tipo específico de los bananos de cocción que forman un grupo de clones triploides. En general, como banano se designa a la fruta de consumo fresca. En Venezuela, se usan los términos *plátano* y *cambur*; nombres usuales para designar la especie de cocción y de consumo fresco, respectivamente.

Las dos especies más conocidas en nuestro medio son: la *Musa paradisiaca* que corresponde al plátano para cocción, y la *Musa sapientum* o banano. La mayoría de los frutos comestibles, conocidos hoy en día, surgió de dos especies diploides, *Musa acuminata* (AA) y *Musa balbisiana* (BB). Además, se puede encontrar híbridos diploides, triploides y tetraploides provenientes de subespecies de *M. acuminata* y *M. balbisiana* (Robinson. 1996, Stover y Simmonds, 1987). El plátano (AAB) y otros plátanos de cocción (ABB) son triploide derivados de la hibridación de AA y BB. En la literatura se encuentra que los bananos de cocción son similares en aspecto exterior a los bananos de postres verdes, aunque estos últimos varíen en tamaño, la diferencia que existe entre ellos es su parte comestible que necesita cocción (Annadurai, y col., (2002a); Annadurai y col., (2004b). La forma de consumirlo varía ampliamente entre países, de acuerdo a los hábitos alimenticios (Martínez y Peña ,2006).

La composición nutricional del banano durante la cosecha puede variar ampliamente, dependiendo de la forma de cultivo, la madurez, el clima, el tipo de suelo y de la fertilidad (Lee y Karder, (2000); Mozafar, (1994); Shewfelt, (1990)), esto pudiera ser un indicativo de la trazas de contenido mineral de los suelos de una región geográfica (Forster y col., 2002)

Los plátanos son conocidos por tener 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, por 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 aquellas personas que padezcan la enfermedad Kdney (Dzomeku y col., 2007 a)

Lescot, en el 2006, estimó que la producción mundial de bananos está alrededor de 106 millones de toneladas y ocupa el cuarto lugar en la producción agrícola. En Venezuela, el consumo de plátano es muy alto, encontrándose que la siembra de estos cultivos está dispersada por todo el territorio del país, que la producción de plátanos más alta esta situado en el Sur del Lago de Maracaibo con 91,08%, seguido de Barinas con 7,97% y por ultimo en Oriente con 17,28%. Por otro lado, encontrando que el porcentaje de fruta para consumo de directo (cambur) en Aragua es 46,30%; Trujillo, 17,28%; Carabobo, 15,43%; Barinas 10,07%; Zulia 6,71% y por último Oriente 4,20% (AGREVO, 2009).

Tanto los plátanos verdes como maduros se utilizan para su consumo. Sin embargo, existe una preferencia general para plátano el maduro. 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, 2005).

El almidón es el principal componente de los bananos en estado verde, constituye la mayor fracción de los hidratos de carbonos, con un contenido de 20-25% en la pulpa de la fruta (Oliveira y col., 2006) a medida que la fruta madura, el polisacárido se hidroliza por la acción de la amilasas y mediante otros sistemas enzimáticos, sintetizando sacarosa y fructosa, una vez que llega al estado de maduración (Badui, 1993).

El almidón es depositado en las frutas en forma de gránulos, cuya morfología, composición química, molecular y estructural son característicos de cada especie de planta (Bello y col., 2001). Su funcionalidad se debe a la presencia de dos componentes de alto peso molecular llamados amilosa y amilopectina, así como a la organización física de estas macromoléculas en la estructura granular (French, 1984). La amilosa es una cadena “lineal” de unidades de α -D-glucopiranosilo unidas por enlaces $\alpha(1-4)$, su peso molecular está alrededor de 10^6 , sin embargo, se ha mostrado evidencias que la amilosa no es totalmente lineal (Pérez, 2001). Por otro lado la amilopectina es una cadena ramificada; esta cadena contiene un extremo reductor, denominado cadenas-aE, la cual tiene numerosas ramas, llamadas cadena-A, en la literatura indica que su peso molecular está entre 10^7 hasta 5×10^8 (Fennema, 2000).

Desde hace mucho tiempo, el almidón nativo se ha utilizado como materia prima para la preparación de productos. Los usos más comunes son: como gelificante, estabilizante, ingredientes principal, etc. Aun así, el uso de los almidones se ve limitado, por tener baja resistencia a la tensión (cizalla), descomposición térmica, alta retrogradación y sinéresis.

Las propiedades funcionales de los almidones se debe a la fuente de origen, poco se conoce sobre los aspectos funcionales de los almidones de las diferentes variedades de los bananos. Usualmente en la bibliografía se encuentra trabajo relacionado con el almidón de variedades de plátano comercial (Harton común) y unas pocas variedades de consumo directo (cambur) entre ellas se mencionan Pérez y col., (1993), Bello y col., (1999), Bello y col., (2000), Bello y col., (2001), Núñez y col., (2004), Torres, (2007), y Nwokocha y col., (2008) Por lo antes expuesto se planteo los siguientes objetivos.

II. Objetivo General.

Extracción, purificación y caracterización del almidón extraído de 21 clones de bananos del Banco de Germoplasma de *Musáceas* INIA.

2.1 objetivo específico.

- Extraer y purificar el almidón de 21 clones de bananos.
- Evaluar las características físicas, composición proximal, pureza, propiedades funcionales y propiedades morfométricas del almidón extraído.
- Comparar las propiedades de estos almidones y sugerir el o los más promisorios.
- Elaborar un producto alimenticio tipo pudín con el almidón extraído de la variedad más promisoría

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1 Descripción de la planta.

El banano es una planta grande, pudiendo llegar a tener de 1-8 metros de altura, el pseudotallo está formado por vainas de hojas entrelazadas. Las hojas surgen del meristemo apical del verdadero tallo subterráneo: la axila de cada hoja da lugar a un brote. La producción de brotes es el medio de reproducción de los bananos. Un cambio rápido al final de la fase vegetativa induce la flor “primordio”, seguido del crecimiento y alargamiento del verdadero tallo y más tarde en el pseudotallo de la aparición de la inflorescencia. La inflorescencia puede ser de varias formas: vertical, colgante o sub-horizontales; es compleja y esta formada, por una cima de mazorcas. Las cimas se insertan en formas de espiral sobre el tallo floral. Esta 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).

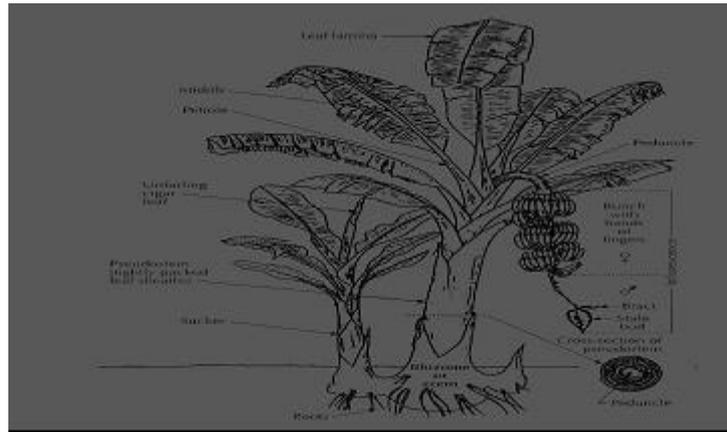


Figura1. Representación de la planta de la fruta de banana. Foto de Jones (1999). Tomado de Bakry y col., (2008).

3.2 Climatología.

La plantación del banano es de aproximadamente de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones climáticas y de los cuidados del cultivo. El banano se cultiva en un clima cálido y con una humedad constante en el aire, la temperatura media debe oscilar entre 26-27°C con lluvias prolongadas y distribuidas (Martínez y Peña, 2006).

a. Fruto.

Lo fruto de las *Musáceas* es una baya, cuya forma y tamaño dependen del genotipo y cultivar de origen, se caracteriza por presentar un contenido de almidón en estado verde y un alto contenido de azúcar, cuando están maduras, además de contener grandes cantidades de minerales.

Grisales, en (1999), evaluó la productividad de dos tipos de plátano *Dominico hartón* (*Musa* sp. grupo AAB) cultivados en diferentes localidades: “Paranguacito” (Quindío) y “Chagualito” (Caldas), los datos mostraron que no

existía diferencia estadística en cuanto a la productividad de los plátanos en las dos localidades.

Cayón y col., (1999). Estudiaron el impacto que ocasionaba la defoliación en la distribución de minerales en los racimos de plátanos *Dominico hartón*, encontraron que existían diferencias significativas en la concentración y distribución de los minerales. La concentración de calcio y el magnesio no se ven afectada por la defoliación y la mayor concentración mineral está en la cáscara de la fruta.

3.4 Almidón.

El almidón es un carbohidrato de las frutas verdes: Foulkes y col., (1978) propusieron que el almidón forma el 48% de la materia seca o el 12,7% en peso fresco. Pérez en el 2007 aisló y caracterizó el almidón de *Musa paradisiaca normalis*, encontrando que su composición química, en base seca es de: grasa cruda, 0,09%; fibra cruda, 0,26%; cenizas, 0,02%; y carbohidrato totales 0,03 (carbohidrato no reducido) y esto concuerda con Foulkes y col., (1978). En ese mismo estudio se encontró que los almidones presentaban formas irregulares y variadas 10 a 50 μm . Además, según Belalcázar y col., (1991), en la pulpa seca del banano se halla 0,28% de nitrógeno, 0,07% de fósforo; 1,1% de potasio; calcio, 0,06%, magnesio, 0,06%, 20 a 40 ppm de hierro y 2,5 ppm de zinc. A continuación se presenta estudios que se han realizado sobre el almidón de *Musáceas*:

Lii y col., (1982) investigaron los cambios en las propiedades físicas y químicas del almidón de plátano, así como sus componentes durante la maduración, estableciendo que cantidades variables de almidón en los alimentos escapan de la digestión en el intestino delgado humano y pasan al colon, conocido como almidón resistente (RS).

Texeira y col., (1998) evaluaron el contenido y caracterizaron el almidón resistente de maíz y plátano. Este estudio reveló que la composición proximal del banano no estaba relacionada con la composición química del gránulo, también señalaron que el gránulo del almidón de plátano mostró un patrón de difracción de rayos X con un polimorfismo tipo B. Por su parte, el almidón de maíz obtuvo una retrogradación de 7,15%, estaba constituido de fragmentos porosos y el patrón de difracción fue tipo C.

Bello y col., (1999), en su trabajo, estudiaron dos variedades de plátano verde en México. La variedad “macho” y la variedad “criollo”. La variedad “macho” presentó mayor rendimiento de almidón que el “criollo”. Los autores señalaron que la composición química de ambos almidones fue similar, excepto en el contenido de cenizas, donde la variedad “criollo” mostró un menor contenido de cenizas. Además, el estudio sugirió que este tipo de almidones no pueden ser utilizados en productos congelados. Ambos almidones presentaron similitud en la capacidad de retención de agua.

En un estudio realizado por Dzomeku y col., en el (2007b) se comparó el valor nutricional de la variedad FHIA-21 (híbrido tetraploide) y la Apem (banano francés triploide), mostrando que la composición nutricional es similar en ambas variedades. El híbrido tetraploide tenía un alto contenido de grasa con 1,94% que el local (Apem) con 0,22%. El contenido de agua de la variedad FHIA-21 es de 60% y es mayor que el del Apem que contenía un 53%. Debido al alto contenido de humedad la variedad FHIA-21, esta es más suave. El contenido de potasio fue de 1060 mg/100g (en base seca) para FHIA-21 y 760 mg/100 gr (base seca) para el Apem. También la variedad Apem presentó un mayor contenido de hierro 1.06 mg/100 gr en (base seca) que el híbrido (FHIA) con 0,45%/100gr en (base seca), los autores concluyeron que el híbrido tetraploide tiene mayor valor nutricional que el banano francés triploide.

En el 2007, Dzomeku y col., (a) Realizaron dos estudios, uno sobre la evaluación sensorial y agronómica de algunos híbridos, encontrando que los híbridos son más tolerantes a la muerte por ataque de la *Sigatoka negra*, y otro sobre la evaluación físico-química y agronómica de FHIA-21. Los autores encontraron que FHIA-21 es más tolerante a la *Sigatoka negra*, concordando con estudios anteriores. Su composición fisicoquímica mostró un alto porcentaje de grasa 1,94%, el porcentaje de humedad es de 60%, mientras que el de potasio fue de (1060 mg/100 g peso seco), y el porcentaje de hierro con 0,45%, en base seca

Otro estudio comparativo llevado a cabo por Dzomeku y col., (2007c), se realizó entre el clon tetraploide FHIA-21 (banano francés tetraploide) y el clon FHIA-03 (banana cocción tetraploide). Los datos mostraron que la composición

nutricional en ambos clones son similares. Sin embargo, los híbridos tenían mayor contenido de grasa: con un 1,94% para FHIA-21 y 1,66% para FHIA-3. Comparando con los bananos triploides, los híbridos fueron más suaves por su alto contenido de humedad, esto es similar a lo reportado en trabajos anteriores. El contenido de potasio para FHIA-21 y FHIA-3 fue respectivamente 1060 mg/100 g y 1725 mg/100 g (ambos en base seca).

Happi y col., (2007), estudiaron seis variedades de cáscaras de plátanos. Encontraron que la corteza de las seis variedades presentó entre un 40 a 50% de fibra dietética. En cuanto al contenido de proteína encontraron que la cáscara de plátano y banano tenía un 11 a 8% respectivamente. Los aminoácidos esenciales, tales como, leucina, valina, fenilalanina y treonina se encontraron en cantidades significativas. El contenido de lípidos osciló entre 2,2 a 10,9%. Los autores concluyeron que la cáscara de plátano tiene un alto porcentaje de almidón.

Coulibaly y col., (2007), determinaron la composición química de los híbridos CRBP14, CRBP39, FHIA17, FHIA banano (*Musa* sp.) y de la variedad Orishele. Los datos mostraron que la variedad Orishele contenía el más alto porcentaje de materia seca, carbohidratos totales y potasio. Por otra parte, el híbrido CRBP 39 mostró mayor acidez, y azúcares totales. Sin embargo, el porcentaje de proteínas, lípidos, magnesio, calcio y hierro fueron altos para el clon FHIA-17.

3.5 Propiedades químicas, fisicoquímicas y funcionales del almidón.

Los gránulos del almidón están constituidos por dos componentes denominadas amilosa y amilopectina. La concentración de estos componentes, así como su distribución y la forma, varía de acuerdo a la especie botánica. Estos componentes le confieren unas características químicas, fisicoquímicas y funcionales al almidón, proporcionándole una amplia gama de usos industriales. A continuación se presenta diferentes trabajos que se han realizado sobre esto.

Bello y col., (2000) estudiaron algunas propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón acetilado del plátano (banano) y los compararon con el maíz. Los datos muestran que el almidón de plátano presentó mayor contenido de cenizas, proteínas y lípidos que el almidón de maíz. Además, en el almidón modificado la tendencia a la retrogradación fue menor. Asimismo, señalan los autores que a altas temperaturas, presentaron capacidad de retención de agua similar al almidón nativo, por lo que concluyen que la acetilación incrementa la solubilidad y el hinchamiento de los almidones.

Bello y col., (2001), mostraron que las muestras de almidón de maíz, banano y papa, almacenadas a temperatura ambiente (28°C) presentaron poca estabilidad y retrogradación. Sin embargo, cuando se almacenaron a 4°C, se favoreció la propagación y maduración de los cristales de amilopectina, por lo cual incrementó la retrogradación. Los autores señalan que la composición química para el almidón de maíz fue: humedad 10,62%, cenizas 0,12%, grasa 0,19%, proteína 0,35%, pureza 98,50%, y valor azul de 0,32 ($\lambda_{\text{máx}}$ de 593,5). La papa presentó mayor contenido de cenizas 0,27%, humedad 14,10%, grasa 0,02%,

proteína 0,08%, una pureza de 99,00%, valor azul de 1,54 ($\lambda_{\text{máx}}$ de 593,5). Por último, tenemos que el almidón de banana contenía un valor de humedad de 10,79%, cenizas, 0,25%, grasa, 0,04%, proteína, 1,03%, y 97,20% de pureza, y 0,55 de valor azul (593,5 de $\lambda_{\text{máx}}$).

Núñez y col., (2003) estudiaron las características de solubilidad, poder de hinchamiento, distribución del tamaño de granular y comportamiento reológico del almidón de plátano (*Musa paradisiaca*). Los autores señalan que la pasta se mantuvo estable al tratamiento térmico y mecánico y que la temperatura de gelatinización fue de 75,8 °C. La solubilidad y el poder de hinchamiento estuvo alrededor de 14% y 25 g/100 g respectivamente. La pasta de almidón mostró un comportamiento no newtoniana pseudoplástico, atribuyendo a este comportamiento viscoelástico, a la fracción en volúmenes de gránulos hinchados.

Torres y col., (2007), evaluaron las propiedades funcionales del almidón del banano (cuadrado o manzano) (*Musa balbisiana*): encontraron que el almidón presentaba una temperatura de gelatinización de 79,8°C y su entalpía de transición fue 17,3 J/g. La solubilidad fue de 16,8% a una temperatura de 90°C, la capacidad de absorción de agua es de 14,3 g de agua/g de almidón y el poder de hinchamiento de 17,1 g de agua/g de almidón. Estos datos mostraron que el almidón puede ser utilizado en productos sujetos a altas temperaturas, tales como productos enlatados, alimentos para bebé, salsas, jaleas, dulces. Sin embargo, debido a su alta firmeza y sinéresis bajo condiciones de refrigeración y congelación, lo hacen inadecuado para su uso como espesante, gelificante y estabilizante en alimentos congelados o refrigerados.

Nwokocha y col., (2008), en su trabajo propiedades del almidón de plátano de color blanco y amarillo (*Musa paradisiaca* y *normalis*), caracterizaron el almidón de las dos variedades, encontrando que los gránulos de almidón aislado de plátano blanco y amarillo diferían en la morfología y tamaño; por ejemplo; la forma del gránulo del almidón de la variedad blanca fue bimodal. Estos almidones también son diferentes, en cuanto a la composición proximal; el almidón de plátano amarillo presentó menor temperatura de gelatinización, pero mayor pico de viscosidad. Las propiedades reológicas indicaron que la variedad blanca tiene un mayor rendimiento, y cuando el “pasting” se encuentra frío presenta mayor viscosidad y soportar mejor el proceso mecánico.

3.6. Otros trabajos.

Ruiz, (1983), realizó un estudio donde evaluó la utilización de los almidones nacionales derivados de maíz (*Zea mays L*) y yuca (*Manihot esculenta crantz*) como espesantes para productores de tomate, encontrando que la viscosidad de los productos elaborados (pasta de tomates), puede ser modificada por estos almidones, los almidones derivados del maíz presentaron mejores consistencia y no afectaron las características sensoriales de los productos terminados.

Por su parte, Pacheco y col., (2008) caracterizaron las harinas de plátano verde (*Musa paradisiaca L.*) modificadas con tratamientos térmicos. Para el estudio, emplearon cuatros métodos de deshidratación para producir las harinas plátano (*Musa paradisiaca L. subs. Normalis*) de la variedad de Harton/Horn) verde; una vez obtenidas las harinas, fueron evaluadas en cuanto a composición

proximal, características físicas y propiedades reológicas y funcionales. Los resultados mostraron que el proceso de deshidratación afectó significativamente la composición. Además, las harinas en suspensión mostraron un comportamiento de fluido no Newtoniano pseudoplástico.

Waliszewski y col., (2003), estudiaron en detalle sobre el banano *Musa valery* y almidón nativo modificado por varios métodos (gelatinización, fosfatación, enlaces cruzados hidroxipropilado); el almidón de banano representó el 33,8% del peso seco con un 99% de pureza. El contenido de amilosa fue 40,7%, y la λ_{max} 563nm. El almidón modificado tenía un 50% más de retención de agua en comparación con el nativo. En cuanto al poder de hinchamiento del almidón de banano “valery”, estaba restringido y con una baja solubilidad. La fosforilación del almidón de plátano mostró mejoría en la claridad del almidón fosfatado.

3.7. Pudín.

El pudín es el producto resultante de la mezcla de ingredientes deshidratados de almidón, saborizantes, preparados por la adición de leche líquida en constante agitación durante su cocción y luego enfriado para originar la formación de un gel. Estos productos se encuentran a la venta como mezclas instantáneas o simples, que pudieran ser elaboradas a base de almidones nativos o modificados con el fin de mejorar la textura (Lineback y Inglett., 1982).

Por otro lado, tenemos que la Norma COVENIN 2005:1994 puntualiza que el pudín es un producto elaborado principalmente con una mezcla de yema de huevo, leche en polvo, edulcorantes naturales y otros ingredientes aprobados por la autoridad sanitaria.

3.8 Elaboración de productos a base de almidón.

En la literatura se hayan varios trabajos que se han realizado para elaborar productos a base de almidón entre ellos se encuentra:

Elaboración de colados sustituyendo harina de plátano en un 3 y 5% por almidones modificados con deshidratación con doble tambor y harinas crudas de *Xanthosoma sagittifolium* e *Ipomea batatas* por (Pérez, 2001).

Achundia, (2005), realizó un trabajo donde formuló y elaboró un producto tipo pudín utilizando el almidón nativo de batata y una mezcla de almidón nativo-acetilado, los datos mostraron que los pudines presentaron las características sensoriales deseables. Además, el producto exhibió buena estabilidad físico-química, microbiológica y de almacenamiento bajo refrigeración.

López, en el (2006), preparó pudines en base almidón nativo y fosfatado de batata con pulpas de frutas, los productos elaborados presentaron las características sensoriales deseables y estables al proceso de refrigeración y almacenamiento.

Palma, (2006), formuló un producto tipo pudín, utilizando almidón modificado de batata (*Ipomea batatas* L.LAM). Los pudines presentaron

diferencias estadísticamente significativas, en cuanto al sabor, consistencia y aceptación global del mismo. Concluyó que los pudines elaborados de almidones fosfatados-pregelatinizado favoreció obtener un producto con mejores características sensoriales.

IV. MATERIALES

4.1 Materiales

Los 21 clones (carga genética que presenta) de bananos fueron suministrados por el Banco Germoplasma de Musáceas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Una vez en el laboratorio, se identificaron, seleccionaron y pesaron los clones para la posterior extracción del almidón

Tabla 1. Código de las variedades de Musáceas utilizadas para extraer almidón.

Código de Inia	Descripción	Genómio
HH8	Cambur Cavendish	AAA
HH12	HH-12	AA
HH22	Cambur	AAA
007	Cambur 007	AAA
010	Titiaro	AA
012	Cambur	AAAA
014	Pineo Gigante	AAA
016	Cambur Cavendish	AAA
017	Clon 59	AAA
019	Cuyaco	AAA
020	Cavedis Gian	AAA
023	Cambur	AAA
028	Cambur	AAA
040	Cambur Negro	AAA
067	Topocho	ABB
068	Topocho Sabá	ABB
072	Pisang Mas*	AA
077	Topocho	ABB
080	Pineón	AAA
092	Topocho cervo/morado	ABB
107	Topocho cenizo	ABB

V. MÉTODOS.

5.1 Extracción y purificación del almidón

Se usó la metodología descrita por Pérez y col., (1993), para la obtención del almidón. Los almidones se aislaron de la parte comestible de cada uno de los clones evaluados. Los plátanos seleccionados se lavaron, pelaron y trocearon, la parte comestible se sumergió en una solución de ácido cítrico al 0,1%, posteriormente, se procedió a licuar el almidón con una licuadora marca Osterizer, la mezcla licuada obtenida se separó, con ayuda de la muselina, luego se centrifugó en una centrifuga marca DAMON/IEC-División Modelo CRV-5000 a 4000 r.p.m por espacio de 15 min, se descartó el sobrenadante. Esta operación se realizó 3 veces, el precipitado obtenido por este procedimiento. Se colocó en un deshidratador de bandeja MITCHELL, modelo 645159, por 5 horas a 45°C, se molió y tamizó el almidón extraído por una serie de tamices (20, 30, 40 y 60 mesh) ASMT. Se envasó en bolsas plásticas selladas herméticamente, para su posterior análisis. La Figura 2 muestra el esquema tecnológico para la obtención del almidón de bananos.



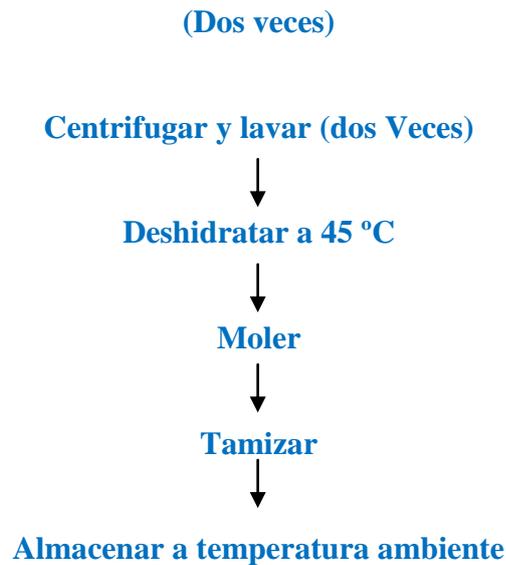


Figura 2. Esquema tecnológico de la extracción y purificación del almidón de bananos.

5.2 Composición proximal del almidón extraído.

5.2.1 Humedad.

Se determinó usando la técnica descrita por la AACC, (2003); N° 44-15A. Se pesó 2 gr de almidón, por triplicado, de cada uno de los clones, en cápsulas de aluminio previamente taradas, las muestras se colocaron en una estufa convencional a 130 °C, durante 1 hora y 30 minutos, posteriormente, se dejó enfriar en un desecador con un agente deshidratante hasta alcanzar la temperatura ambiente, se procedió a pesar cada una de las cápsulas, a fin de cuantificar la pérdida de peso

Para el cálculo de humedad se procedió de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje humedad} = \frac{\text{Pérdida de humedad}}{\text{gr muestra}} \times 100$$

gr muestra

5.2.2 Cenizas.

Se determinó usando la técnica descrita por la AACC (2003), N° 08-17. Se pesó 2 gramos de almidón de cada una de las muestras en un crisol de porcelana previamente tarado al alcanzar su peso constante, se incineró cada una de las muestras hasta que carbonizó en una plancha de calentamiento, se encendió la mufla de modo que se logre una temperatura de 525°C. Una vez alcanzada la temperatura los crisoles fueron colocados en la mufla hasta obtener cenizas de color gris o blanco, luego se retiraron los crisoles de la mufla, se colocaron en un desecador, se enfrió a temperatura ambiente y después se peso.

Cálculos:

$$\text{Porcentaje Cenizas} = \frac{\text{Peso del residuo (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Peso de la muestra (g)

5.2.3 Proteína cruda.

Se determino usando la técnica descrita por la AACC (2003), N° 46-13. Se pesaron 300 mg en un trozo de papel de aluminio, se transfirió al balón de digestión y se procedió a añadir la punta de la espátula de la mezcla catalizadora de sulfato de potasio y sulfato cúprico junto con 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se digirió en el equipo de digestión hasta que la preparación tomó una coloración verde claro o transparente. Al culminar la digestión se retiró el balón y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Sucesivamente se añadieron

20 ml de ácido bórico al 4% y 2 gotas de la mezcla indicadora de rojo metilo a una fiola de 125 ml. Se colocó la fiola sobre el soporte ubicado por debajo del tubo de salida del condensador, de modo que la punta de dicho tubo permaneciera sumergida en la solución de ácido bórico, luego se abrió la llave de agua y se encendió el destilador. Cuando alcanzo la ebullición, se transfirió cuantitativamente el contenido del balón de digestión de reservorio del equipo. Se abrió la llave para permitir la entrada de la muestra al destilador. Se cerró la llave y se colocó entre 10 y 15 ml de hidróxido de sodio al 30% en el reservorio. Se abrió lentamente la llave para que se mezcle con la muestra. Se cerró la llave y se destiló hasta completar un volumen de 60 ml en la fiola. Se tituló el contenido de la fiola con ácido sulfúrico 0,01 N hasta un color gris o rojo tenue.

Cálculos

$$\text{Porcentaje de Nitrógeno} = \frac{(A - B) \times N \times 0,014 \text{ g/ meq}}{\text{Muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

A= Volumen (ml) de la solución de ácido gastado por la muestra

B= Volumen (ml) de la solución de ácido gastado por el blanco

N= Normalidad de la solución de ácido (meq/ ml)

Porcentaje de proteína= porcentaje de nitrógeno x 6,25.

5.2.4 Grasa cruda.

Se determinó usando la técnica descrita por Schoch, (1964). Se pesaron 5 gramos de cada una de las muestras en un beaker de 100 ml, se humedeció con 5 ml de etanol al 95 %, se añadieron 15 ml de ácido clorhídrico 8N y se mezcló con un agitador de vidrio: luego se colocó en un baño de agua manteniendo a 70-80 °C durante 1 hora. Se agitó ocasionalmente para hidrolizar el almidón, se procedió a añadir 5 ml de etanol y se dejó enfriar, se transfirió cuantitativamente a un embudo de separación, se enjuagó el beaker con tres porciones de 7 ml de éter etílico y se vertió al embudo. Se tapó y agito vigorosamente y se abrió la llave para liberar la presión interna. Sucesivamente se añadieron 20 ml de éter de petróleo, se agitó y se dejó en posición vertical hasta que la parte superior estuviera prácticamente clara, para retirar la parte etérea, para luego filtrar en un embudo pequeño a través de lana de vidrio y se recolectó el filtrado en un beaker de 150 ml. La extracción del líquido remanente en el embudo se repitió 2 veces, una con 20 ml de éter etílico y la otra con 20 ml de éter de petróleo. Se recogió nuevamente la capa etérea filtrada en el beaker. El proceso se repitió una vez más, progresivamente se lavó el embudo y la lana de vidrio con unos pocos ml de una mezcla a partes iguales de ambos éteres y recoger el líquido en el beaker, luego se evaporó el solvente en un baño de vapor en una campana bien ventilada, los beakers se colocaron en una estufa a 100 °C \pm 1°C durante 20-30 min, se colocaron los beakers en un desecador, hasta temperatura ambiente y se pesó.

Cálculos

$$\text{Porcentaje de grasa} = \frac{\text{Peso de grasa (g)}}{\text{Peso de Muestra (g)}} \times 100$$

VI. Características Físicas-químicas.

La morfometría (tamaño y forma), se determinó, mediante la observación morfológica y el tamaño del granulo de almidón con ayuda de un microscopio de luz.

6.1 Forma y Tamaño.

Se fundamentó en observar la morfología del granulo del almidón y el tamaño a través de un microscopio óptico con luz, que se encuentra en el Laboratorio de Nuevas Tecnologías, ubicado en el Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos (ICTA).

La observación, se utilizó con la luz completa. Para realizar el análisis, se dispersó una porción pequeña del almidón en el portaobjeto, agregándole 2-3 gotas de agua destilada por 5 minutos. Después de transcurrido este tiempo, las preparaciones fueron observadas y fotografiadas, con luz directa usando diversas ampliaciones con el microscopio de Nikon Optiphot-2 con una cámara fotográfica conectada Nikon FX-35DX. Para medir el tamaño se observaron varios campos y se midió el tamaño granular en 30 gránulos (Blaszczak y col., (2003) y Koroteeva y col., (2007))

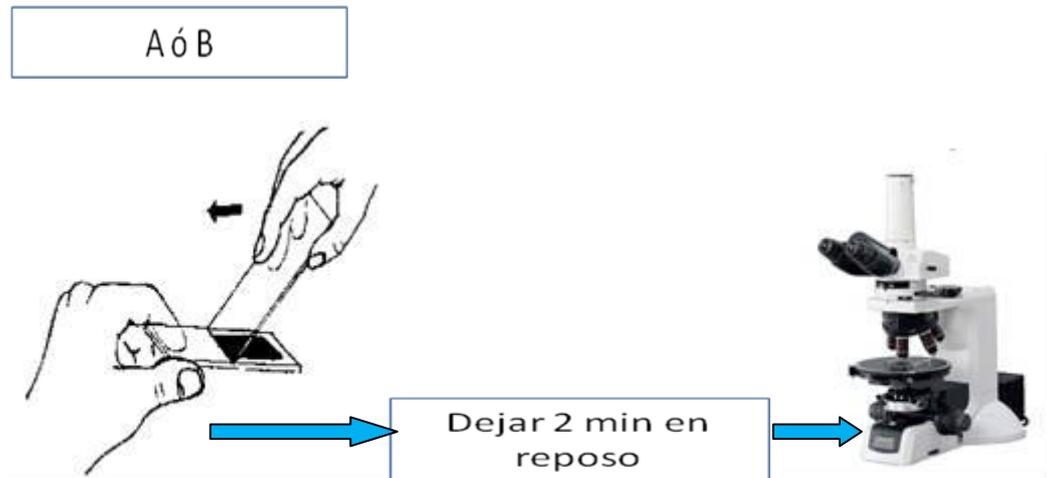


Figura 3. Esquema general de la observación microscópica del almidón de bananos. Las letras A indica agua destilada.

6.2 Pureza.

La pureza se determinó por diferencia: Se calculó en base seca, por sustracción del contenido de proteína, grasa y cenizas de 100 gr de muestra.

6.3 Color.

Para La determinación de este parámetro, se usó un equipo de colorimetría marca HUNTERLAB Color Flex, el cual se maneja a través de un software versión 410, la escala usada fue la CIELAB, con un observador de 10° y un iluminante D₆₅, se colocó cierta cantidad de muestra en el porta muestra del

equipo, previamente calibrado de acuerdo a las especificaciones del equipo y se midió el color, estas mediciones se realizaron en replicas de tres para cada una de las muestras.

Para evaluar el color, en los almidones, se determinaron los parámetros L^* , a^* y b^* . (Good, 2002).

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

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

Y Delta E (ΔE)

- A partir de los valores obtenidos de la escala CIEL a^* b^* se calculó la variación total entre muestras (ΔE), definido por la siguiente ecuación:

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

Donde:

L^* : Representa el índice de Luminosidad (100 = blanco y 0 = negro).

a^* : Índice de longitud de onda predominante, mide los colores de rojo (+)

a verde (-) y el 0 es neutro.

b*: Índice de longitud de onda predominante, mide los colores de amarillo (+) a azul (-) y 0 es neutro.

L*/b*: Indica el matiz del almidón, intensidad del color amarillo.

ΔE : Indica el cambio total del color, es decir, la variación total del color entre las muestras con una placa control de color blanco.

6.4 Acidez titulable y pH y Densidad.

Se determinaron mediante los métodos 02-31 y 02-52 descritos por la AACC, (1988). Se pesaron 2,5 gr de almidón de cada una de las muestras en un beaker de 250 ml, se añadieron 100 ml de agua destilada, recientemente hervida y enfriada a temperatura ambiente. Se agitó con una varilla de vidrio hasta obtener una suspensión homogénea, luego se dejó en reposo durante 30 minutos se agitó intermitentemente durante este período se procedió a decantar el sobrenadante en un beaker de 250 ml al transcurrir 10 minutos y se determinó el pH, sucesivamente se tituló el sobrenadante con una solución valorada de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio 0,01N y se utilizó como indicador fenolftaleína.

Cálculos

$$\text{Acidez (meq/g)} = \frac{A \times N}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

Peso de la muestra (g)

A= Volumen (ml) de la solución de álcali gastado en la titulación

N= Normalidad de la solución de álcali (meq/ml).

La densidad, se evaluó según Subramanian y Viswanathan, (2007)

VII. Características Funcionales.

7.1 Perfil amilográfico.

Técnica descrita por ACCC, 2003, No. 22-10. Su fundamentó es a través de la medida de los cambio de viscosidad en un viscosímetro Brabender. Este equipo se utiliza para medir los cambios de viscosidad que ocurren en la pasta de almidón durante su calentamiento progresivo en agua y posterior enfriamiento, este consiste en calentar la suspensión de almidón con agitación constante desde 30°C hasta 90°C o 95°C aumentando la temperatura a una velocidad de 1,5 °C para luego enfriar, disminuyendo la temperatura a la misma velocidad hasta 50°C manteniéndolo durante el mismo lapso de tiempo. Los valores de viscosidad registrada permiten caracterizar viscosidad propiedad de la suspensión durante el proceso de cocción y enfriamiento. (Moreno, 1997). Los perfiles se obtendrán con el Rapid ViscoAnalyser (RVA) a 7% de concentración. Los parámetros evaluados en las curvas serán: temperatura inicial de gelatinización (A), pico de viscosidad (B), viscosidad a 90 °C, 15 minutos) (E), viscosidad a 50 °C (F). La fragilidad de los gránulos de almidón (*Breakdown*) (B-E), tendencia a la retrogradación (*setback*) (F-B) y la consistencia (F-E), serán calculados de los diagramas correspondientes (Mazur, Schoch, y Kite (1957) y Merca y Juliano (1981)). Se procedió a pesar aproximadamente entre 10 y 13 gramos de almidón

de cada una de las muestras en una balanza analítica de 0,100 mg de apreciación, se midieron 100 ml de agua destilada para cada una de las muestras y se depositaron en una cápsula de aluminio que provee el equipo para realizar la prueba.

7.2. Determinación de Contenido de amilosa y Perfil de Gelatinización por Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC)

Se realizó siguiendo la metodología descrita por Mestres y Rouau, (1997). El ensayo fue llevado a cabo en un equipo Perkin Elmer DSC 7 (Perkin Elmer, Norwalk, CT) empleando cápsulas herméticas de acero inoxidable. En las cápsulas se colocaron entre 10 y 11 mg de los almidones (en base seca) y 50 µl de agua bidestilada. Cada día antes del inicio del ensayo, se corren dos líneas bases empleando para ello dos cápsulas: la cápsula de muestra y la cápsula de referencia ambas vacías, siguiendo las siguientes condiciones de proceso: calentamiento desde 25 a 140 °C a una razón de 10°C por minuto. Para la determinación de amilosa, se siguió el mismo procedimiento, en lugar de 50 µl de agua bidestilada, se usó una solución de fosfatidilcolina al 1% y amilosa pura como control.

7.3. Absorción de agua, sólidos solubles y poder de hinchamiento

Se realizó según la metodología descrita por González y Pérez, (2002).

Se pesó 4 gr de almidón en un balón y se añadió 200 ml de agua destilada. Se colocó el balón en un agitador magnético, junto con una manta de

calentamiento, ajustamos el termóstato para que la temperatura aumente 1,5°C/min

Se identifico y pesó los tubos de centrifuga, así como las cápsulas de porcelana, llevadas a peso constante. A intervalos de 5°C entre 60 °C y 95°C, se tomaron alícuotas de 10 ml de la suspensión y se colocaron en los tubos de centrifuga. Se dejó enfriar en agua corriente, los tubos se secaron con papel de seda y se procedió a pesar (A), se centrifugo a 12000 x g durante 20 minutos, en una centrifuga con cabezal en ángulo. Se decantó el líquido sobrenadante de cada uno de los tubos y se colocó en cápsulas taradas, para evaporar a sequedad hasta que no haya humedad visible y después se colocó en una estufa a 60°C durante 16 horas, sucesivamente se dejó enfriar en un desecador a vacio y se procedió a pesar (b). Pesar asimismo, el sedimento dejado en el tubo (a).

Cálculos.

$$W_1 = \frac{\text{Peso (g) almidón (b.s.)}}{\text{Peso (g) almidón (b.h.)} + 200} \times 100$$

$$W_2 = \frac{A \times W_1}{100}$$

$$W_3 = W_2 - b$$

$$\text{S.S.} = \text{Sólidos Solubles (g/g almidón)} = \frac{b}{W_2}$$

$$\%S.S.= \% \text{ sólidos solubles} = \frac{b}{W_2} \times 100$$

$$A.A.= \text{Absorción de agua} = \frac{a - W_3}{W_3}$$

$$PH= \text{Poder de hinchamiento} = \frac{a \times 100}{W_2 - (100 - \%S.S.)}$$

7.5. Consistencia de gel

Este parámetro se evaluó según el método descrito por (Cagampang y col., 1973).

Se pesó 100 mg de muestra (60mesh – 12% humedad) y se colocó en un tubo de ensayo de 13 x 100mm (Pirex N° 9820). Se agregó 0,1 ml del reactivo etanol - azul de timol (etanol al 95% y azul de timol al 0,025%) y 1 ml de hidróxido de potasio 0,2N. Se agitó en un vórtex (velocidad 6 por 2 segundos). Se cubrió el tubo con una metra y se calentó en un baño de agua hirviente por 8 minutos. Se removió del baño y se dejó en reposo durante 5 minutos. Se enfrió en un baño de hielo por 15 minutos. Se colocó el tubo en forma horizontal sobre papel milimetrado y se dejó en reposo por 30 minutos. Luego de este tiempo se observó la distancia recorrida para cada una de las muestras.

VIII. Formulación de un alimento tipo pudín.

Se procedió a estudiar distintas marcas de mezclas comerciales para elaborar pudín, con el fin de desarrollar la formulación más idónea, se escogió como patrón la formulación que más se repite en las distintas marcas comerciales.

Se escogió la formulación propuesta por (Andrade, 2007), ya que solo se quería constatar si efectivamente era probable elaborar un pudín. Para eso, se realizó dos pruebas sensoriales ambas afectivas tipo aceptación global, con un grupo de 30 evaluadores no entrenados, con edades comprendidas entre 18-60 años, la escala que se utilizó para evaluar fue hedónica que va del 1-9 (ver anexos)

La primera prueba afectiva consistió en elegir uno de los cuatro pudines elaborados con los almidones de bananos codificados con el número 861, 026, 810 y 602, que correspondía a la variedad 072, 016, 067 y 014, respectivamente. Y la segunda prueba afectiva se comparó el pudín de marca comercial con el elegido en la primera parte.

8.1 Análisis de los parámetros de calidad del pudín.

A la formulación escogida por los panelistas se le determinó: humedad, pH, y acidez mediante las Normas Covenin N° 1553-80, 1315-79 y 1787-81. El color por el método descrito por Hunter (2001), usando el colorímetro Macbeth Color-eye 2445 calibrado con la placa blanca estándar.

8.2 Consistencia.

Se determinó utilizando la metodología; descrita por la Norma Covenin N° 2005-83, mediante el uso del consistómetro Bostwick.

8.3. Sinéresis.

Una vez realizado el pudín se refrigeró por 24 horas a fin de observar la separación de las fases (Sólido/agua), si es que existe.

IX. Análisis estadísticos.

Los resultados de las 21 variedades de almidón de bananos son el producto de tres replicas y se evaluó estadísticamente usando el paquete estadístico Statgraphics Vs. 5.1 (1992, Graphic Software Systems Inc., USA) para establecer si existía diferencia significativas entre las muestra se realizo una prueba de análisis de varianza de una vía, en el caso donde mostró diferencia $p \leq 0,05$ se realizó el test de Tukey's para establecer cual de las muestras son diferentes (Crowl, 1993).

En el caso de las pruebas sensoriales, se realizó en la primera parte un análisis de varianza de una sola vía y en la segunda parte un t-student.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Composición Proximal.

Humedad.

En la Tabla N° 2, se muestran los datos comparativos de la composición proximal del almidón extraído de 21 de los clones de musáceas que se evaluaron en este estudio. En la Tabla se reportan porcentajes de humedad que varían desde $9,09\% \pm 0,313$ hasta $14,53\% \pm 0,265$. Al realizar el análisis por ANOVA se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre la media de humedad de cada uno de los clones. La humedad de los almidones es dependiente de la humedad relativa de la atmósfera en la cual se almacenan y la humedad de equilibrio de los mismos depende del tipo de almidón.

Sobre condiciones atmosféricas normales, muchos almidones comerciales nativos contienen entre 10 y 20 % de humedad (p/p) (Swinkels, 1985), según Thomas y col., 1999, la humedad en almidones típicamente se equilibra al alcanzar 12%. Estos valores de humedad son los adecuados para lograr que el producto tenga un mayor y estable período de almacenamiento, ya que a estos valores el desarrollo microbiano es muy lento (Jay, 1996). Radley, en (1976), reporta valores de humedad, para almidón de batata de 18,5% Nuñez y col., en el (2004) reportan valores de humedad de 9,9% para almidón de *Musa paradisiaca*, mientras que Bello y col., (1999) obtuvieron valores de 12,9% y 11,1% para las variedades de almidón “macho” y “criollo”, respectivamente. Pérez, en 1997,

reportó 9,87% de humedad para el almidón de *Musa paradisiaca normalis*. Como se observa en la Tabla 2, algunos valores están por encima que reportan estos autores.

Proteínas.

El contenido de proteínas es muy bajo en todas las muestras evaluadas en este estudio (Tabla 2) variando de 0,001% hasta 0,045%, Nwokocho., en el (2008), reportó valores de proteínas de 0,040% y 0,325% para el almidón de banano de color blanco y amarillo respectivamente y Pérez, en (1997), no detectó proteínas en el almidón de *Musa paradisiaca normalis*. Cantidades muy bajas de proteínas en los almidones son de gran utilidad para elaborar productos alimenticios destinados a personas con dietas especiales, como lo son las personas fenilcetonúricos, que no pueden degradar la fenilalanina por ausencia de la enzima, o para aquellas que sufran de la enfermedad Kdney (Dzomeku y col., 2007 a). El análisis por ANOVA determinó que los clones son estadísticamente significativos $p \leq 0,05$ para este parámetro.

Grasa

El contenido de grasa osciló entre $0,162 \% \pm 0,018$ y $1,077\% \pm 0,0115$, Bello y col., en el (2000) reportaron valores de 0,42 % de grasa, igual que Pérez, (1996). El almidón extraído de los clones HH12 y 020 presentaron los valores más altos de contenido de grasa de este grupo de clones evaluados. La cantidad de grasa en los almidones de bananos es de gran importancia tecnológica y nutricional, debido almidón complejo lípido-amilosa presente en el almidón, los

hace resistente a la amilolisis (Asp y Bijocck, 1992). El análisis de ANOVA demostró que existía diferencia significativa entre las medias de grasa de cada uno de los clones, ya que el valor-*P* de la prueba-F es menor que 0,05.

Cenizas.

El contenido de cenizas en el almidón permite inferir sobre el contenido de minerales en el mismo, Kayisu y col., (1981) y Lii y col., (1982) indicaron que los valores de cenizas en los almidones que ellos evaluaron estaban comprendidos entre 0,43% y 1,3% para el almidón de bananas de la variedad Valery y el almidón de bananas del subgrupo Cavendish, respectivamente. En este estudio, se reportan valores que se encuentran entre 0,088% y 1,614%. Bello y col., (2001) reportó 0.25% de cenizas en el almidón de banano, mientras que Bello y col., en (1999) obtuvo 1,3% y 0,43% de cenizas, en la variedad de macho y criollo, respectivamente. El contenido de cenizas de los 21 tipos de almidones está dentro del intervalo que reportan estos autores. Se presume que un contenido alto de potasio sea el responsable de tener altos porcentajes de cenizas (Bello y col., 1999). Altos contenidos de cenizas le imparte al almidón valor nutricional. Al realizar el análisis de ANOVA encontramos que existe diferencia significativa para las medias de cenizas de cada clon, el valor-*P* es menor que 0,05%.

Pureza total.

Los valores de pureza obtenidos en los 21 tipos de almidones evaluados oscilaron entre 97,42% y 99,81%. Bello y col., en el (2001) reportaron valores de 97,20 de pureza. Al realizar el ANOVA se encontró que existe una diferencia

estadísticamente significativa, el valor de $p \leq 0,05$. La diferencia encontrada en cuanto a la pureza pudiera deberse a la variedad de bananos utilizados en el proceso de extracción (Flores y col., 2004), o también en el método de extracción, pero en general tuvieron altos porcentaje de pureza.

Tabla 2. Composición proximal y pureza del almidón extraído de 21 clones de musáceas del banco de germoplasma del INIA.

Clones	Genótipo	Humedad %	Proteínas %	Grasa %	Cenizas %	Pureza total%
HH8	AAA	13,32 ± 0,07 ^a	0,0045 ± 0,00a	0,33 ± 0,00a	1,23 ± 0,05a	98,58 ± 0,08a
HH12	AA	14,35 ± 0,07 ^b	0,0032 ± 0,00b	0,99 ± 0,03b	0,15 ± 0,04b	99,47 ± 0,01b
HH22	AAA	10,77 ± 0,00 ^c	0,0010 ± 0,00c	0,23 ± 0,00a	1,61 ± 0,07a	97,42 ± 0,00c
007	AAA	11,25 ± 0,09 ^c	0,0014 ± 0,00e	0,35 ± 0,14 ^a	1,23 ± 0,05b	99,43 ± 0,01b
010	AA	14,54 ± 0,27 ^b	0,0017 ± 0,00d	0,33 ± 0,17 ^a	0,37 ± 0,04b	99,26 ± 0,08b
012	AAAA	13,12 ± 0,24 ^a	0,0005 ± 0,00c	0,22 ± 0,05 ^a	0,10 ± 0,02b	99,58 ± 0,16b
014	AAA	13,50 ± 0,26 ^a	0,0014 ± 0,00e	0,21 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,02b	99,35 ± 0,05b
016	AAA	12,90 ± 0,14 ^a	0,001 ± 0,00c	0,34 ± 0,11 ^a	0,34 ± 0,11b	99,71 ± 0,02b
017	AAA	14,30 ± 0,13 ^b	0,0024 ± 0,00f	0,61 ± 0,00c	0,90 ± 0,05a	98,77 ± 0,18a
019	AAA	11,70 ± 0,16 ^c	0,0012 ± 0,00e	0,69 ± 0,08c	0,14 ± 0,00b	99,18 ± 0,08b
020	AAA	13,25 ± 0,22 ^a	0,0025 ± 0,00f	1,08 ± 0,01b	0,88 ± 0,00a	98,05 ± 0,02d
023	AAA	9,09 ± 0,313 ^d	0,0014 ± 0,00e	0,09 ± 0,05 ^a	0,09 ± 0,01b	99,81 ± 0,06b
028	AAA	8,98 ± 0,30 ^d	0,0015 ± 0,00e	0,17 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,03b	99,60 ± 0,02b
040	AAA	9,59 ± 0,73 ^d	0,0015 ± 0,00e	0,33 ± 0,05 ^a	1,29 ± 1,79a	98,38 ± 1,74a
067	ABB	12,66 ± 0,06 ^a	0,0002 ± 0,00c	0,42 ± 0,13 ^a	0,22 ± 0,06b	99,34 ± 0,19b
068	ABB	11,09 ± 0,14 ^c	0,0001 ± 0,00c	0,39 ± 0,11 ^a	0,35 ± 0,02b	99,27 ± 0,14
072	AA	13,66 ± 0,72 ^a	0,0007 ± 0,00d	0,73 ± 0,06c	0,13 ± 0,01b	99,14 ± 0,08b
077	ABB	13,09 ± 0,09 ^a	0,001 ± 0,00d	0,29 ± 0,22 ^a	0,65 ± 0,12a	99,04 ± 0,39b
080	AAA	9,16 ± 0,52 ^d	0,0015 ± 0,0f	0,33 ± 0,05 ^a	0,21 ± 0,05b	99,41 ± 0,00b
092	ABB	12,53 ± 0,44 ^a	0,0011 ± 0,00d	0,16 ± 0,02 ^a	0,23 ± 0,02b	99,60 ± 0,01b
107	ABB	9,78 ± 0,214 ^f	0,0007 ± 0,00c	0,23 ± 0,19 ^a	0,40 ± 0,05b	99,39 ± 0,21b

Valores con en las columnas estadísticamente $P \leq 0,05$.

letras distintas son diferentes

Características Físicos-químicas.

pH y Acidez titulable.

La Tabla N° 3, resume las características físicas y físico-químicas del almidón extraído de 21 clones de bananos. El pH varió entre 3,29 y 6,24. Por otra parte al realizar el ANOVA, los datos demostraron que existía diferencia significativa entre ellos, ya que el valor-*P* es menor a 0,05. Pérez, en (1997) reportó un pH de 6,7 para almidón de banana. El pH de acuerdo a Nielsen, (1998), es una medida matemática de los iones hidronios presentes indicando la acidez en un alimento

En esa misma Tabla se puede observar que los valores de acidez no son muy similares y están por debajo de los valores que reporta Coulibaly, (2007) donde la acidez titulable varió entre 4,7 a 6,9 meq/100mg en muestras de híbridos de bananos (CRBP14, CRBP39, FHIA17 y FHIA21 y variedad Orishele). El Anova señala que las medias de acidez de los clones son estadísticamente significativas, ($p \leq 0,05$). La acidez titulable determina la concentración de ácidos presentes en un alimento. Conocer el pH y la acidez en los almidones es de suma importancia, ya que además de tipificar el producto, determina los cambios en el producto debido a las condiciones del procesamiento o almacenamiento (fermentación) permitiendo detectar alteraciones en estos (Pérez, 1989 y Moreno, 1997).

Densidad.

Smith, en (1987) define a la densidad de acuerdo al origen botánico del almidón. Así mismo Hibi y col, (1993) indicaron que la densidad es afectada por

el contenido de humedad del almidón. En la Tabla N°3 se reporta la densidad sin compactar (SC) y compactada (CP), la cual estuvo alrededor de 0,214-0,568 gr/ml y 0,332-0,813 gr/ml respectivamente. Los datos muestran que hay un ligero aumento de la densidad CP comparada con la SC. La densidad relativa analizada como CP y SC están relacionados con la morfometría del gránulo; es decir, tamaño y forma del mismo. Obviamente, la densidad SC está estrechamente vinculada con la morfometría, debido a que al no compactarse la muestra quedan muchos poros de aire debido a la simetría y tamaño del granulo, por lo que la densidad sin compactar aumentará. Por otra parte, Pérez, en (1994) y Pacheco y col, en (2008) indican que la densidad relativa es un parámetro importante al considerar el transporte y el almacenamiento del almidón, además del dimensionamiento de los silos. El análisis de ANOVA mostró que las medias de la densidad de cada clon, son estadísticamente diferentes el valor de $p \leq 0,05$.

Tabla 3. Propiedades físico químicas del almidón extraído de 21 clones de musáceas del banco de germoplasma del INIA.

Clones	Genómio	pH	Acidez (meq/ml)	Densidad SC (gr/ml)	Densidad CP (gr/ml)
HH8	AAA	4,54 ± 0,03a	3,99E-04 ± 0,0b	0,22 ± 0,01e	0,34 ± 0,00a
HH12	AA	3,30 ± 0,02b	0,025 ± 0,00d	0,28 ± 0,00b	0,33 ± 0,33b
HH22	AAA	4,69 ± 0,03a	6,61E-04 ± 0,00b	0,31 ± 0,01b	0,41 ± 0,00a
007	AAA	4,953 ± 0,10a	7,98E-04 ± 0,00b	0,31 ± 0,02c	0,42 ± 0,00a
010	AA	5,51 ± 0,73a	4,02E-04 ± 0,00b	0,39 ± 0,00c	0,39 ± 0,01a
012	AAAA	4,27 ± 0,05a	5,29E-04 ± 0,00b	0,29 ± 0,01d	0,41 ± 0,01a
014	AAA	6,25 ± 0,20c	3,91E-04 ± 0,00b	0,27 ± 0,01a	0,35 ± 0,04c
016	AAA	5,51 ± 0,12a	5,22E-04 ± 0,00b	0,28 ± 0,00b	0,41 ± 0,00a
017	AAA	4,59 ± 0,08a	5,31E-04 ± 0,00b	0,31 ± 0,00c	0,42 ± 0,00a
019	AAA	4,56 ± 0,03a	4,0E-04 ± 0,00b	0,27 ± 0,01b	0,39 ± 0,02a
020	AAA	4,25 ± 1,17a	0,0205 ± 0,00c	0,30 ± 0,00c	0,43 ± 0,01b
023	AAA	4,59 ± 0,02a	5,33E-04 ± 0,00b	0,32 ± 0,00c	0,38 ± 0,00a
028	AAA	4,11 ± 1,29a	2,12E-04 ± 0,00a	0,31 ± 0,01c	0,44 ± 0,00a
040	AAA	4,92 ± 0,05a	5,32E-04 ± 0,00b	0,28 ± 0,00b	0,34 ± 0,00a
067	ABB	5,68 ± 0,05c	5,31E-04 ± 0,00b	0,34 ± 0,01c	0,45 ± 0,00a
068	ABB	5,67 ± 0,27c	6,61E-04 ± 0,00b	0,31 ± 0,01c	0,44 ± 0,00a
072	AA	4,78 ± 0,03a	3,99E-04 ± 0,00b	0,30 ± 0,02c	0,41 ± 0,01a
077	ABB	6,06 ± 0,05c	4,10E-04 ± 0,00b	0,31 ± 0,01c	0,43 ± 0,00a
080	AAA	4,57 ± 0,01a	5,32E-04 ± 0,00b	0,28 ± 0,00b	0,38 ± 0,01a
092	ABB	4,6 ± 0,03 ^a	5,28E-04 ± 0,00b	0,57 ± 0,01f	0,81 ± 0,01a
107	ABB	5,73 ± 0,19c	3,99E-04 ± 0,00b	0,32 ± 0,00c	0,39 ± 0,03a

Valores con letra distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P \leq 0,05$.

Color.

El color, específicamente el índice de blancura, es un parámetro físico importante de calidad en los almidones. En la Tabla N°4 se aprecia el comportamiento del color del almidón extraído de los 21 clones de bananos. Good, en (2002), define al parámetro L^* como la luminosidad, donde el valor 100 representa al blanco, mientras que el cero representa el color negro. El parámetro a^* lo relaciona al matiz rojo o verde, en donde los valores positivos representan al rojo, los negativos al verde y el cero es neutro. El autor señala que el parámetro b^* refleja el matiz amarillo y azul, siendo los valores positivos muestran al color amarillo y los negativos, el azul, siendo el cero neutro. Los valores de L^* en las muestras estudiadas están dentro de un rango que varía desde 74,12 hasta 86,4, indicando que los almidones son de color blanco. Sin embargo, para a^* los valores son positivos con un mínimo de 2,72 y un máximo de 5,99, lo que indica un matiz rojizo en todos los almidones. Por último se tiene, que para b^* , los valores mostrados en la Tabla N° 4 son positivos reflejando un matiz amarillo. Los almidones de *Musáceas* estudiados reflejaron valores bajos para el parámetro L^*/b^* indicando, que este almidones posee un matiz amarillo. El ANOVA arrojó que los parámetros L^* , a^* , b^* y L^*/b^* son estadísticamente diferentes entre ellos, puesto que el valor $p \leq 0,05$ para cada uno de ellos.

El parámetro ΔE indica el cambio de color de la muestra analizada con respecto a la placa blanca usada como control: los valores para este parámetro oscilaron entre 11,38 y 23,22 los almidones son blancos o están cercanos al blanco total. Por otra parte, el índice de blancura estuvo alrededor de 68,419 y

83,925, indicando que están muy cercanos al blanco: sin embargo, algunos de estos almidones son menos blancos, apreciándose a la vista colores cremas, lo que puede deberse a la presencia de ciertos pigmentos. Esto se corrobora con los valores obtenidos para a^* y b^* . El análisis de ANOVA mostró que estos dos parámetros son estadísticamente diferentes las media de cada parámetros son diferentes $P \leq 0,05$ respectivamente. Pérez, en (1996) reportó valores de L^* : 80,00, a^* : 1,3 y b^* :13,2 para el almidón de *Musa paradisiaca normalis*, concordando que los almidones son claros, reflejan matices rojo y amarillos. Se infiere que los causantes de reflejar esos matices en las 21 muestras son los pigmentos tales como, carotenoides y/o antocianos, los cuales absorben a la longitud de onda del color amarillo y rojo reflejando los matices mencionados anteriormente. Andrade, en (2007) indica que el color, es un atributo de gran importancia en los alimentos, ya que a través del mismo se puede saber que tan eficiente fue, el proceso de extracción con el fin de identificar la presencia de otras sustancias (fibras, azúcares, pigmentos).

Tabla 4. Parámetro de color para el almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.

Clones	Genómio	L*	a*	b*	ΔE	IB	L*/b*
HH8	AAA	76,23 ± 0,01 ^a	4,68 ± 0,01 ^a	12,26 ± 0,02 ^a	21,35±0,50 ^a	72,85 ± 0,02 ^a	6,22 ± 0,01 ^a
HH12	AA	83,29 ± 0,02 ^b	4,15 ± 0,00 ^b	13,52 ± 0,01 ^b	17,68±0,01 ^b	78,11 ± 0,02 ^b	6,16 ± 0,0 ^b
HH22	AAA	85,14 ± 0,03 ^b	2,88 ± 0,02 ^c	8,72 ± 0,03 ^c	12,66± 0,01 ^c	82,53 ± 0,01 ^c	9,76± 0,03 ^c
007	AAA	79,15 ± 0,03 ^c	4,13 ± 0,01 ^b	13,18 ± 0,03 ^d	20,13±0,04 ^d	74,99 ± 0,04 ^d	6,00 ± 0,02 ^d
010	AA	76,29 ± 0,01 ^d	3,73 ± 0,0 ^d	11,11 ± 0,01 ^e	21,02±0,01 ^e	73,55 ± 0,00 ^e	6,87 ± 0,0 ^e
012	AAAA	86,4 ± 0,02 ^b	2,69 ± 0,01 ^e	8,13 ± 0,02 ^d	11,38±0,03 ^f	83,93 ± 0,02 ^c	10,62 ± 0,02 ^c
014	AAA	76,1 ± 0,01 ^e	4,79 ± 0,01 ^f	14,28 ± 0,03 ^f	22,22±0,02 ^g	71,75 ± 0,02 ^f	5,33 ± 0,01 ^f
016	AAA	82,75 ± 0,04 ^f	3,36 ± 0,01 ^g	10,28 ± 0,01 ^g	15,48±0,03 ^h	79,64 ± 0,03 ^c	8,05 ± 0,01 ^g
017	AAA	82,44 ± 0,02 ^h	5,49 ± 0,01 ^h	15,05 ± 0,02 ^d	19,73±0,02 ⁱ	76,23 ± 0,02 ^g	5,48 ± 0,01 ^h
019	AAA	78,38 ± 0,00 ^g	4,09 ± 0,02 ⁱ	11,19 ± 0,03 ^h	19,47±0,02 ^j	75,31 ± 0,02 ^h	7,00 ± 0,02 ⁱ
020	AAA	82,73 ± 0,02 ^f	4,13 ± 0,02 ^b	11,52 ± 0,02 ⁱ	16,55±0,03 ^k	78,83 ± 0,03 ⁱ	7,18 ± 0,01 ^j
023	AAA	78,35 ± 0,01 ^g	5,18 ± 0,01 ^j	15,36 ± 0,04 ^d	22,41±0,03 ^l	72,96 ± 0,02 ^j	5,10 ± 0,01 ^k
028	AAA	79,95 ± 0,01 ⁱ	3,97 ± 0,02 ^k	12,76 ± 0,03 ^j	19,25±0,03 ^m	75,90 ± 0,02 ^h	6,26 ± 0,02 ^l
040	AAA	80,72 ± 0,06 ^j	4,63 ± 0,02 ^l	13,00 ± 0,02 ^k	19,05±0,05 ⁿ	76,29 ± 0,06 ^k	6,21 ± 0,01 ^a
067	ABB	83,14 ± 0,05 ^k	4,42 ± 0,01 ^m	11,77 ± 0,05 ^l	16,55±0,07 ^k	78,97 ± 0,07 ^l	7,06 ± 0,03 ^m
068	ABB	76,75 ± 0,04 ^l	2,72 ± 0,04 ^e	12,01 ± 0,01 ^m	20,94±0,03 ^e	73,69 ± 0,03 ^m	6,39 ± 0,00 ⁿ
072	AA	82,2 ± 0,01 ^m	3,18 ± 0,01 ⁿ	9,81 ± 0,01 ^{n̄}	15,51±0,01 ^h	79,43 ± 0,01 ^c	8,38 ± 0,010 ^c
077	ABB	74,3 ± 0,02 ⁿ	5,92 ± 0,03 ^{n̄}	14,85 ± 0,06 ^o	25,22±0,05 ^{n̄}	69,73 ± 0,05 ⁿ	5,00 ± 0,02 ^{n̄}
080	AAA	74,12 ± 0,01 ^b	5,99 ± 0,01 ^o	17,08 ± 0,00 ^d	26,74±0,00 ^o	68,42 ± 0,01 ^c	4,34 ± 0,00 ^c
092	ABB	83,05 ± 0,01 ^{n̄}	4,06 ± 0,01 ^p	11,89 ± 0,01 ^p	16,59±0,01 ^k	78,90 ± 0,01 ^{n̄}	6,98 ± 0,00 ⁱ
107	ABB	76,41 ± 0,00 ^o	2,07 ± 0,00 ^q	11,87 ± 0,03 ^p	21,04±0,02 ^e	73,51 ± 0,01 ^e	6,44 ± 0,02 ^o

Valores con letras distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P < 0,05$.

Características Físicas-Químicas y Funcionales.

Una de las características fundamentales en los almidones nativos, es la fuente botánica de procedencia que determina el tamaño y la distribución de los gránulos y la estructura molecular, estas influyen en las propiedades físicas y funcionales. Estas propiedades intervienen en la utilidad del almidón en el alimento o en otras aplicaciones industriales. Wang y White, (1994) señalan, que antes de determinar el posible uso potencial de los almidones, es necesario identificar las propiedades de gelatinización, retrogradación, absorción de agua, solubilidad, poder de hinchamiento, entre otras, la cual nos va a proporcionar una idea de su potencialidad.

Morfología y tamaño del almidón.

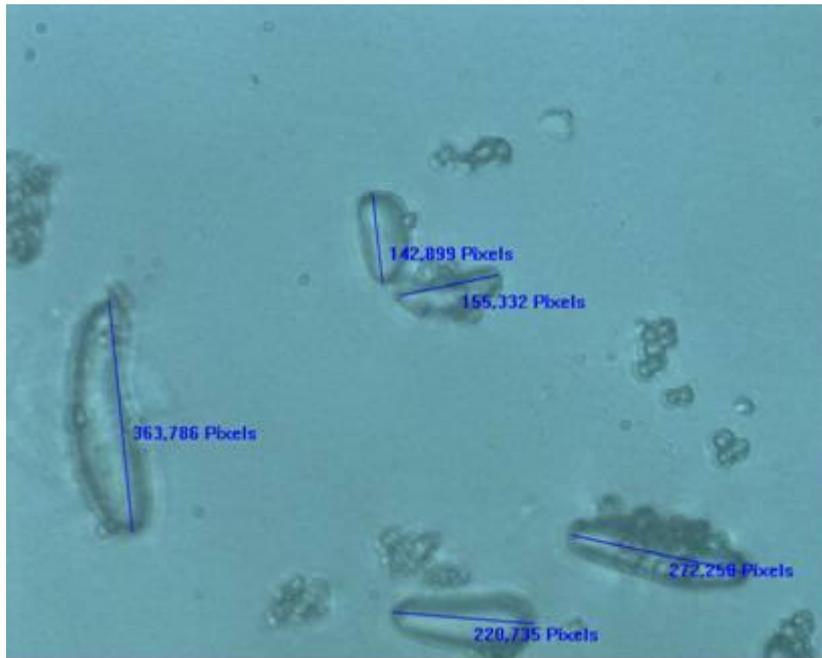
Las micrografías 1 a 21 muestran la morfometría de los gránulos del almidón extraído de los 21 clones de musáceas. Como se observa, en las mismas predominan las formas redondas, alargadas e irregulares. En la micrografía 8, se observan gránulos fragmentados. Además se percibe en la micrografías 6,10, 12 y 11 que los gránulos de almidón se presentan en una forma con cierto grado de curvatura. También en algunos casos; tal como se observa en la micrografía 1, 8, 10 y 16, hay mayor cantidad de gránulos de menor tamaño que en el resto de las micrografías el tamaño es casi constante.

Con respecto al tamaño de los gránulos de almidón, en la Tabla N°5 se detalla los tamaños obtenidos para los 21 clones de musáceas y su longitud osciló

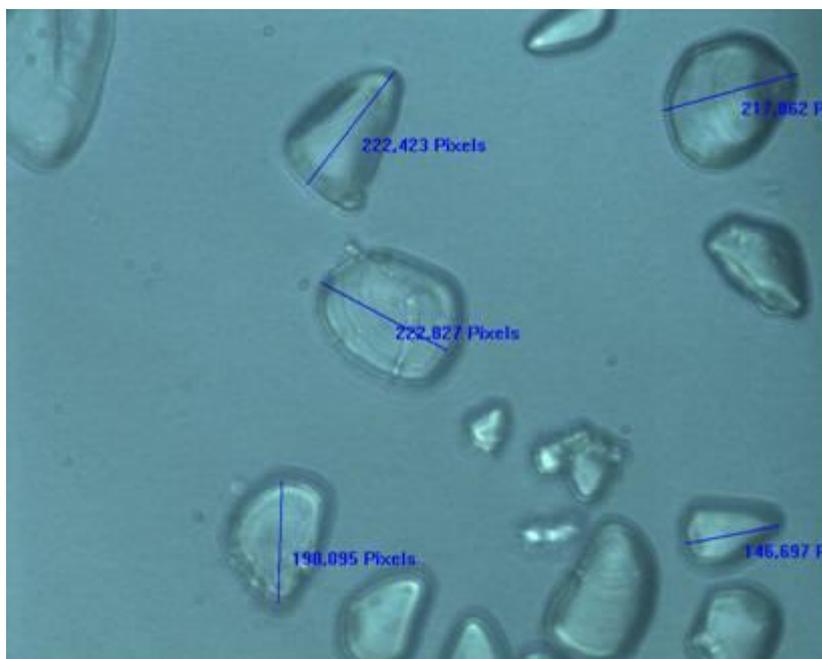
entre 14,44-26,710 μm . El Anova mostró que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de longitud para cada uno de los clones ($p \leq 0,05$).

Kayisu y col., (1981) observaron, mediante microscopía electrónica de barrido, gránulos de almidón de banana de la variedad Valery. Estos autores reportaron formas irregulares, entre las que predominan las esferoidales y los óvalos alargados con protuberancias. El tamaño de los gránulos esferoidales, varió entre 15 y 40 μm , y para los alargados osciló entre 7 y 25 μm de ancho por 20 a 50 μm de largo, mientras que Pérez (1997) y Waliszewski y col., (2003), utilizando la misma técnica que los autores antes mencionado también señalaron la morfometría. Pérez encontró un rango de tamaño entre 10 y 50 μm y Waliszewski y col., indicaron tamaños de 14 a 88 μm de ancho por 21 a 108 μm de largo. Los datos proporcionados por microscopía óptica, están dentro del rango establecido para los bananos. En este estudio se encontró una relación entre la longitud de los gránulos de almidones y su genomio, los almidones con genomio ABB son de mayor tamaño que el resto de los demás, clasificando por tamaño de mayor a menor se tiene que ABB > AAA > AAA > AA.

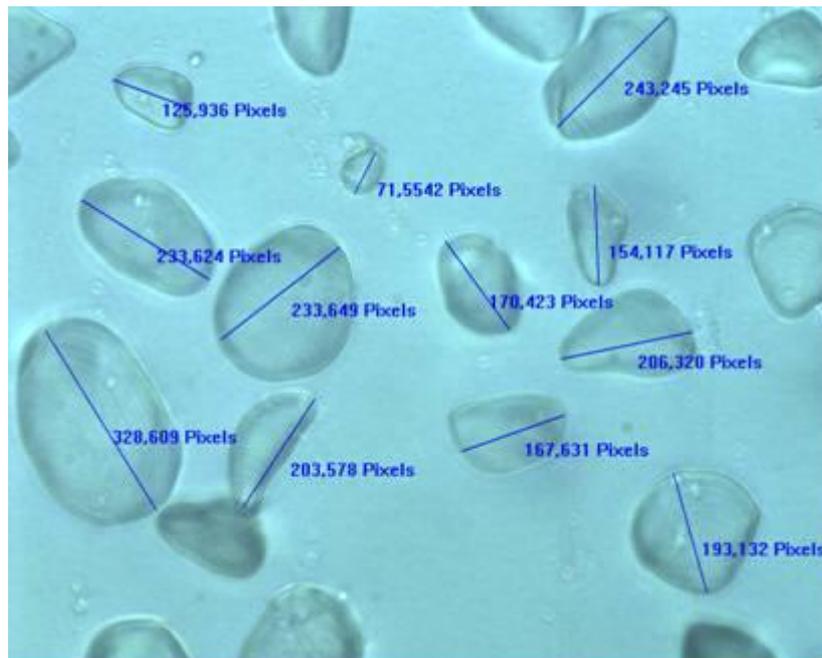
Niba y col., (2001) señalan que la forma de los gránulos de almidón es un indicador de su origen, es decir de la fuente del almidón, por lo tanto, puede ser utilizado como un parámetro de calidad para la identificación de alteraciones en un almidón, por ejemplo; una modificación química o física



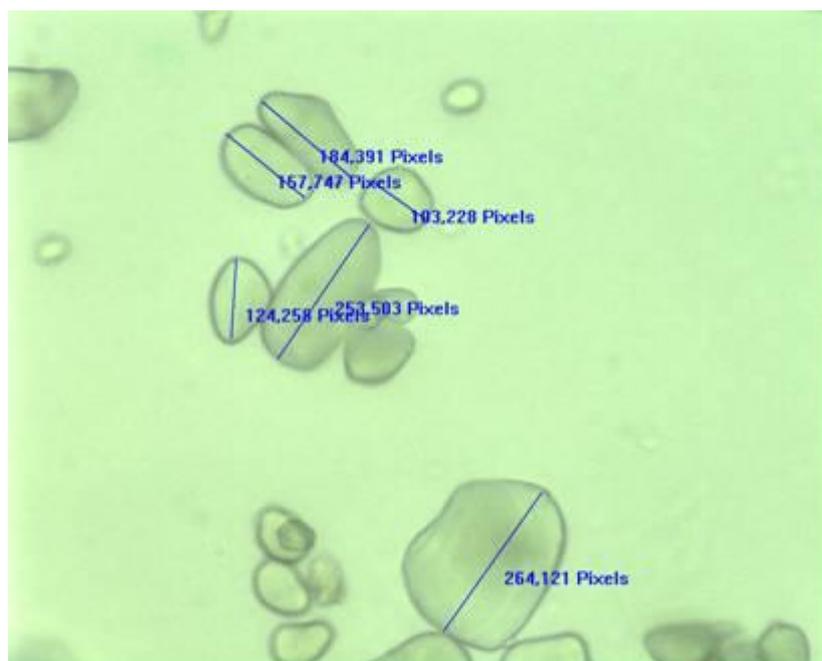
Micrografía 1 de almidón de musáceas clon HH8.



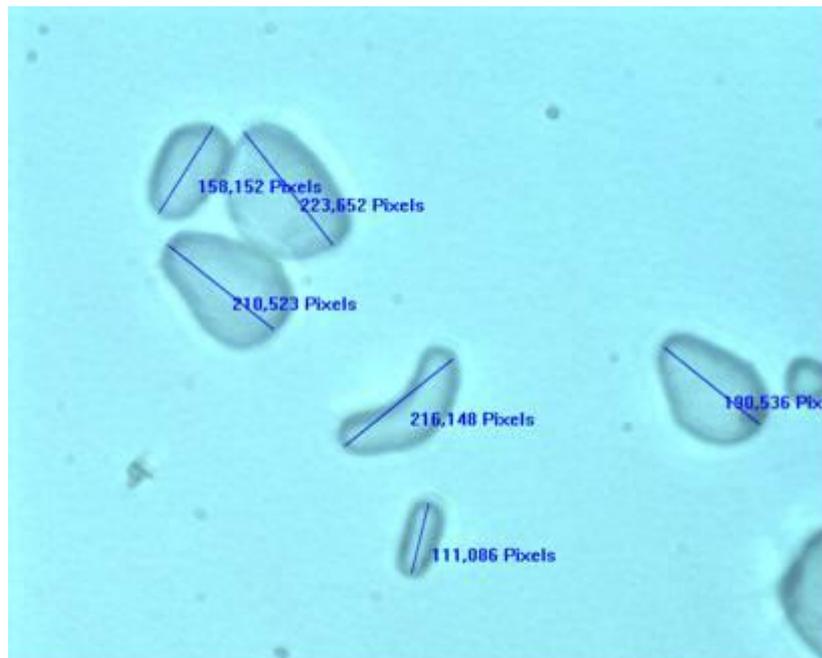
Micrografía 2 de almidón de musáceas clon HH12



Micrografía 3 de almidón de musáceas del clon HH22.



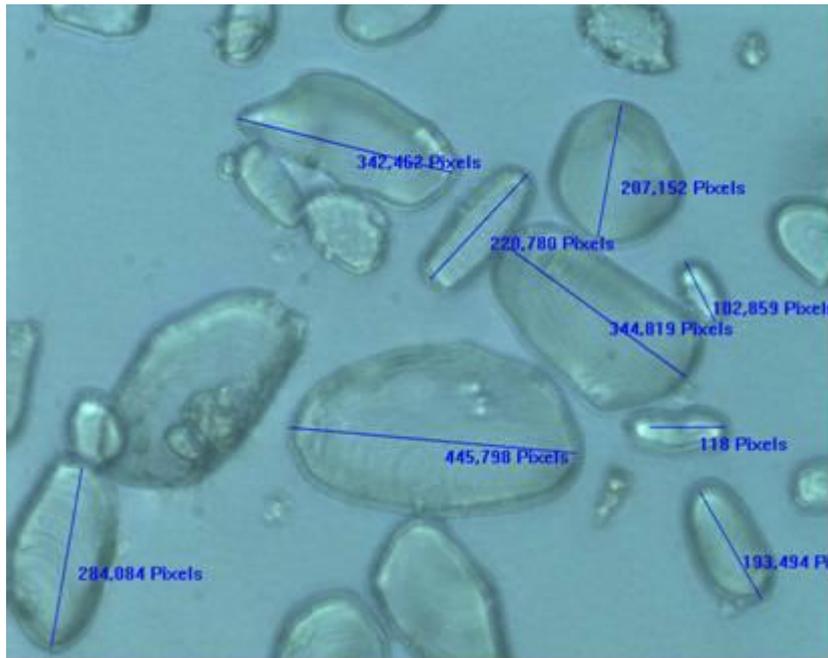
Micrografía 4 de almidón de musáceas clon 007.



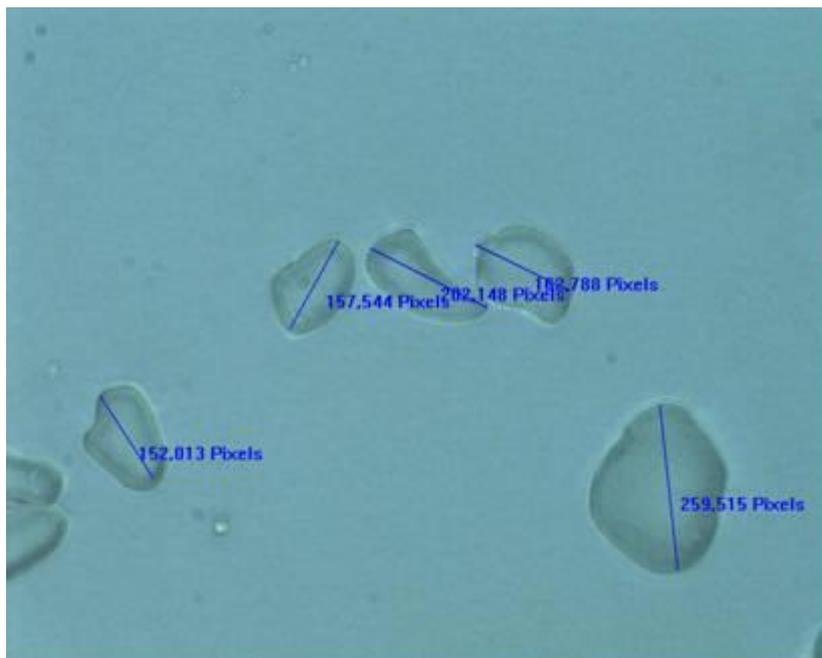
Micrografía 5 de almidón de musáceas clon 010.



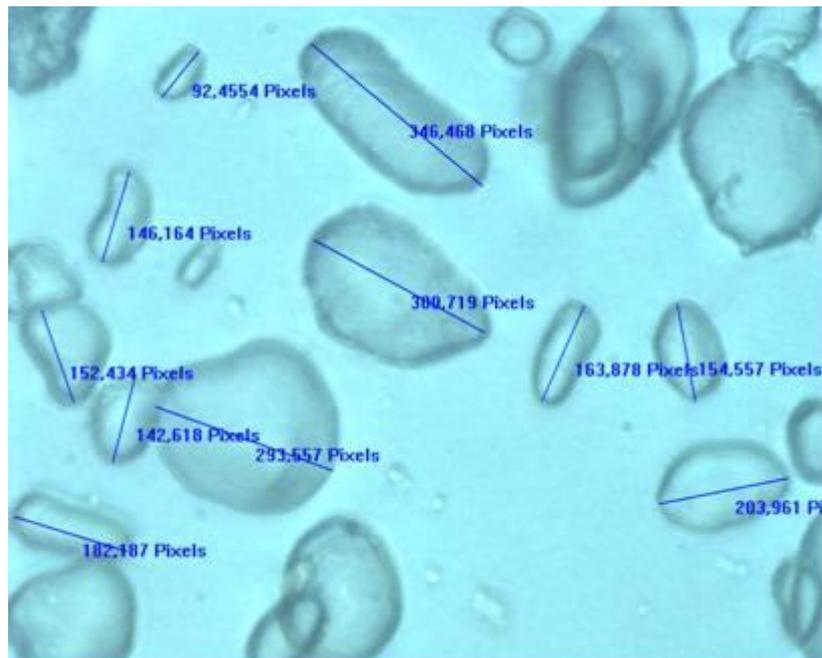
Micrografía 6 de almidón de musáceas clon 012.



Micrografía 7 de almidón de musáceas clon 014.



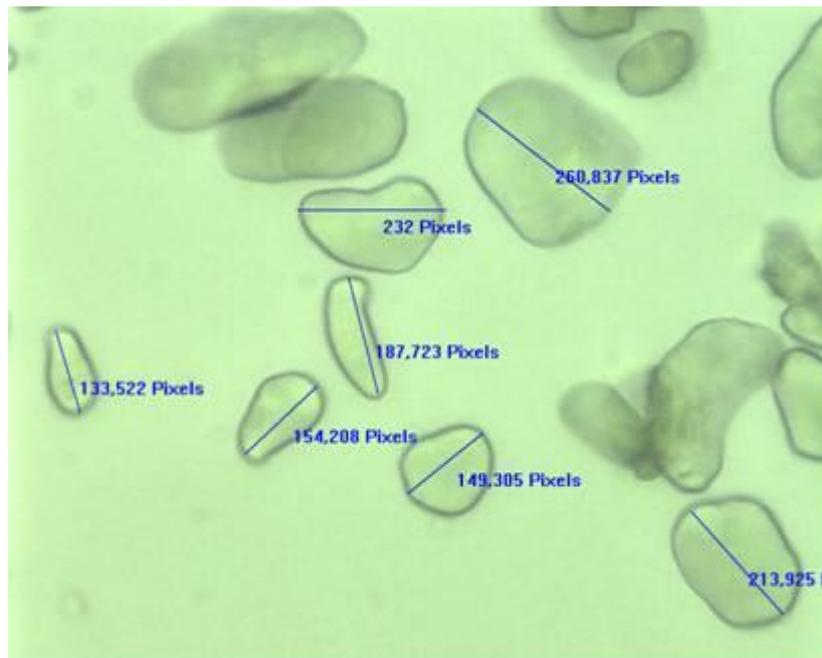
Micrografía 8 de almidón de musáceas clon 016.



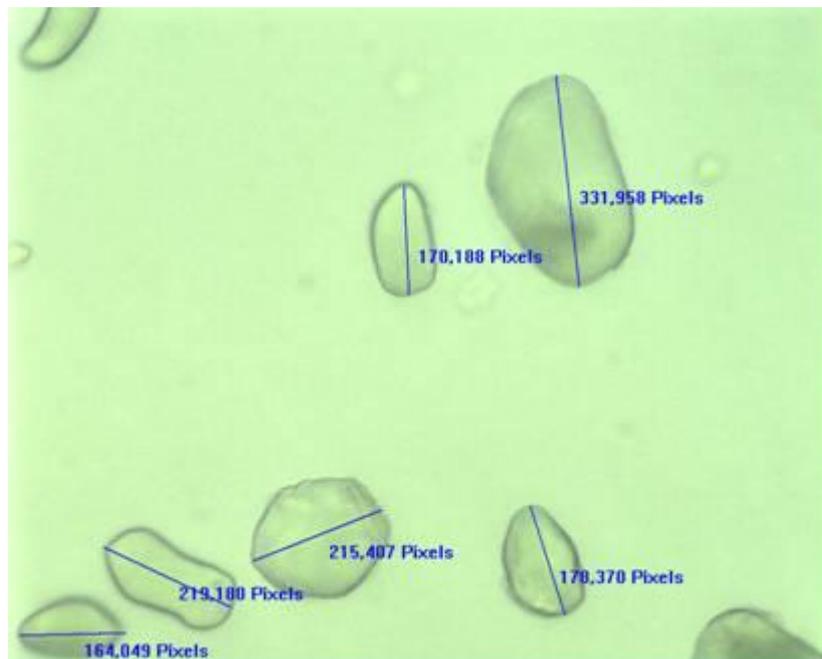
Micrografía 9 de almidón de musáceas clon 017.



Micrografía 10 de almidón de musáceas clon 019.



Micrografía 11 de almidón de musáceas clon 020.



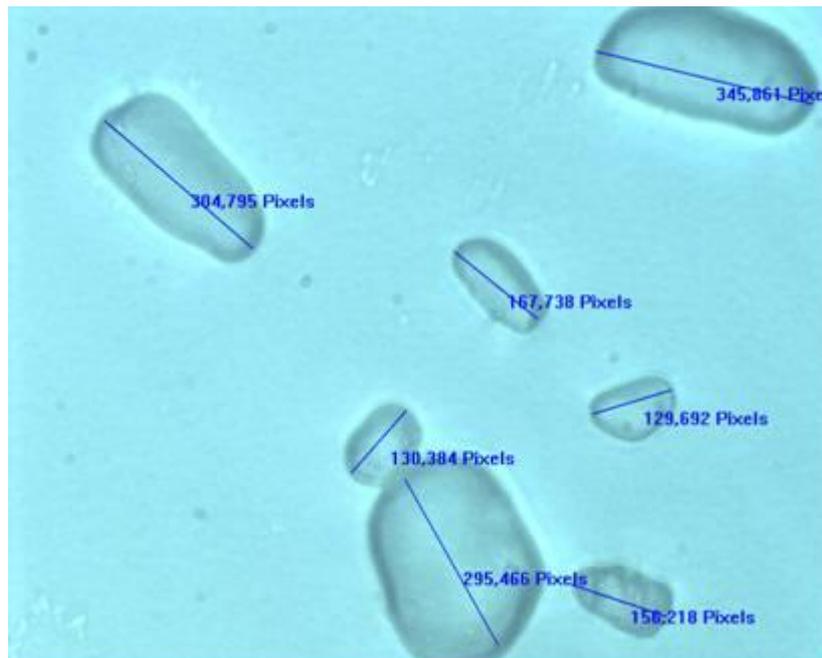
Micrografía 12 de almidón de musáceas clon 023.



Micrografía 13 de almidón de musáceas clon 028.



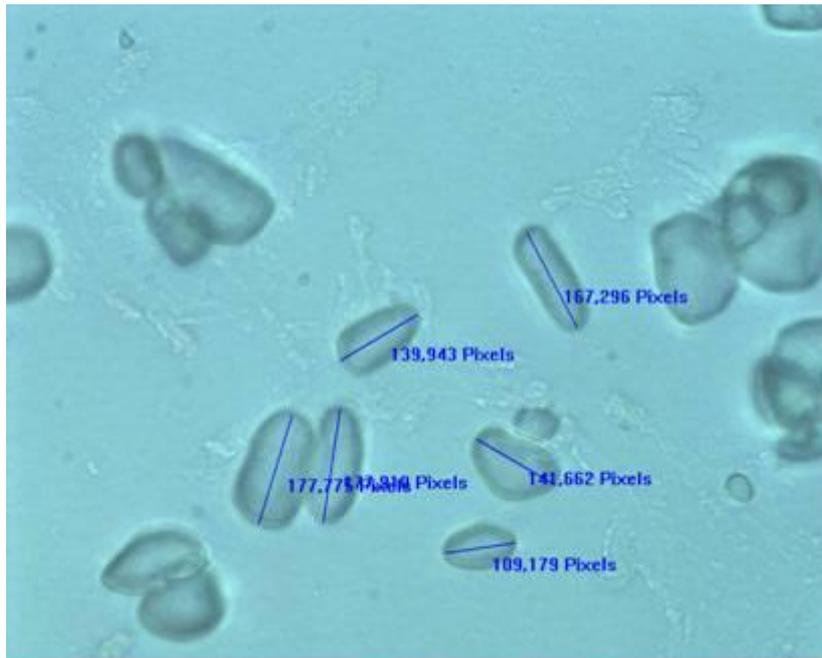
Micrografía 14 de almidón de musáceas clon 040.



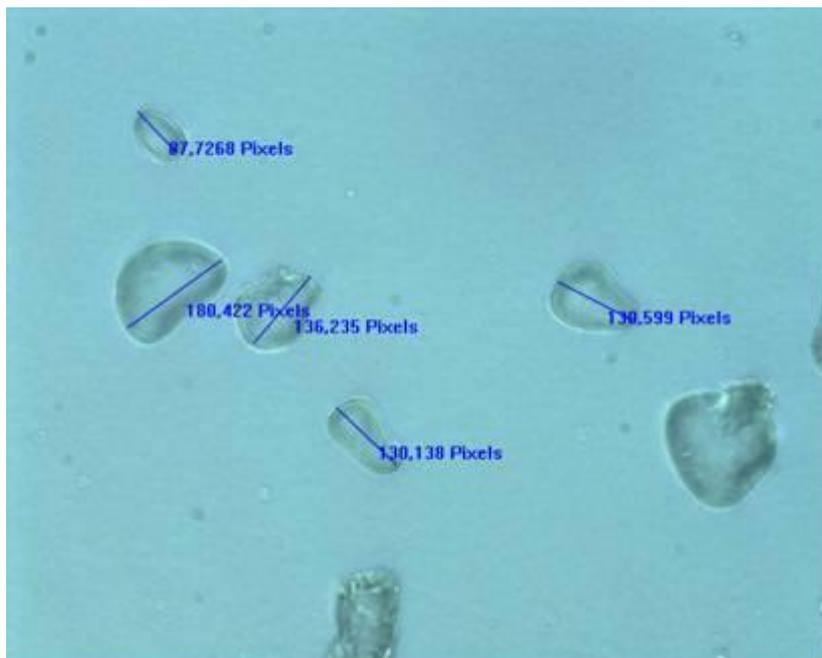
Micrografía 15 de almidón de musáceas clon 067.



Micrografía 16 de almidón de musáceas clon 068.



Micrografía 17 de almidón de musáceas clon 072.



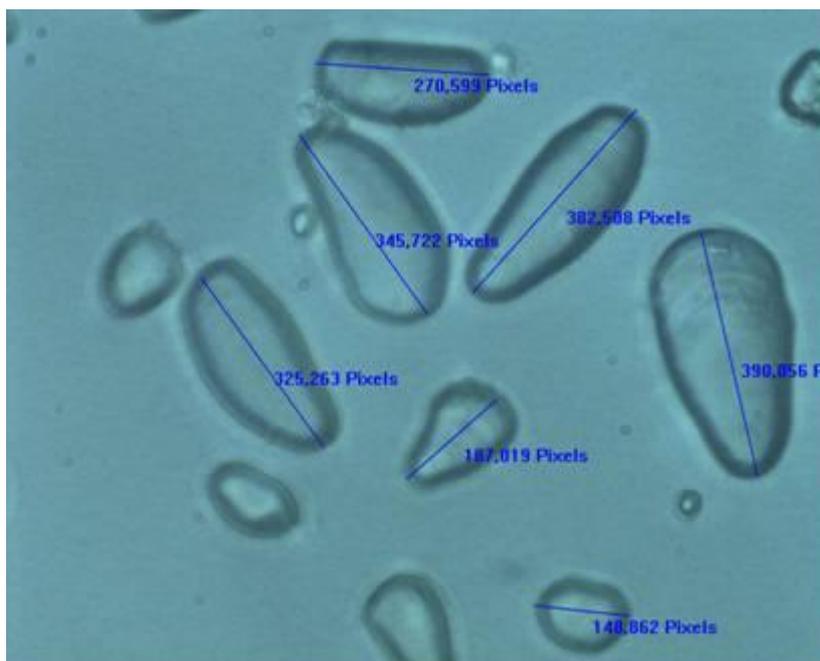
Micrografía 18 de almidón de musáceas el clon 077.



Micrografía 19 de almidón de musáceas clon 080.



Micrografía 20 de almidón de musáceas clon 092.



Micrografía 21 de almidón de musáceas clon 107.

Tabla 5. Tamaño de los gránulos de almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.

Clones	Genómio	Longitud Promedio (μm)	Rango (μm)	Desviación
HH8	AAA	22,775	14,214-42,540	6,762 ^a
HH12	AA	22,725	11,094-31,714	4,601 ^a
HH22	AAA	14,444	7,000-21,019	5,140 ^b
007	AAA	20,072	10,476-30,646	5,733 ^a
010	AA	18,787	9,774-31,247	4,731 ^a
012	AAAA	23,179	8,034-39,025	8,770 ^a
014	AAA	22,182	11,415-47,570	8,856 ^a
016	AAA	18,079	9,079-30,010	5,352 ^a
017	AAA	21,564	9,865-40,625	8,261 ^a
019	AAA	27,609	13,438-51,307	10,060 ^c
020	AAA	20,493	10,666-27,833	5,996 ^a
023	AAA	22,893	7,768-39,029	7,992 ^a
028	AAA	20,008	10,459-32,273	6,370 ^a
040	AAA	19,386	9,117-37,736	7,831 ^a
067	ABB	25,904	13,839-38,255	8,912 ^c
068	ABB	24,935	8,708-55,266	10,613 ^c
072	AA	17,338	8,313-28,175	4,859 ^a
077	ABB	18,362	8,958-28,228	5,419 ^a
080	AAA	24,047	11,025-41,234	8,068 ^c
092	ABB	26,720	11,573-45,832	8,594 ^c
107	ABB	26,701	15,338-621	7,731 ^c

Valores con letra distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P \leq 0,05$. Conversión 328pixel=35 μm

Absorción de Agua.

Akalu y col., (1998) define al índice de absorción de agua, como una medida de la cantidad de agua que puede retenerse dentro de los gránulos de almidón. Por ende, si se aumenta la temperatura de una solución de almidón, se aumentará la cantidad de agua absorbida, con la consecuente hidratación de los gránulos de almidón, liberación del material al medio circundante debido a la disolución de las moléculas de amilosa y destrucción de la región cristalitos. Puesto que los gránulos de almidón no son homogéneos con respecto a la distribución del agua en su interior, ni al contenido de la misma en ciertas regiones, ya que hay mayor cantidad de agua en la región amorfa, que en la región de los cristalitos. Por otra parte, aunque el gránulo de almidón está compuesto por constituyentes hidrófilos, él por sí mismo no es soluble en agua y esto se debe a la estructura semi-cristalina del gránulo de almidón y a los enlaces de hidrógeno que forma entre los grupos hidroxilos de sus a ello, el gránulo puede absorber pequeñas cantidades de agua Clemente en el (2005) menciona a Carcea y col., (1992); Eliasson y Gudmundsson, (1996) y Hsu y col., (2000).

En la Tabla N°6 (Figuras 4, 5 y 6) se muestra el índice de absorción de agua de los almidones de los clones de musáceas en estudio, notando que hay un incremento considerable por efecto de la temperatura. A 60°C, el clon HH12 presentó el valor más alto, con 2,19 gr agua/gr de almidón; esto puede deberse a las proporciones desiguales de las regiones amorfas y cristalinas (Pérez y col., 1999) presentes en el almidón. A partir de los 75 °C hay un aumento más pronunciado de la absorción de agua de los almidones hasta alcanzar los 95°C. A

esta temperatura, el clon 028 obtuvo el valor más alto, con 14,020 gr agua/gr de almidón; el tamaño promedio del granulo de este almidón es de 20,008 μm , y si lo comparamos con el resto del grupo de almidones, es uno de los más pequeños, lo cual es corroborado por lo reportado por Niba y col., en el (2001) quienes señalan que a menor tamaño del gránulo, mayor será la absorción de agua. Por otra parte, se observa que el clon 077 desde los 60°C hasta los 80°C, fue el que menos agua absorbió con respecto a los demás, por lo que se puede inferir que hay diferencia en cuanto a su estructura amorfa y cristalina (Pérez, 2001) lo cual ocasiona este comportamiento.

El aumento de la absorción de agua a medida que se incrementa la temperatura de los almidones con genómio AAA se visualiza en la Figura 5; donde el valor más alto lo obtuvo el clon HH22 y el menor el clon HH8. Seguidamente tenemos al grupo de almidones con genómio AA y AAAA (Figura 5), muestran un patrón de absorción de agua similar, a los 95°C el clon HH12 tiene el mayor valor, con 10,053 gr de agua/ gr de almidón. Por último, el grupo de almidones con genómio ABB (Figura 6), donde se presenta un comportamiento muy similar, se encontró que existiera una relación de este parámetro con el genómio de los almidones.

Requena, (2003) citado por Clemente, en el (2005), señala, que la cantidad de agua que puede ser absorbida y retenida por las moléculas de almidón depende de varios factores, como son la estructura química, el tamaño granular, la temperatura, así como el grado de entrecruzamiento y asociación molecular. No se

encontró diferencia significativa para el índice de absorción de agua, el valor de $p \geq 0,05$, indicando que las medias de absorción de agua son iguales.

Tabla 6. Índice de absorción de agua del almidón extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.

Temperatura °C/ clones	60	65	70	75	80	85	90	95
HH8^a	1,131±0,15	1,648±0,56	2,819±0,25	8,113±2,38	6,885±1,45	9,185±0,42	9,994±0,05	11,389±0,06
HH12^a	2,919± 0,0	3,005± 0,04	3,613± 0,16	5,815± 0,15	6,130± 0,06	6,899± 0,25	8,222± 0,55	10,053± 0,29
HH22^a	1,4308± 0,03	1,155,± 0,07	2,974±0 ,44	6,011± 0,05	8,281± 0,09	9,929± 0,16	11,573± 0,16	13,940± 0,67
007^a	1,672±0,06	2,142±0,04	2,516±0,28	5,950±0,19	7,228±0,61	7,910±0,17	8,905 ±0,12	10,092 ±0,32
010^a	1,748± 0,06	1,405± 0,35	1,941± 0,25	5,513± 0,57	7,196± 0,14	7,248±2,13	9,658± 0,39	11,412±0,31
012^a	1,392± 0,07	1,433±0,01	2,284±0,30	7,265± 0,28	9,806±0,25	9,989± 0,22	12,593± 0,09	13,663±0,65
014^a	1,421±0,12	1,531±0,06	6,707±0,31	8,261±0,02	8,802±0,15	9,695±0,71	10,086±0,16	11,146±0,23
016^a	1,159±0,10	1,155±0,02	2,451±0,28	7,314±0,35	8,986±0,34	9,664±0,19	10,815±0,09	12,796±0,01
017^a	1,280±0,27	1,193±0,33	3,160±0,20	5,072±0,22	7,768±0,26	8,325±0,48	9,192±0,67	12,450±0,23
019^a	1,410±0,01	4,501±4,50	5,605±0,46	7,282±0,30	7,944±0,05	8,696±0,38	10,124±0,17	11,221±0,11
020^a	1,337± 0,22	0,938±0,33	1,956±0,04	6,939±0,43	8,819±0,11	10,976±1,28	10,970±0,19	11,916±0,48
023^a	1,285± 0,08	1,398±0,80	3,623±1,05	6,982±0,09	8,335±0,04	10,071±0,45	10,752±0,88	13,460±0,34
028^a	1,1455±0,08	1,349±0,24	2,362±0,33	8,374±3,07	8,986±0,17	10,477±0,01	12,708±0,96	14,020±0,20
040^a	1,463±0,01	1,437±0,07	2,124±0,02	6,624±0,12	8,536±0,03	9,130±0,64	11,140±0,68	12,258±0,6
067^a	1,104±0,12	1,276±0,15	1,996±0,32	4,599±0,42	8,576±0,78	9,878±0,36	11,184±0,64	13,286±0,02
068^a	1,821±0,67	1,596±0,07	2,320±0,03	5,459±0,63	7,678±0,24	9,172±0,41	10,740±0,07	12,004±0,21
072^a	1,426±0,16	1,540±0,12	3,545±0,63	5,724±0,14	7,751±0,05	9,495±0,25	12,431±2,25	11,866±0,32
077^a	0,958±0,17	0,761±0,06	1,439±0,50	4,199±0,51	5,589±0,78	8,113±0,84	11,141±0,01	11,540±1,07
080^a	1,131±0,15	1,648±0,56	2,819±0,25	8,113±2,38	6,885±1,45	9,185±0,42	9,994±0,05	11,389±0,06
092^a	1,348±0,04	1,598±0,07	2,271±0,66	4,910±0,15	6,749±0,04	7,886±0,18	9,723±0,25	10,715±0,54
107^a	1,444±0,01	1,500±0,02	2,502±0,12	4,857±0,04	7,582±0,50	9,830±0,45	10,444±0,15	12,010±0,33

Valores con letra distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P \leq 0,05$.

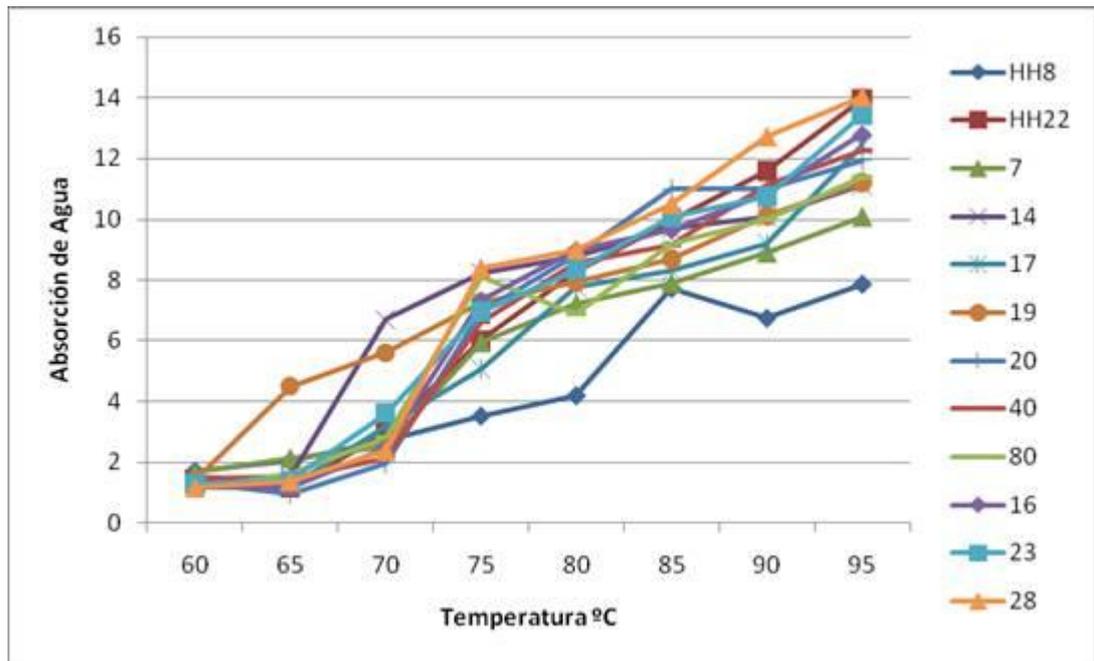


Figura 4. Índice de absorción de agua de los clones de almidón de musáceas con genio AAA.

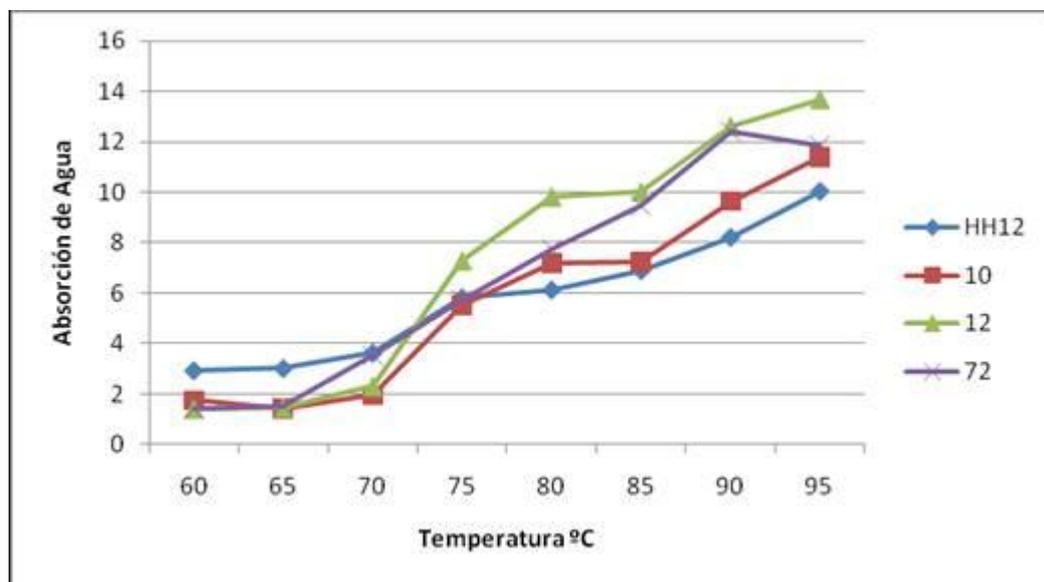


Figura 5. Índice de absorción de agua de los clones de musáceas con genio AA y AAAA

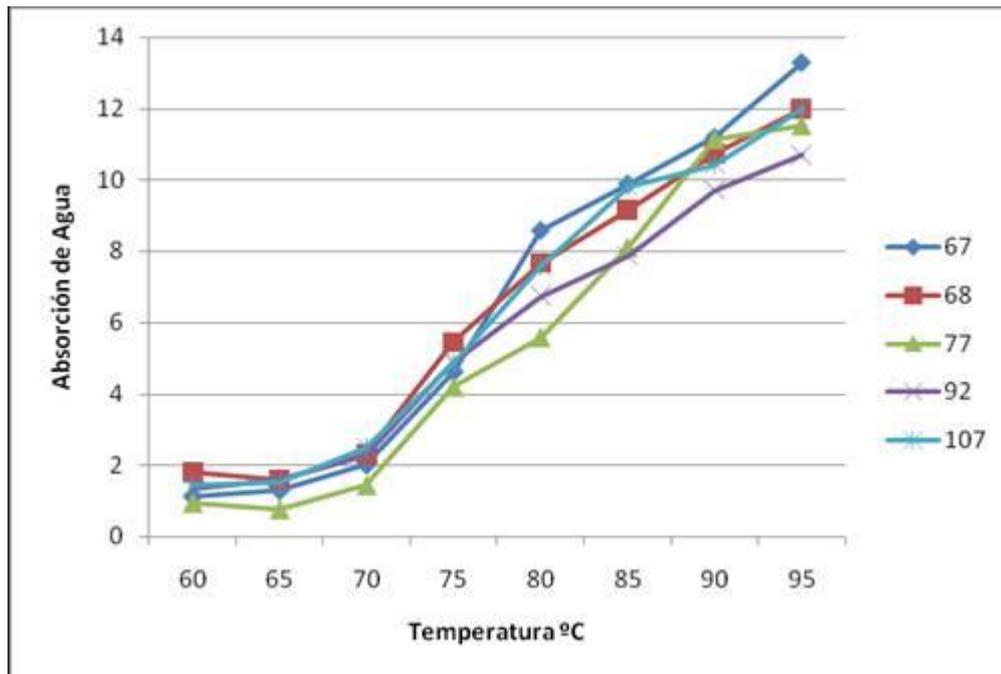


Figura 6. Índice de absorción de agua de los clones de almidón de musáceas con genotipo ABB.

Solubilidad.

Akalu y col., (1998) define el índice de solubilidad, de acuerdo al nivel de solubilidad, de los constituyentes disueltos en una solución. Por otra parte, Yeh y Yeh, (1993) lo utiliza para medir la estructura granular. Durante el calentamiento, al mismo tiempo que la absorción de agua, el material se lixivia fuera de los gránulos de almidón; este material tiene una mayor proporción de amilosa que de amilopectina, y esto va a depender de la cantidad de almidón y de las condiciones de calentamiento (Eliasson y Gudmundsson, 1996).

En la Tabla N°7 se muestra cómo el aumento de la temperatura influye en el porcentaje de sólidos solubles de los 21 tipos de almidón extraído de los clones de musáceas. El clon HH12 mostró los valores más altos de sólidos solubles excepto a la temperatura de 75°C, en la cual el clon 020 mostró el valor más alto. Este comportamiento se puede relacionar también con el tamaño del gránulo del almidón. El clon HH12 es uno de los más pequeños del grupo de almidón, por lo que se le hace más fácil absorber agua del medio circundante, por lo tanto tiene mayor capacidad de disolver principalmente amilosa y amilopectina en una disolución, ya que su estructura amorfa y cristalina no es tan compacta. Además, se evidencia que principalmente a 65°C los clones 010, 014, 019, 023 y 077, presentaron una baja solubilidad, puede ser debido, a un menor contenido de amilosa y/o a una mayor asociación a nivel intra-granular (Carcea y col., 1992).

En las Figuras 7 a 9 se observa el patrón de solubilidad de los almidones de musáceas con genómio AAA, AA, AAAA y ABB. En la Figura 7, que corresponde al grupo de almidones con genómio AAA, se observa que el clon 020 es el más soluble de ese grupo; también se observa que el clon 014 muestra entre 60 y 75°C un aumento de los sólidos solubles y luego disminuye su solubilidad. Asimismo, se observa que los almidones con genómio AA y AAAA presentan un patrón muy similar de solubilidad, exceptuando el clon HH12 que muestra mayor su poder de solubilidad. En la Figura 9, se visualiza que el clon 067 desarrolla el mayor patrón en el porcentaje de sólidos solubles y el clon 092 el menor, aun así su solubilidad es muy semejante. Se evidenció que existía una relación de este

patrón de comportamiento con el genomio de los almidones. El análisis de ANOVA señaló que este parámetro es estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$), es decir, las medias de los clones son iguales.

Tabla 7. Porcentaje de sólidos solubles del almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de Germoplasma INIA.

Temperatura °C/ Clones	60	65	70	75	80	85	90	95
HH8^a	0,205±0,16	0,508 ±0,26	0,713± 0,23	1,230± 0,23	2,206± 0,20	3,807± 0,51	7,183± 0,54	10,285±0,23
HH12^b	7,400±0,48	7,215± 0,17	8,482± 0,36	10,157± 0,28	12,323± 0,35	13,827± 0,50	15,654± 0,18	16,787± 0,46
HH22^a	0,330±0,27	0,453±0,44	0,882± 0,23	3,308± 2,09	3,410± 0,82	5,424± 0,10	6,369± 0,31	7,963±0,15
007^a	1,047± 0,07	1,255± 0,44	3,626±0,19	3,644± 0,10	5,078± 0,07	5,416±0,14	6,611± 0,04	7,247± 0,16
010^a	0,612± 0,03	0,927± 0,28	0,472± 0,03	2,856± 0,06	4,605± 0,40	5,496± 0,06	6,320 ± 0,00	8,120± 0,50
012^a	0,319± 0,01	0,459± 0,46	0,616± 0,10	4,063±0,71	5,499± 0,02	5,722± 0,26	7,416±0,86	7,574±0,42
014	0,442±0,24	1,412±0,46	5,043±0,49	12,297±2,12	9,682±0,98	9,770±3,83	7,858±0,21	8,843±0,22
016^a	0,360±0,19	0,072±0,10	1,358±0,39	4,287±0,9	5,226±0,25	5,904±0,05	6,574±0,23	7,533±0,12
017^a	0,933±0,10	1,009±0,07	1,456±0,34	2,642±0,05	3,686±0,18	4,914±0,05	6,124±0,15	7,231±0,90
019^a	1,070±0,40	1,500±0,10	4,165±0,81	3,950±0,13	4,532±0,03	5,552±0,6	6,790±0,24	7,890±0,17
020^b	3,922±0,25	4,103±0,10	4,127±0,10	10,647±2,77	11,052±0,07	13,420±2,15	13,513±0,56	14,960±0,39
023^a	2,565±0,41	4,211±4,41	2,090±1,77	4,827±0,78	5,349±0,08	6,326±0,16	7,435±0,29	7,562±1,48
028^a	0,556±0,03	0,757±0,02	0,925±0,14	3,156±0,67	5,001±0,66	6,153±0,70	7,480±0,56	8,333±0,15
040^a	0,711±0,07	0,922±0,23	0,997±0,06	2,965±0,31	4,266±0,04	5,126±0,22	6,142±0,07	7,484±0,17
067^a	0,368±0,14	0,4392±0,16	0,6831±0,33	2,933±0,28	7,744±0,82	8,673±0,48	10,128±0,87	11,399±0,92
068^a	0,349±0,16	0,449±0,10	0,734±0,03	2,910±0,20	5,911±0,25	7,001±0,06	7,695±0,25	8,696±0,68
072^a	0,483±0,00	0,621±0,10	0,828±0,52	2,514±0,78	4,139±0,48	5,191±0,49	7,220±1,53	6,989±0,46
077^a	0,626±0,10	0,207±0,03	0,441±0,16	3,302±0,76	5,561±0,42	7,775±0,12	9,434±1,03	10,513±0,27
080^a	0,554±0,17	0,900±0,080	1,073±0,28	3,889±0,06	4,678±0,33	5,283±0,32	6,097±0,42	8,077±0,01
092^a	0,136±0,00	0,139±0,00	0,186±0,07	1,554±0,49	3,683±0,04	5,467±0,19	6,591±0,08	8,203±0,20
107^a	1,014±0,10	1,118±0,24	2,560±0,28	3,324±0,51	6,297±0,10	7,986±0,14	8,842±0,09	10,190±0,83

Valores con letra distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P \leq 0,05$.

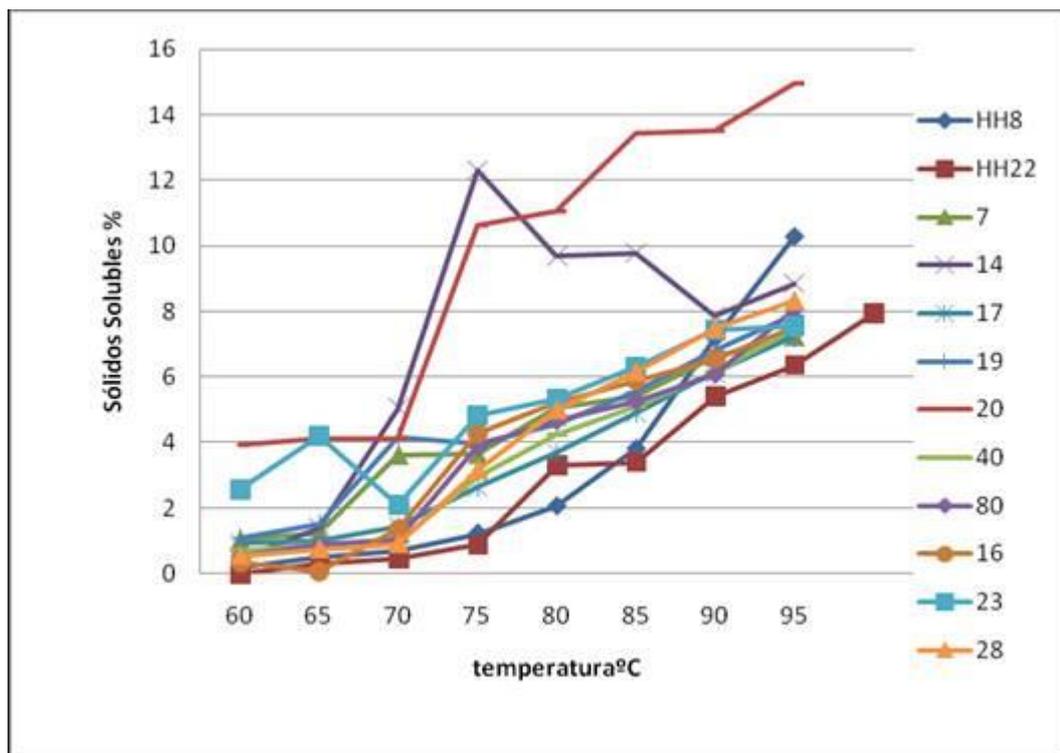


Figura 7. Porcentaje de sólidos solubles de los almidones de musáceas con genomio AAA

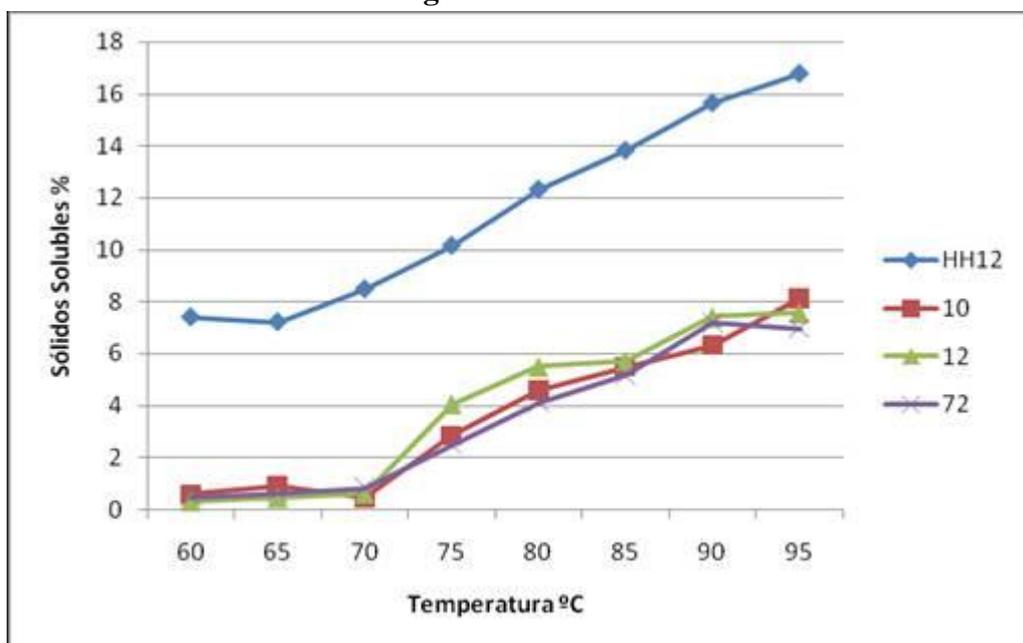


Figura 8. Porcentaje de sólidos solubles de los almidones de musáceas con genomio AA y AAAA

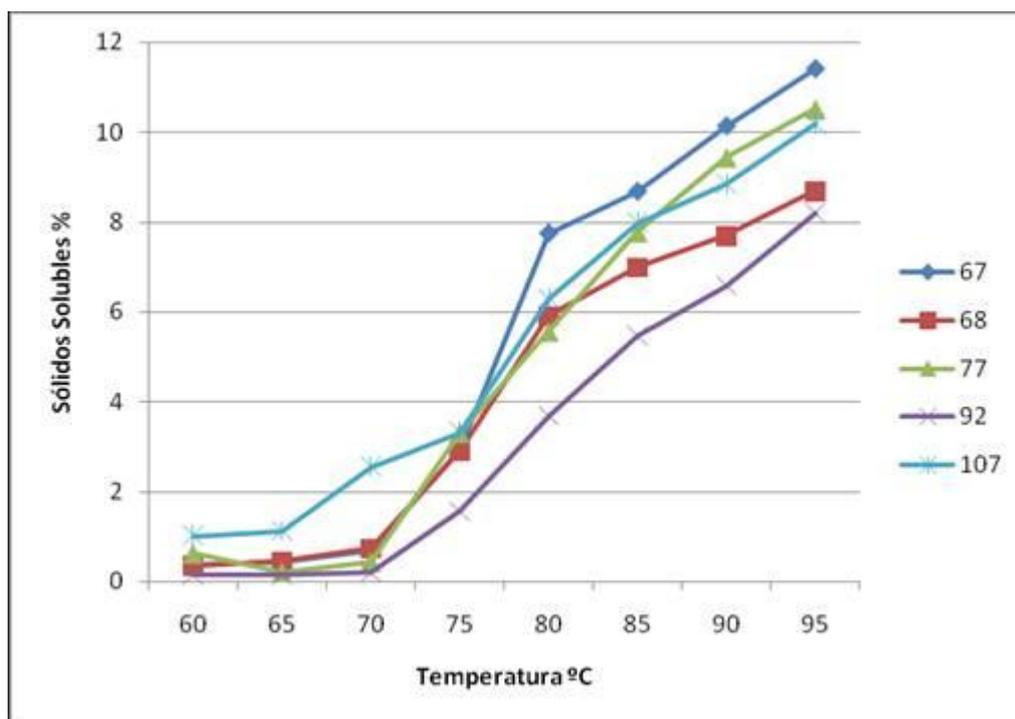


Figura 9. Porcentaje de sólidos solubles de almidón de musáceas con genótipo ABB.

Poder de Hinchamiento.

El poder de hinchamiento, es una propiedad que la amilopectina le confiere al gránulo y que la amilosa actúa como un diluyente e inhibidor de este proceso (Tester y Morrison citado por Yeh y Li, 1996). El hinchamiento del gránulo de almidón se evidencia por el aumento del volumen del mismo, la fracción amorfa relativamente móvil, y las regiones amorfas adyacentes a la zona cristalina (Yeh y Li, 1996).

El hinchamiento del gránulo de almidón comienza en las regiones inter-cristalinas amorfas y menos organizadas. A medida que esta fase progresa, se ejerce una tensión sobre los cristallitos vecinos y los mismos tienden a

desorganizarse. El calentamiento adicional conduce a la disociación de las regiones con doble hélice y se rompe la estructura cristalina de la amilopectina. Las cadenas liberadas de amilopectina se hidratan e hinchan lateralmente, acusando la desorganización adicional de la estructura cristalina (Hari y col., 1989 citado por Clemente, (2005), y por Pereira, (2004).

En la Tabla N° 8 y Figuras 10 a 12, se muestra el aumento del poder de hinchamiento del almidón extraído de los 21 clones de musáceas. Como se observa en la Tabla, a medida que se incrementa la temperatura, desde 60°C hasta 70°C, el clon HH12 obtuvo el mayor poder de hinchamiento (Figura 11), luego de esto el clon 028 fue el que presentó mayor poder de hinchamiento. Akalu y col., (1998) mencionan que el índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento dependen de las fuerzas que rigen el arreglo intra-granular de la estructura química, el tamaño granular y de la temperatura a la cual es sometida la suspensión de almidón Lii y Shang, (1991); Chen y col, (2003). La Figura 10, muestra el aumento del poder de hinchamiento para los almidones con genómio AAA, y donde se observa que el mayor valor después de los 85 °C es para el clon HH22. Seguidamente, se tiene la Figura 11 en este caso se muestran los patrones de hinchamiento de los almidones con los genomios AA y AAA. El clon 012 tiene el mayor poder de hinchamiento, comparado con el resto mostrado en esta Figura. Por último, se muestra el poder de hinchamiento de los almidones con genómio ABB (Figura 12), en el cual el patrón es muy similar entre ellos. Se evidencia que existe una relación del poder de hinchamiento con el genomios de los almidones. El Análisis de varianza (ANOVA) demostró que no son

estadísticamente significativo, ($p \geq 0,05$) las medias de poder de hinchamiento son iguales.

Tabla 8. Poder de hinchamiento del almidón de musáceas extraído de 21 del banco de germoplasma del INIA.

Temperatura °C/Clones	60	65	70	75	80	85	90	95
HH8 ^a	2,705± 0,13	3,026± 0,05	3,711± 0,44	4,517± 0,02	5,185± 0,07	8,706± 3,77	7,729± 0,39	8,842± 0,07
HH12 ^a	3,919± 0,27	4,005± 0,44	4,614± 0,23	6,815± 2,09	7,130± 0,82	7,899± 0,10	9,222± 0,31	11,053± 0,15
HH22 ^a	2,431± 0,03	2,155± 0,08	3,973±0,44	7,020± 0,05	9,281± 0,09	10,929± 0,16	12,573± 0,16	14,940± 0,67
007 ^a	2,672± 0,06	3,142± 0,04	3,516 ± 0,28	6,950 ± 0,19	8,229± 0,61	8,910 ± 0,17	9,907±0,12	11,092± 0,32
010 ^a	2,748± 0,06	2,405± 0,35	2,941± 0,25	6,513± 0,58	8,196± 0,14	8,248±2,13	10,658± 0,39	12,412± 0,31
012 ^a	2,392± 0,07	2,433±0,01	3,284±0,30	8,265±0,28	10,806±0,25	10,989±0,22	13,593±0,09	14,664±0,65
014 ^a	2,421±0,12	2,531±0,06	7,707±0,31	9,261±0,02	9,802±0,15	10,695±0,71	11,086±0,16	12,146±0,23
016 ^a	2,159±0,04	2,155±0,02	3,451±0,28	8,314±0,35	9,986±0,34	10,664±0,19	11,815±0,09	13,796±0,01
017 ^a	2,280±0,27	2,192±0,33	4,129±0,18	6,037±0,16	8,711±0,15	9,276±0,40	10,102±0,79	13,973±0,37
019 ^a	2,410±0,01	5,501±4,50	6,605±0,46	8,282±0,30	8,944±0,05	9,696±0,38	11,124±0,17	12,221±0,11
020 ^a	2,337±0,22	1,938±0,37	2,956±0,03	7,939±0,43	9,819±0,10	11,976±1,28	11,970±0,19	12,915±0,48
023 ^a	2,285±0,08	2,398±0,80	4,623±1,05	7,982±0,09	9,335±0,04	11,071±0,45	11,752±0,88	14,461±0,34
028 ^a	2,146±0,08	2,349±0,24	3,362±0,33	9,374±3,07	9,985±0,17	11,476±0,01	13,708±0,96	15,018±0,20
040 ^a	2,463±0,01	2,437±0,07	3,124±0,02	7,624±0,12	9,536±0,03	10,130±0,64	12,140±0,68	13,258±0,06
067 ^a	2,104±0,12	2,276±00,15	2,996±0,32	5,599±0,42	9,576±0,28	10,878±0,36	12,184±0,64	14,286±0,02
068 ^a	2,821±0,67	2,596±0,07	3,320±0,03	6,459±0,63	8,678±0,24	10,172±0,41	11,740±0,07	13,004±0,21
072 ^a	2,426±0,16	2,540±0,12	4,545±0,63	6,724±0,14	8,751±0,05	10,495±0,25	13,431±2,25	12,866±0,323
077 ^a	1,958±0,17	1,761±0,06	2,439±0,50	5,199±0,51	6,589±0,78	9,113±0,84	12,141±0,01	12,540±1,07
080 ^a	2,131±0,15	2,648±0,06	3,819±0,25	9,113±0,38	7,885±1,45	10,185±0,42	10,994±0,05	12,389±0,06
092 ^a	2,348±0,04	2,596±0,07	3,271±0,66	5,910±0,15	7,749±0,04	8,886±0,18	10,723±0,25	11,716±0,54
107 ^a	2,444±0,01	2,500±0,02	3,502±0,12	5,857±0,04	8,582±0,50	10,830±0,45	11,443±0,15	13,010±0,33

Valores con letra distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P \leq 0,05$.

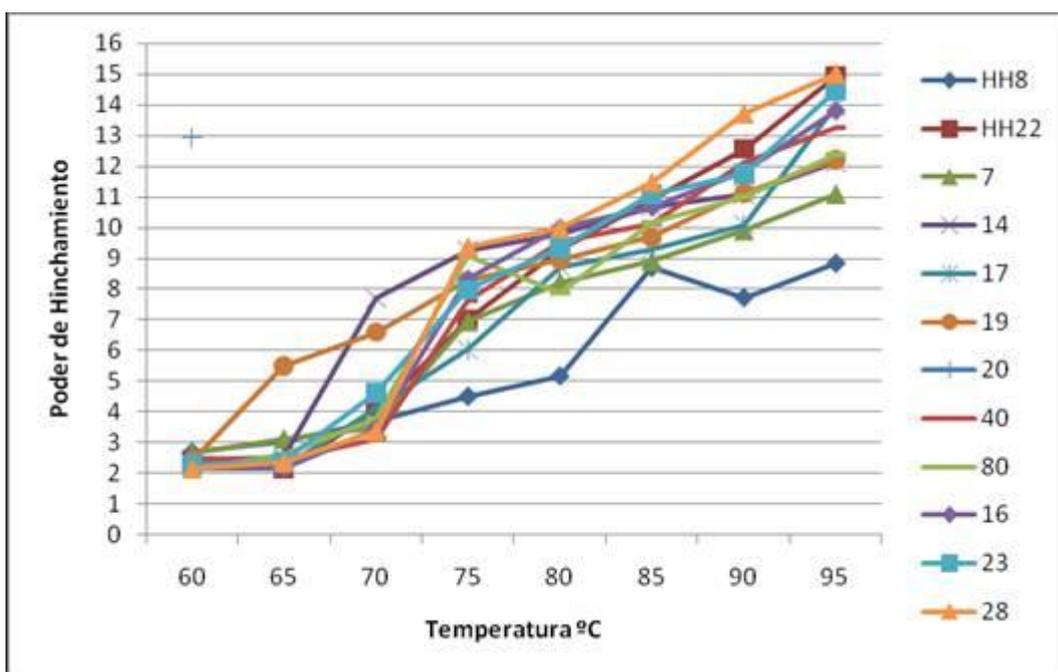


Figura 10. Poder de hinchamiento de almidón de musáceas con genomio AAA.

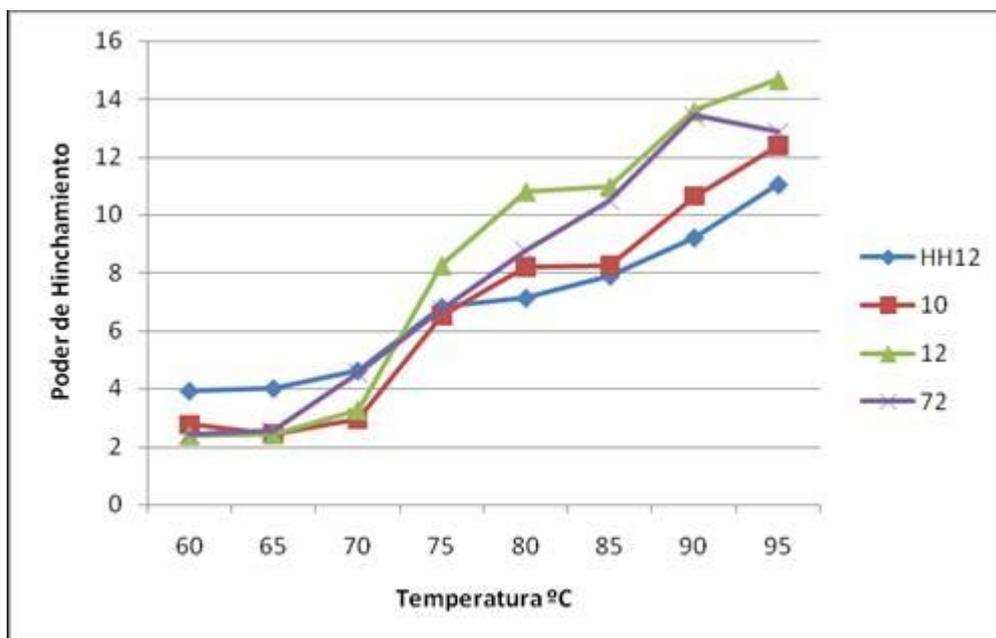


Figura 11. Poder de hinchamiento de los clones de almidón con genomio AA y AAAA

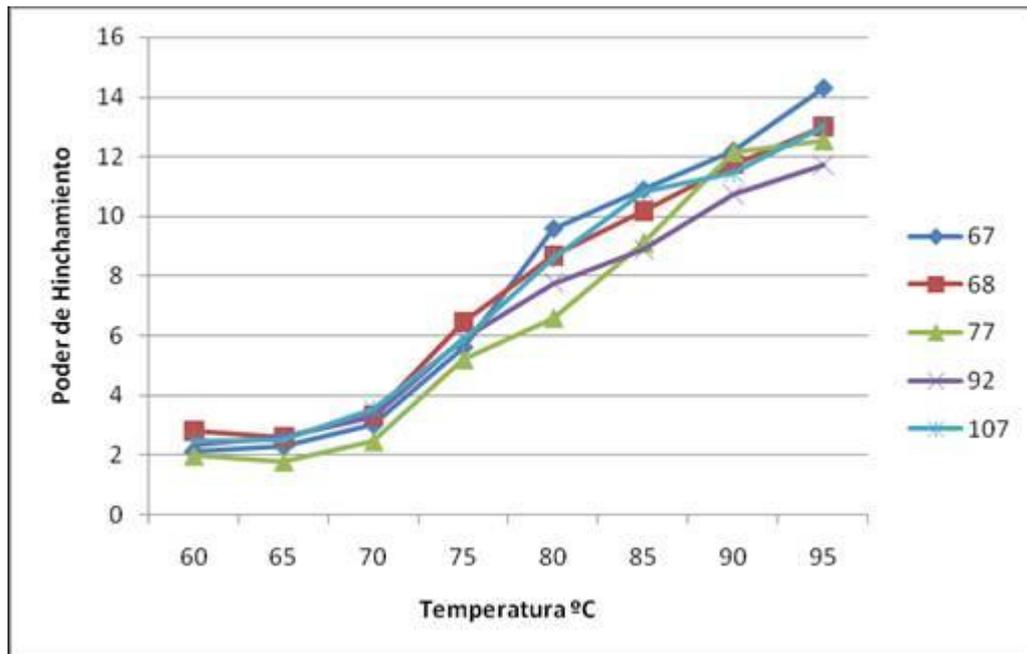


Figura 12. Poder de hinchamiento de los clones de almidón de musáceas con genomio ABB.

Perfil Amilográfico RVA (rápido viscosímetro)

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero cuando se calienta la suspensión, estos se hinchan, primero reversiblemente, hasta que las propiedades birrefringentes desaparecen a la temperatura de gelatinización, para formar una dispersión, dependiendo, la misma, de la fuente botánica del almidón, Mires, (1990).

En la Tabla 9 y Figuras (ver anexo) se observan las propiedades reológicas de los almidones extraídos de los 21 clones de bananos: En estas se muestra que la

temperatura de gelatinización estuvo alrededor de 70,9°C y 79,7°C. El análisis de ANOVA demostró que las media de la temperatura inicial de gelatinización no son estadísticamente significativos ($p \geq 0,05$) entre los almidones estudiados, es decir, las muestras son iguales para este parámetro. Torres y col., (2008) reportaron valores de 81,0°C para la temperatura de gelatinización del almidón de *Musa balbisiana*. Por otra parte, Eliasson y Tatham, (2001) indicaron que la gelatinización presenta un intervalo de temperatura, que es típico de los almidones, pero que se ve influenciada por el contenido de agua y la presencia de otros componentes como sal y azúcar. Además, también se ve afectada por el tamaño del gránulo, la proporción amilosa/amilopectina, las características moleculares del almidón y las condiciones de los procesos térmicos utilizados para inducir la gelatinización Zhou y col., (1998), por eso vemos que las 21 variedades presenta temperaturas diferentes entre ellas y que son características de cada almidón y que se debe por lo mencionado anteriormente.

A medida que ocurre el calentamiento, la viscosidad de los almidones cambia; estos cambios son debido a su estructura molecular, conformada principalmente de moléculas de amilosa y amilopectina, las cuales están asociadas por enlaces de hidrogeno (Leach, (1965) y Atwell y col., (1988)). El valor más alto de viscosidad máxima que presentaron los almidones fue de 1406 BU que corresponde al clon HH22 y el valor menor con 546 BU a la variedad 107. García y col., (1992) mencionan que los almidones que presentan valores altos de máxima viscosidad, tienen fuerzas cohesivas internas más fuertes, que aquellos que presentan bajos valores, de acuerdo a esto, la estructura molecular del clon

HH22 es más compacta que el resto del grupo, lo cual hace que tenga fuerzas internas más fuertes. El análisis de ANOVA mostró que los resultados no son estadísticamente significativos puesto que el valor-*p* es mayor o igual a 0,05, entonces las medias de los clones son iguales.

Los valores del “*breackdown*” de los almidones extraídos de los 21 clones de bananos, son muy diferentes entre ellos y van desde 4 BU hasta 461 BU, este parámetro determina la fragilidad de los gránulos durante el calentamiento frente a determinadas fuerzas de corte, mientras mayor sea el valor de “*breackdown*”, menor será la estabilidad frente a las fuerzas de corte durante el periodo de calentamiento (Rasper, 1980, citado por Matos, 2001). El clon HH8 por presentar el índice de fragilidad menor, tiene la mejor estabilidad de los gránulos frente a las fuerzas de cortes en comparación con este grupo de almidones, por lo tanto necesita de más energía, para que el gránulo se fragmente y permita la salida de la amilosa y amilopectina del gránulo, aumentando la viscosidad y esto se evidencia ya que tiene el valor más alto de la temperatura final de gelatinización con 91,5 °C, en el caso contrario, donde el índice es el más alto se tiene que la temperatura de gelatinización final es menor, un ejemplo es la variedad 012 que obtuvo un valor de 80,0 °C.

García y col., en (1992), 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. De acuerdo a Belitz y Grosh, (1997) la retrogradación es la insolubilización y precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas se orientan

entre si por puentes de hidrogeno a través de múltiples hidroxilos, debido a esto, se puede decir que los clones 016, HH22, HH12 y 072 por presentar valores bajos de retrogradación, podría ser utilizado 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 valores altos de consistencia, indicando que podría ser incorporado en sistemas alimenticios para formar jaleas, mermeladas, pan y embutidos, los cuales necesitan una consistencia fuerte debido a la naturaleza del alimento. En este estudio, solo los clones 017, HH12 y 020 presentaron valores negativos, por lo que se sugiere que en esa etapa, la forma de la amilosa principalmente no estaba disponible para interactuar con otras moléculas, proyectando valores negativos. El análisis de ANOVA para el “*set back*” y la consistencia mostraron que no son significativamente estadístico ($p \geq 0,05$), es decir las medias de cada son iguales para este parámetro.

Todos los parámetros reológicos del almidón extraído de los 21 clones de bananos fueron comparados por los resultados mostrados por Torre y col., (2008) y (Pérez, 1997) en almidones *Musa balbisiana* y en *Musa paradisiaca normalis* respectivamente, indicando que los valores reportados en este trabajo están por encima de lo que reportan estos autores.

Tabla 9. Propiedades reológicas del almidón de musáceas extraído 21 clones del banco de germoplasma del INIA.

Código/genotipo	TIG °C	TFG (P) °C	Max Visc. UB	T a 90°C UB	Tfinal 90°C (H) UB	T a 50°C (C) UB	Breakdown (P-H) UB	Consistencia (C-H) UB	Set back (C-P) UB
HH8/AAA	73,7 a	91,5 a	636 a	566 a	708 a	807 a	4 a	157 a	147 a
HH12/ AA	72,6 a	82,3 a	1013 a	741 a	664 a	678 a	300 a	-1 a	18 a
HH22/ AAA	71,2 a	80,4 a	1406 a	1052 a	866 a	1076 a	437 a	94 a	61 a
007/ AAA	74,6 a	86,1 a	1172 a	736 a	876 a	1075 a	368 a	274 a	118 a
010/ AA	73,8 a	83,5 a	1079 a	943 a	836 a	1012 a	190 a	123 a	123 a
012/ AAAA	70,9 a	80,0 a	1375 a	1065 a	781 a	1034 a	448 a	117 a	110 a
014/ AAA	73,1 a	83,2 a	1243 a	908 a	831 a	1021 a	376 a	135 a	134 a
016/ AAA	-	-	655 a	-	395 a	-	261 a	104 a	5 a
017/ AAA	73,5 a	81,5 a	1111 a	761 a	572 a	606 a	461 a	-45 a	-76 a
019/ AAA	71,2 a	80,7 a	1300 a	936 a	880 a	1049 a	403 a	151 a	118 a
020/ AAA	73,5 a	81,1 a	914 a	658 a	394 a	431 a	382 a	-102 a	-90 a
023/AAA	79,7 a	87,4 a	1168 a	1054 a	828 a	1093 a	164 a	89 a	87 a
028/ AAA	73,3 a	85,3 a	1122 a	1044 a	816 a	992 a	204 a	74 a	51 a
040/ AAA	73,7 a	84,5 a	1164 a	813 a	723 a	960 a	347 a	143 a	145 a
067/ ABB	73,6 a	81,2 a	1231 a	849 a	841 a	942 a	386 a	97 a	92 a
068/ABB	77,8 a	85,0 a	677 a	872 a	883 a	590a	241 a	154 a	148 a
072/ AA	73,3 a	83,2 a	1007 a	650 a	807 a	898 a	324 a	215 a	27 a
077/ ABB	76,5 a	91,9 a	950 a	738 a	1011 a	1161 a	92 a	302 a	252 a
080/ AAA	74,3 a	88,3 a	780 a	553 a	377 a	754 a	110 a	85 a	93 a
92/ ABB	73,8 a	84,4 a	1267 a	894 a	917 a	1100 a	350 a	184 a	189 a
107/ ABB	78,8 a	85,2 a	546 a	822 a	947 a	570 a	135 a	159 a	96 a

Valores con letras distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P \leq 0,05$. UB (unidades braber)

Contenido de amilosa y Gelatinización.

La técnica del DCS (calorimetría diferencial de barrido) se utiliza para determinar la gelatinización, retrogradación, *pasting* en los almidones. Esta técnica consiste en registrar las diferencias entre los cambios de entalpía que ocurre en una muestra y un material de referencia inerte, cuando ambos se calientan (Lund, 1984). A continuación se muestra en la Tabla 10 el contenido de amilosa, el perfil de gelatinización y ΔH de los almidones extraídos de los 21 clones de musáceas. En la Tabla se observa que el clon 007 tiene el valor más alto de amilosa seguido del clon 092. Se debe recordar que la amilosa es la responsable de la firmeza durante el enfriamiento en los geles (Zhou y col., (1998), Clark y col., (1989); Doublier y Choplin, (1989); Gidley, (1989); Kalichievsky y col., (1986); Miles y col., (1985)) señalan que la concentración mínima de amilosa necesaria para formar la estructura de red en los almidones es de 1%. De acuerdo a esto, se puede inferir que los 21 tipos de almidón de musáceas, pueden formar geles durante la etapa de enfriamiento. Además se observa que el clon 020 tiene un porcentaje de amilosa de 1,92 de acuerdo a esto, se puede inferir que se trata de un almidón tipo “ceroso” o “waxy” ya que estos se caracterizan por presentar bajas proporciones de amilosa y entre 98 y 99% de amilopectina (Zobel, 1988)

El DSC además de cuantificar la cantidad de amilosa presente en el almidón, determina el inicio y la finalización de la gelatinización: comparando los datos obtenidos mediante esta técnica con el RVA (Rápido Viscosímetro

amilográfico), se observa que los valores que reporta el DSC están por debajo de lo que se reporta con el RVA: Aún así se acota que una de las ventajas, por la cual se utiliza el DSC, es que determina temperaturas de gelatinización encima de 100°C, además estima la entalpía de transición, la cantidad de muestra empleada es pequeña con respecto a otras técnicas y el sistema es herméticamente cerrado, lo que no permite la evaporación de agua desde la muestra al ambiente (Mires, 1990). En cuanto al cambio de entalpía de transición (ΔH), se obtuvo que el clon 016, presentó el valor más alto con 18,18 (J/gr), indicando que se necesita de mayor calor para cambiar de fase. Ling y col., (1982) obtuvieron un intervalo de temperatura de gelatinización promedio de 70,1 a 74,6 °C para almidón de bananas del subgrupo Cavendish, mientras Waliszewski y col., (2003) emplearon DSC para evaluar almidón de banana de la variedad Valery, indicando que el intervalo de gelatinización para el almidón nativo es de 69,5; 74,6 y 81,2 °C con un cambio de entalpía de 5,2 J/g. Al comparar los resultados obtenidos, se observan similitudes en el rango de temperatura de gelatinización de los almidones de musáceas de los 21 clones, pero los cambios de entalpía son sustancialmente diferentes. Estas diferencias observadas en el rango de temperaturas de gelatinización y en el cambio de entalpía podrían deberse a la diferencias encontradas en el contenido de amilosa de los almidones o pueden ser producto de las características de cristalinidad del gránulo (Bello y col 2000; Waliszewski y col., 2003). El contenido de amilosa, *onset*, *peak*, *end* y ΔH son diferentes estadísticamente significativo, ($p \leq 0,05$), es decir las medias de cada clon son diferentes para cada uno de los parámetros, respectivamente.

Tabla 10. Contenido de amilosa, gelatinización y ΔH corregido del almidón de musáceas extraído de 21 clones del banco de germoplasma de INIA

Clones	Amilosa %	Desviación	Onset°C	Desviación	Peak°C	Desviación	End°C	Desviación	ΔH (J/gr)	Desviación
HH8	11,17 ^a	0,85	69,46 ^a	0,12	72,42 ^a	0,12	76,32 ^a	0,06	5,97 ^a	0,36
HH12	7,77 ^e	0,07	68,75 ^a	0,15	72,34 ^a	0,23	76,25 ^a	0,02	10,44 ^b	0,57
HH22	14,1 ^c	0,74	69,38 ^a	0,91	71,44 ^b	0,15	75,14 ^a	0,36	11,63 ^b	0,54
007	13,75 ^a	1,33	70,38 ^b	0,47	73,61 ^c	0,62	78,14 ^b	1,04	14,83 ^d	0,75
010	17,31 ^d	0,07	69,44 ^a	0,08	72,67 ^a	0,23	77,41 ^b	0,52	15,29 ^d	1,27
012	16,83 ^d	3,02	70,34 ^b	0,13	73,67 ^c	0,23	78,24 ^b	0,28	14,45 ^c	1,53
014	14,46 ^d	0,95	70,84 ^b	0,17	74,17 ^c	0,23	79,31 ^c	0,4	16,7 ^d	0,42
016	14,26 ^c	0,73	70,85 ^b	0,18	74,17 ^d	0,23	78,85 ^c	0,35	18,18 ^d	0,91
017	8,41 ^e	0,51	70,22 ^b	0,06	73,75 ^c	0,11	78,37 ^b	0,08	4,46 ^a	5,59
019	15,16 ^d	0,57	69,2 ^a	0,54	72,67 ^a	0,71	76,78 ^a	0,83	15,32 ^d	0,89
020	1,92 ^f	0,41	71,26 ^c	0,14	75,00 ^d	0,24	79,87 ^c	0,37	13,93 ^c	1,72
023	13,59 ^a	1	70,73 ^b	0,95	74,67 ^d	1,18	80,71 ^d	2,06	13,06 ^c	1,08
028	12,67 ^a	0,54	69,23 ^a	0,02	72,94 ^c	0,09	78,08 ^b	0,28	15,49 ^d	0,37
040	14,92 ^d	1,13	69,51 ^a	0,07	74,25 ^c	0,11	79,42 ^c	0,2	15,27 ^d	0,3
067	16,71 ^d	1,29	68,68 ^a	0,15	73,17 ^d	0,23	78,2 ^b	0,58	9,97 ^b	0,54
068	14,67 ^d	1,22	68,64 ^a	0,21	73,17 ^c	0,23	78,69 ^c	0,12	13,02 ^c	0,91
072	13,31 ^a	0,99	68,72 ^a	0,11	71,92 ^a	0,12	76,5 ^a	0,51	12,67 ^c	0,85
077	16,94 ^d	0,95	70,34 ^b	0,16	74,25 ^d	0,11	78,85 ^c	0,14	12,63 ^c	0,38
080	8,54 ^e	3,27	69,31 ^a	0,16	72,5 ^a	0,24	77,11 ^b	0,34	14,38 ^c	1,67
092	17,38 ^d	2,26	69,54 ^a	0,09	74,25 ^d	0,11	80,04 ^d	0,28	11,25 ^b	0,63
107	17,21 ^d	1,87	68,92 ^a	0,16	73,92 ^c	0,12	80,39 ^d	0,15	13,37 ^c	0,82

Valores con letras distintas en las columnas son estadísticamente diferentes $P \leq 0,05$.

Consistencia de Gel

Hegenbart (1996) citado por Clemente, (2005), señala que la viscosidad es una función del peso molecular y la estructura ramificada de la amilopectina, que con todas sus cadenas unidas posee una molécula mucho más grande que la amilosa, por lo tanto, más pesada. La viscosidad incrementa después que los gránulos de almidón son sometidos a un hinchamiento inicial dependen de las especies particulares de almidón y sus tratamientos previos y de la presencia de otras sustancias circundantes en el medio acuoso (Juliano, 1985).

Diferentes metodologías es empleada para evaluar la consistencia de los geles en los almidones; en este caso se utilizó el método descrito por Cagampang y col., (1973). Estos autores señalan que la prueba de consistencia de gel es rápida, simple y un indicador sensible de la viscosidad de pasta fría. En la Tabla 11 se muestra la distancia recorrida por los almidones, se nota que la mayoría de los almidones no son muy viscosos a la concentración que indica el método, puesto que los autores mencionado anteriormente, indica que el método es válido cuando los almidones poseen un contenido de amilosa que va de 24 a 30%, en este caso la mayoría de los almidones no presentaba esa concentración, lo cual ocasionó que no se pudiera determinarse la consistencia de gel, ya que la mayoría de los almidones, exceptuando los almidones de los clones HH8, HH22, 007, 068, y 077, sobrepasaron los límites del frente de la corrida. Sin embargo, se observó que algunos clones presentaron resistencia al flujo, dentro de este grupo el clon 068 es el más consistente de ese grupo al obtener un valor de 5 mm, cabe resaltar

que mientras mayor sea la distancia recorrida, menor es la consistencia del producto, Requena, (2003).

Tabla 11. Consistencia de gel del almidón extraído de 21 clones del banco de germoplasma del INIA.

Clones	Genómio	Consistencia de Gel (mm)
HH8	AAA	17
HH12	AA	> frente de corrido
HH22	AAA	20
007	AAA	12
010	AA	> frente de corrido
012	AAAA	> frente de corrido
014	AAA	> frente de corrido
016	AAA	> frente de corrido
017	AAA	> frente de corrido
019	AAA	> frente de corrido
020	AAA	> frente de corrido
023	AAA	> frente de corrido
028	AAA	> frente de corrido
040	AAA	> frente de corrido
067	ABB	> frente de corrido
068	ABB	5
072	AA	> frente de corrido
077	ABB	11
080	AAA	> frente de corrido
092	ABB	> frente de corrido
107	ABB	> frente de corrido

Para finalizar con el análisis de la caracterización del almidón extraído de los 21 clones de musáceas, es importante aclarar sobre el significado de clones, puesto que ha traído mucha controversia al respecto. Se define clon como un organismo o grupo de organismos que derivan de otro a través de un proceso de reproducción asexual (no sexual). El término se ha aplicado, tanto a células, como a organismos, de modo que un grupo de células que proceden de una célula única también se considera un clon. Por lo general, los miembros de un clon tienen características hereditarias idénticas, es decir, sus genes son iguales, con excepción de algunas diferencias a causa de las mutaciones.

Se refiere, a que posee la misma carga genética o también representa características similares, como se sabe los descendientes de los bananos, provienen de la *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. En la actualidad, se habla de islas de clones, es vez de usar clones directamente. Krauss y col., (1999) indican que en los últimos años se ha cometido errores en el momento de clasificar a los bananos, hoy en día es necesario realizar ensayos de caracterización mediante descriptos del IPGRJ y técnicas moleculares, para asegurar que los bananos presentan las mismas características, por lo tanto clasificarlo de forma correcta. Es razonable que los clones estudiados hayan mostrados diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los distintos parámetros, puesto que tienen en su mayoría la misma carga genética, lo que ocasiona que los bananos compartan características morfológicas similares, pero estos tienen propiedades únicas que hacen diferenciarse uno de los otros.

Obtención del producto (pudín).

Una vez caracterizados los 21 clones de almidón de musáceas y en base a sus propiedades funcionales, se procedió a elaborar el pudín saborizado a chocolate, en base a valores bajos de retrogradación y consistencia relativa, se escogieron 4 clones que fueron los siguientes: 014, 016, 067 y 072. Yao y col., (2002) mencionan que la retrogradación es la mayor razón de deterioro de los alimentos que contienen almidones: la relación entre la estructura y la retrogradación es esencial para producir alimentos y lograr una vida en el anaquel. Además señalan que los factores que afectan la retrogradación del almidón son la estructura de la amilopectina, el contenido de amilosa y la presencia de constituyentes menores, como proteínas y lípidos.

Seguidamente se procedió a escoger la formulación del producto, puesto que solo se quería conocer si efectivamente se logra elaborar un producto con estos almidones. La formulación se tomó de los resultados reportados por Andrade, (2007) para la elaboración de pudín; esta fórmula tenía como formula base 80 gr (ver Tabla 11). Posterior a esto se dio inicio a formular y realizar la prueba sensorial del pudín, dicha prueba consistió en dos partes. Una en donde los panelistas escogieron un pudín de los cuatros presentados y la segunda se comparaba el pudín seleccionado en la primera parte con uno de marca comercial. En ambas ocasiones la prueba sensorial es afectiva tipo aceptación global, se utilizó una escala hedónica que va del 1-9 para establecer el grado de gusto o desagrado de los evaluadores.

Tabla 12. Formulación del pudín. Para ser disueltos en 325 ml de leche líquida

Ingredientes	Peso (gramos)
Almidón	21
Azúcar	50
Cacao en polvo	9
Sal	0,2
Saborizante (Vainillina)	0,02
Formula Base	80 gramos

Se observó una fácil disolución de la mezcla de los cuatros pudines elaborados, la cocción fue moderada a buena, con poca formación de grumos. Una vez refrigerado se consumió el pudín detectando una buena consistencia, sabor, color y olor.

La Figura 13 muestra la evaluación sensorial de los cuatros pudines realizada por los evaluadores. En esta Figura se observa que no encontraron diferencia de preferencia, en cuanto al color, pero en el resto de los parámetros sí hay una tendencia muy marcada a preferir el pudín codificado como 861 correspondiente al clon 072. A pesar de estos resultados, el análisis de ANOVA

señaló que no existe diferencia de preferencia para las medias de color, sabor, textura y global ($p \geq 0,05$), es decir que los cuatro pudines fueron percibidos iguales, en cada uno de esos parámetros, respectivamente. Sin embargo, el parámetro de “olor” si mostró una diferencia de preferencia ($p \leq 0,05$) las medias del parámetro olor son diferentes para cada pudín, esta diferencia se debe a que cada almidón le imparte un “olor” a banano, más intenso que otros, lo cual ocasionó que los panelistas percibieran esa característica en particular. Los resultados de las encuestas realizadas por los panelistas mostró que los cuatro pudines presentados fueron aceptados, a pesar de esto, se eligió el pudín que estaba codificada con el número 861 que corresponde al clon 072, porque en las observaciones de las planillas que se le proporcionaron a los panelistas comentaron que este tenían buena consistencia, olor y sabor.

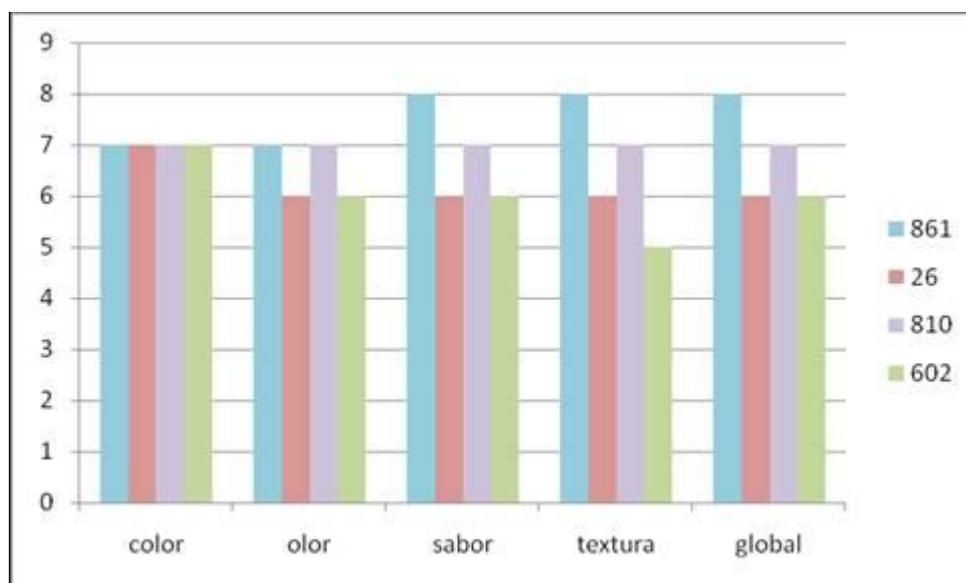


Figura 13. Evaluación sensorial afectiva de los cuatro pudines elaborados con los clones de almidón de musáceas 072 014 016 y 067 codificados con los números (861, 810, 026 y 602) respectivamente.

En la segunda prueba sensorial en la cual se representa en la Figura 14, se observa que los panelistas eligieron ambos pudines, sin embargo, en cuando al olor se ve claramente un grado de gusto por el pudín codificado como 861. Por otra parte, se tiene que el análisis de ANOVA demostró que existía una diferencia significativa de preferencia para el olor, puesto que el valor- p es menor o igual a 0,05. Para los demás parámetros no se encontró diferencias de preferencia, la diferencia encontrada por el olor, se debe a que el pudín elaborado con el almidón de banano se palpaba un aroma agradable de musáceas, mientras que el pudín comercial no se percibía de esa manera.

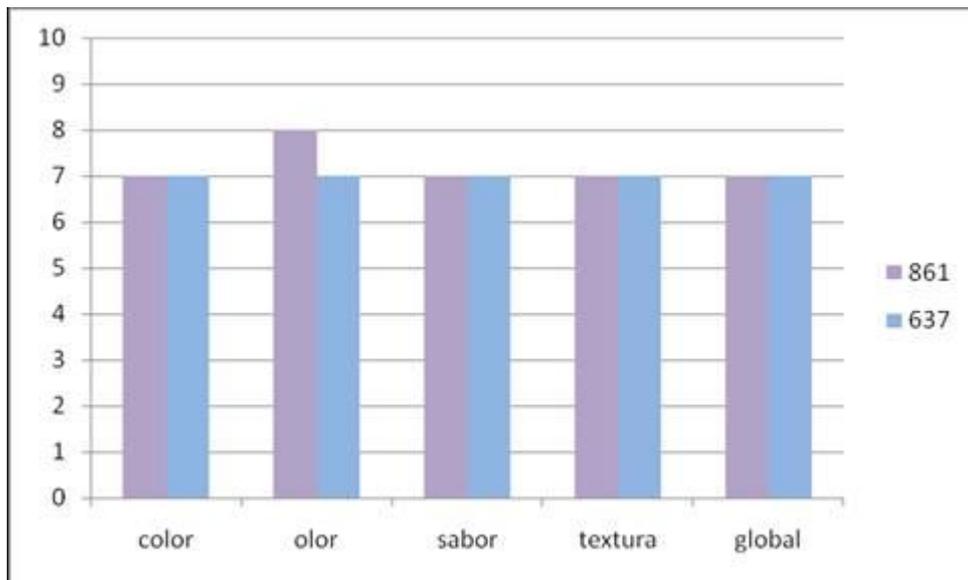


Figura 14. Evaluación sensorial afectiva entre el pudín de Chocolate comercial (637) y el de Almidón de banano (681).

En la Tabla 13, se muestra los parámetros de calidad, el valor del contenido de humedad obtenido fue de 53,02% nos indica que es un producto propenso a ser atacado por microorganismos. Por otra parte se tiene que los valores de pH y acidez titulable caracterizan al producto poco ácido, con bajo contenido de acidez. El alto valor de pH obtenido en la mezcla puede favorecer el crecimiento de microorganismos. La sinéresis resulto negativa lo que significa que el gel es muy estable, y no permite la salida de los componentes de la matriz, es característico de estos productos (pudín).

En cuanto a la consistencia se tiene que al terminar de cocinar el pudín presentó poca consistencia al recorrer una distancia de 11,5 mm, mientras que 30 seg después de la primera medición, la distancia recorrida disminuyo a la mitad, y el producto tiene una buena consistencia característica de los pudines.

Tabla 13. Parámetros de calidad del producto elaborado.

Humedad %	pH	Acidez (meq/ml) H ₂ SO ₄	Consistencia (mm)		Sinéresis
			Al terminar de cocinar	Después de un rato	
53,02 ± 2,58	6,59 ± 0,01	0,159 ± 0,02	11,5	5,5	Negativa

En cuanto al color se muestra en la Tabla 14, que el parámetro de L* indica un color oscuro en la mezcla, el parámetro a* positivo es indicativo de un matiz rojo y el parámetro b* también positivo, indicó un matiz de color amarillo

en la mezcla. El parámetro ΔE indicó que la mezcla está bastante alejada del blanco total, en cuanto al IB la mezcla es oscuro y lejos del blanco: Los valores pequeño de la relación L^* / b^* son relativamente bajos, y es razonable este resultado, puesto que el producto tiene un color marrón oscuro.

Tabla 14. Parámetro de color del pudín.

L*	a*	b*	ΔE	IB	L^*/b^*
28,29±0,94	9,88±0,55	17,77±1,93	49,79±1,55	44,42±1,48	3,24±0,32

XI.CONCLUSIONES.

- Se extrajo, se purificó y se caracterizó el almidón de los 21 clones de bananos del Banco de Germoplasma de Musáceas INIA, con una relativamente buena pureza.
- El almidón extraído de los 21 clones de bananos presentó cantidades muy bajas de proteínas, por lo cual se recomienda en la elaboración de productos alimenticios diseñados para régimen especial de alimentación.
- El almidón extraído de los 21 clones de bananos, muestran colores claros y reflejan matices rojos y amarillos, los responsables de estos matices pudieran ser los pigmentos carotenoides u otro pigmento que absorba a la longitud de onda del rojo y están cercanos al blanco total.
- En cuanto al tamaño y forma de los gránulos de almidón, se tiene que la mayoría presentaron formas ovaladas, alargadas, típicas de los almidones de bananos variando en un intervalo de 14,44-26,710 μ m.
- Los gránulos de almidón de musáceas con menor tamaño tienen mayor capacidad de absorción de agua, sólidos solubles y poder de hinchamiento y se encontró que esta relacionado con el genomio.
- En cuanto al contenido de amilosa se obtuvo que las 21 variedades de bananos, posee la mínima cantidad de este componente para formar geles estables. Asimismo el clon 020 por su bajo contenido de amilosa 1,92 % es considerado un almidón tipo “Waxy” o “Ceroso”.

- Se observó diferencias marcadas en la determinación del rango de gelatinización por DSC y RVA.
- Se demostró que es factible el uso del almidón de bananos para la elaboración de pudines de chocolate, los cuales fueron bien aceptados por los panelistas, encontrándose solo diferencias significativas para el parámetro de “olor”. El almidón más promisorio fue el clon 072.
- La mezcla resulto obtener un color oscuro, con matices rojo y amarillo, la intensidad del color amarillo fue baja. Además caracterizan al producto poco ácido, con bajo contenido de acidez y no presenta sinéresis.

XII. RECOMEDACIONES

Para que no se presente limitaciones en los análisis experimentales. Se recomienda una mayor extracción del almidón de banano.

Realizar análisis de minerales y estudios que confirme si efectivamente los pigmentos son responsables de proveer a los almidones de los matices rojo y amarillo. Asimismo pruebas de difracción de rayos X.

Se recomienda la comercialización del pudín refrigerado y determinar el tiempo de vida útil (periodo de expiración).

Realizar más estudios acerca de los diferentes clones de bananos con el fin de tener una mejor comparación, además de incentivar a la elaboración y producción de nuevos productos.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. AACC (American Association of Cereal Chemists). 1988. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 7th Edition. St. Paul MN USA N° (s): 02-31 y 02-52.
2. AACC (American Association of Cereal Chemists). 2003. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 9th Edition. St. Paul MN USA N° (s): 44-15a., 08-17, 46-13, 32-10 y 22-10.
3. Achundia, M. 2005. Obtención de almidón acetilado de batata (*Ipomea bata*) caracterización uso en la formulación de un producto alimenticio tipo pudín. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
4. AGREVO Venezuela. 2009. Servicios - Cultivos - Plátano y Cambur. En: http://www.resnet.net/agrevo/02b05_cont.html. Accesado en 2009.
5. Akalu, G.; Tufvesson, F.; Jonsson, C. and Nair, B. **1998**. Physico-chemical characteristics and functional properties of starch and dietary fibre in grass pea seeds. *Starch/Stärke*. **50(9):374-382**.
6. Akubor, P. 2005. Production and quality evaluation of a nonfermented beverage prepared from dehydrated plantain pulp. *Eur Food Res Technol*. **220:152-155**.
7. Andrade, D. 2007. Utilización de almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*). Trabajo especial de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo mención agroindustrial de la Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
8. Annadurai, G., Juang, R.S., Lee, D.J. 2002. Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. *J. Hazard. Mater.* **92: 263-274**.

9. Annadurai, G., Juang, R.S., Lee, D.J. 2004. Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels. *Water. Sci. Technol.* **47**: 185-190.
10. Asp, N., Björck, I. (1992). Resistant starch. *Trends Food Sci.* **3**: 111-114.
11. Atwell, W., Hood, L., Lineback, D., Varriaro-Marston, E., Zobel, H. (1988). The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Cereal foods World.* **33** (3): 249-256.
12. 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.
13. Bakry, F., Carreel, F., Jenny, C., Pierre, J. 2008. Genetic improvement. S.M. Jain., P.M Priyadarshan (Eds.), breeding plantation tree crops: tropical species.
14. Belancázar, C.S., Valencia, M.J., Lozada, E. 1991. La planta y el fruto paginas 42-89 en el cultivo del plátano en el trópico (S. Belalcázar, ed). ICA- IDRCCDCQ-INIBAP. Manual de asistencia técnica N° 50.
15. Belitz, H. y Grosch, W. 1997 Química de los alimentos. 2ª edición. Editorial Acribia. Zaragoza-España 1087 p.
16. Bello, L., Meza, K., Contreras, S., Paredes, O. 1999. Isolation and partial characterization of banana starches. *J. Agric. Food Chem.* **47**: 854-857.
17. Bello, L., Contreras, S., Jiménez, A., Paredes, O. 2000. Acetylation and characterization of banana (*MUSA paradisiaca*) starch. *Acta. Cient. Venez.* **51**: 143-149.
18. Bello, L., Meza, K., Contreras, S., Paredes, O. 2001. Functional properties of corn, banana and potato starches blends. *Acta. Cient. Venez.* **52**: 62-67.
19. Blaszcak, W., Voalverde, S., Fornal, J. Amarowicz, R, Lewandowicz, Borkoski, K., 2003. Changes in the microstructure of wheat, corn and

- potato starch granules during extraction of non-starch compounds with sodium dodecyl sulfate and mercaptoethanol. *Carbohydrate Polymers*, **53**:63-73.
20. Cagampang, G. B.; Pérez, C. M.; Juliano, B. O. 1973. A gel consistency for eating quality of rice. *J. Sci. food. Agr.* **24**: 1589-1594
21. Carcea, M.; Cubbada, R.; Acquistucci, R. 1992. Physicochemical and rheological characterization of sorghum starch. *J. Food Sci.* **57(4)**:1024-1028.
22. Cayón. G y Bolaños. M 2007. The impact of defoliation on mineral distribution in bunches of 'Dominico Harton' plantain (*Musa* ABB Simmonds). *Ifomusa*. **8(2)**:30-32
23. Chandler, S. 1995. The nutritional values of bananas. In: bananas and plantains. Gowen, S. (Ed). Chapman and Hall.
24. Chen, Z., Schols, H., Voragen, G. 2003. Physicochemical properties of Amylase, amilopectina, and intermediate material of oat starch. *Cereal Chemistry*. **71(3)**: 263-268.
25. Clark, A. H., Gidley, M. J., Richardson, R. K., y Roos-Myrphy, S. B. 1989. *Macromolecules*, **22**: 346-351.
26. Clemente, G. 2005. Modificación de almidón de arroz (*Oryza sativa*) pirodextrinización, entrecruzamiento e irradiación con microondas. Trabajo presentado para optar al título de Magíster Scientiarum en Ciencia y Tecnología de alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

27. Coulibaly. S., Nemlin, G.K., Kamenan, A. 2007. Chemical composition, nutritive and energetic of value plantain (*Musa ssp*) Hybrids CRBP 14, CRBP 39, FHIA 17, FHIA 21 and Orishele variety. *Tropicultura*. **25** (1): 2-6.
28. COVENIN 1980. Productos de cereales y leguminosas, determinación de humedad. Ministerio de fomento. Norma Venezolana COVENIN 1553-80
29. COVENIN 1979. Alimentos. Determinación del pH (acidez iónica). Ministerio de fomento. Norma Venezolana COVENIN 1315-79
30. COVENIN 1981. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de acidez. Ministerio de fomento. Norma Venezolana COVENIN 1787-81
31. COVENIN 1994. Alimentos colados y picados envasados para lactantes. Ministerio de fomento. Norma Venezolana COVENIN 2005-94
32. Crowl, T.K. 1993. *Fundamentals of Educational Research*. Tavernner, P, WCB Brown and Benchmark, USA.
33. Doublier, J. L., y Choplin, L. 1989. A rheological description of amylase gelation. *Carbohydr Research*, **193**:215–226.
34. Dzomeku, B. M., Bam, R.K., Adu—Kwarteng, E., Darkey, S.K., Ankomah, A.A. 2007 a. Agromic and physio-chemical evaluation of FHIA-21 in Ghana. *Int. J. Agri. Res.* **2**(1): 92-96.
35. Dzomeku, B. M., Bam, R.K., Adu—Kwarteng, E., Darkey, S.K., Ankomah, A.A. 2007 b. Comparative study in the nutritional values of FHIA-21 (tetraploid hybrid) and Apem (triploid French plantain) in Ghana. *Int. J. Plant Sci.* **1** (3): 187-191.
36. Dzomeku, B. M., Adu—Kwarteng, E., Darkey. 2007 c. Comparative study on the nutritional composition of two FHIA-21 (tetraploid French

- plantain) and FHIA-03 tetraploid cooking banana) in Ghana. *Am. J. Food Technol.* **2**(5): 452-456.
37. Eliasson, A. C. y Gudmunsson, M. 1996. Starch: physicochemical and functional aspects. In: Eliasson, A. C. Carbohydrates in Food. Editorial Board Marcel Dekker, Inc. 555
38. Eliasson, A. C. y Tatham, A. 2001. Cereal Starch and Proteins. En: Dendy, V. David y Dobraszczyk, Boydan J. Cereal and Cereal Product. Chemistry and Technology. An Aspen Publication. 429.
39. Fennema, O.R. 2000. Química de los alimentos. Tercera Edición. Marcel Dckker Inc. New York.
40. Flores, E., García, F., Flores, E., Núñez, M., Gonzáles, A., Bello, L. 2004. Rendimiento del proceso de extracción del almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana.* **55**: 86-90.
41. Foulkes, D., Espejo, S., Marie, D., Delpeche, M., Preston, T.R. 1978. El platano en la alimentación de bovinos: Composicion y producción de biomasa. *Rev. Prod. Anim. Trop.* **31**:41-46.
42. French, D. 1984. Starch: Chemistry and technology. Academic Press. New York.
43. García, M., Cubadda, R., Acquistucci, R. 1992. Physicochemical and reological. Charecterization of sorghum. *Starch. J food y Sci.* **37**:733-735.
44. Gidley, M. J., & Bulpin, P. V. 1989. Aggregation of amylose in aqueous system: the effect of chain length on phase behavior and aggregation kinetics. *Macromolecules*, **22**, 341–346.
45. González, Z., Pérez, E. 2002. Effect of acetylation of some properties of Rice. *Starch* **54**:3-4.

46. Good, H. 2002. Measurement of color in cereal products. *Cereal. Food world.* **47**(1): 5-6
47. Grisales, F. 1999. Agronomic comparison of two types of propágulos of Dominico Hartón plantain (*Musa* sp. AAB group). *Infomusa* **8**(2):28-29.
48. Happi, T., Herinavalona, R., Wathelet, B., Tchango, J., Paquot, M. 2007. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food. Chem.* **103**: 590-600.
49. Hibi, Y., Matsumoto, T., Hagiwara, S. 1993. Effect of high pressure on the crystalline structure of various starch granules. *Cereal Chem.* **70**:671-676.
50. Hsu, S.; Lu, S.; Huang, C. 2000. Viscoelastic changes of rice starch suspensions during gelatinization. *J. Food. Sci.* **65**(2): 215-220.
51. Hunter, 2001. Lab. Manual 2001. The color Management company hunter associates Hunter associates laboratory, color universal software version 410 ISO 9001 certified.
52. Jay, J. 1996. *Modern Food microbiology* 5th Ed. Chapman & Hall Pub. New York.
53. Juliano, B. O. 1985. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. in: Juliano, B. O. *Rice chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemist, Inc. **3**: 59-160.
54. Kalichievsky, M. T., Orford, P. D., y Ring, S. G. 1986. The incompatibility of concentrated aqueous solutions of dextran and amylose and its effect on amylose gelation. *Carbohydrate Polymers*, **6**: 145-154.
55. Kayisu, K., Kood, L., Vansoest, P. 1981. Characterization of starch and fiber banana fruit. *J. Food. Sci.* **46**: 1885-1890.
56. Koroteeva, D.A., Kiseleva, V.I., Krivandin, A.V., Shatalova, O.V., Blaszcak, W., Bertoft, E., Piyachomkwan, K., Yuryev, V.P. 2007. Structural and thermodynamic properties of rice starches with different genetic background. Part 2. Defectiveness of different supramolecular structures in starch granules. *Int. J. Biol. Macromol.* **41**:534-547.
57. Krauss, U., Figueroa, R., Johanson, A., Arevalo, E., Anguiz, R., Cabeza, O y Garcia, L. (1999). Musa clones in Peru: classification uses, production potential and constraints. *Infomusa* **8**(2):19-26

58. Leach, H. 1967. Gelatinization of starch in “starch, chemistry and technology”. Vol 1. Eds. R.L. Academic Press. New York.
59. Lee, S.K., Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest. Biol. Tec.* **20**: 207-220.
60. Lescot, T. 2006. Banana in figures, the world’s favorite fruit. *Fruitrop.* **140**:5-9.
61. Lii, C.Y., Chang, S.M., Young, Y.L. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *J. Food. Sci.* **47**: 1493-1497.
62. Lii, C y Shang, Y. (1991). Study of starch in taiwan. *Food Review international* **7** (2): 185-203
63. Lineback, D., Inglett, G. 1982. Food applications of gums in: Glixkman,; Food Carbohydrates. Basic Simposium. Series A VI Publishing Company, Inc Wesrport, Connecticut.
64. Lii, C. Chang, S. Young, Y. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *J. Food Sci.* **47**:1493-1497.
65. López, P. 2006. Obtención de almidón fosfatado de batata (*Ipomea batatas L. Lam*) Caracterización y uso en la formulación de un producto alimenticio. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
66. Lund, D. (1984). Influence of time, temperature moisture, ingredients and processing condicions on starch gelatinization. *CRC Crit. Rev. Food. Sci and Nutr.* **20** (4). 249
67. Martínez, H.J., Peña, Y. 2006. Cadena de plátano en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo social. Bogotá, Colombia.
68. Marzur, E. Schoch, T. Kite, F. 1957. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of the various starches. *Cereal Chem.* **34**: 141-151
69. 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 de instituto y ciencias y tecnología de alimentos de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela

70. Merca, F.E., Juliano, B.O. 1981. Physicochemical properties of starch of intermediate-amylose and waxy rices differing in grain quality. *Starch*. **33**(8):253-260.
71. Mestres, C. Y Rouau, X. 1997. Influence of natural fermentation and drying conditions on the physicochemical characteristics of cassava starch. *J. Sci. Food Agric.* 74:147-155.
72. Miles, M. J., Morris, V. J., y Ring, S. G. 1985. Gelation of amylose. *Carbohydr Research*, **135**, 257–269.
73. Mire, A. 1990. Conceptos y metodología utilizado para el estudio de las propiedades estructurales del almidón. Seminario de grado de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
74. Moreno, H. 1997. Modificación de almidones por métodos físicos y químicos I. Deshidratación por doble tambor de almidones de sorgo y plátano. Oxidación de almidón de sorgo III acetilación de almidón de plátano. Tesis de licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
75. Mozafar, A. 1994. Plant vitamins: agronomic, physiological and Nutritional aspects. CRC Press, Boca Raton. FL.
76. Niba, I I.; Mokanga, M. m.; Jackson, E. L.; Schlimme, D. S. and Li, B. W. 2001. Physicochemical properties and starch granular characteristics of flour from various *Manihot esculenta* (Cassava) genotypes. *Food Chemistry and Toxicology*. **67**(5):1701-1705.
77. Nielsen, S. 1998. Food análisis 2nd editium. An Aspen. Publicatio Garthesburg. Maylan.
78. Nuñez. M.C., Bello, L.A., Tecante, A. 2004. Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological behavior of banana (*Musa paradisiaca*) starch. *Carbohydr. Polym.* **56**: 65-75.
79. Nwokocha, L., Williams, P. 2008. Some properties og white and yellow plantain (*Musa paradisiacal, normalis*) starches. *Carbohydr. Polym.* Xxx-xxx.
80. Oliveira, J., Vieira, A., Zaczuk, P., Rosana, B., Aparecida, J., Purgatto, E., María, A. 2006. *Postharvest. Biol. Tec.* **40**: 41-47.

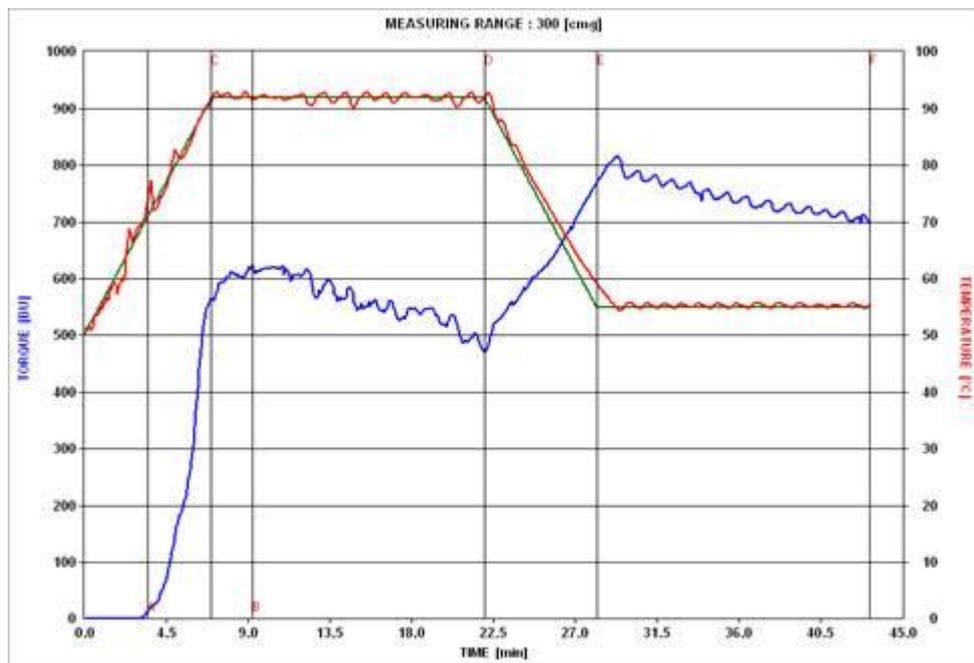
81. Pacheco, E., Maldonado, R., Pérez, E., Schroeder, M. 2008. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. *Apr.* 33(4): 290-296.
82. Palma, M.E. Utilización de almidón de batata (*Ipomea batata* L.LAM). modificación por fosforilación y pregelatinización en la formulación de un producto tipo pudín. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
83. Pereira, D. A. 2004. Caracterización de almidones provenientes de diferentes variedades de arroz. Trabajo presentado para optar al título de Magíster Scientiarum en Ciencia y Tecnología de alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
84. Pérez, E. 1989. Evaluación de las características físicas, químicas y reológicas del almidón nativo y pirrodextrización de las especies de amaranto gramífero. Trabajo de ascenso para optar la categoría del profesor agregado. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
85. Pérez, E., Bahnssey, Y., Breene, W. 1993 A simple laboratory scale method for isolation of amaranthus starch. *Starch.* 45 (6): 211-214.
86. Pérez, 1994. Caracterización de las propiedades funcionales de almidones nativos y modificados. I.- Métodos Físicos de extrusión, deshidratación con doble tambor e irradiación Gamma y microondas. Trabajo de ascenso del instituto de ciencias y tecnología de alimentos, de la Universidad Central de Venezuela. Caracas- Venezuela.
87. Pérez, E. 1996. Algunas experiencias sobre modificación química de almidón realizadas en Venezuela. en: conferencia internacional de almidón, Quito, Ecuador, 8 – 10 de mayo. 129 – 146p.
88. Pérez, E. 1997. Characterization of starch isolated from plantain (*Musa paradisiaca normalis*). *Starch.* 49:45-49.
89. Pérez, S. Borneo, R. Melito, C. y Tovar, J. 1999b. Chemical, physical and morphometric properties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza* B.) starch. *Acta Científica Venezolana.* 50:240-244.

90. Pérez, E. 2001. Modificación de las propiedades funcionales de harina y almidones de ocumo criollo (*Xanthosoma sagittifolium*), ocumo chino (*Colocasia esculenta*) y batata (*Ipomeas batatas*) para su aprovechamiento en la formulación de alimentos horneados. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
91. Pérez, E., Schultz, F., Pacheco de Delahaye, E. 2005. Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocassia esculenta* (taro). *Carbohydr. Polym* **60**(2): 139-14.
92. Radley, J. 1976. Examination and analyses of starch and starch products. Applied Science publisher LTD, London. 220p
93. Rasper, V. 1980. Theoretical aspects of amylographology. In: the Amylograph Handbook. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St Paul.
94. Requena, I. 2003. Efecto del grado de acetilación sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas del almidón de arroz (*Oryza Sativa* L). Tesis de pregrado del Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Central de Venezuela. Caracas- Venezuela.
95. Robinson, J. C. 1996. Distribution and importance; taxonomic classification, cultivars and breeding. Inc: Robinson (Ed). Bananas and plantains. Págs 1-33. Crop productions science in horticulture series N°5. CABI. Wallingford, Uk.
96. Ruiz, V.E. 1983. Utilización de los almidones nacionales derivados del maíz (*Zea mays* L.) y yuca (*Manihot esculenta* crantz) como espesante para productores a partir del tomate. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
97. Schoch, T. 1964. Fatty substances in starch. In methods in carbohydrate chemistry. (wistler. R. L. Ed.). New cork: Academy Press.
98. Shewfelt, R.L. 1990. Sources of variation in the nutrient content of agricultural commodities from the farm to the consumer. *J. Food. Quality*. **13**: 37-54.

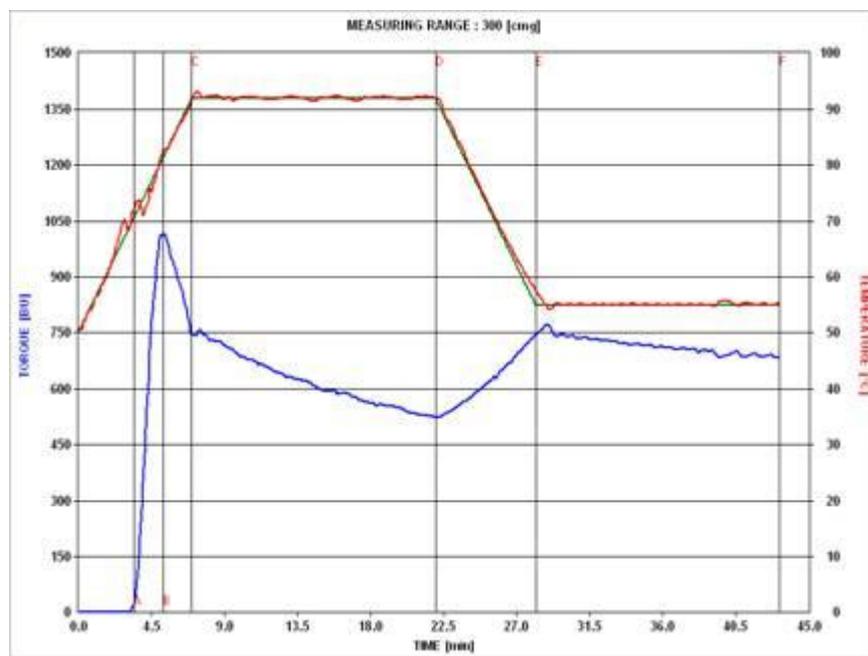
99. Smith R., 1967. Characterization and analysis of starches. In: Whistler RL, Paschall EF. Starch Chemistry and Technology. Ed Academic Press. Segunda Edición. USA.
100. Stover, R.H., Simmonds, N.W. 1987. Classification of banana cultivars Págs 97-103 en R.H. Stover y N. W. Simmonds (Eds), Bananas. Tercera Edición. John Wiley y Sons. New York.
101. Subramanian, S.; Viswanathan, R. 2007. Bulk density and friction coefficients of selected minor millet grains and flours. *J. Food Eng.* **81**: 118- 126.
102. Swinkels, J. 1985. Sources of starch its chemistry and physics. In: Starch conversion Technology. Ed. GMA. Marcel Dekker, Inc. pp15-46.
103. Texeira, M., Ciacco, C., Tavares, D., Bonezzi, A. 2008. Ocorrencia e caracterizaçã do amido resistente em amidos de milho e de banana. *Cienc. Tecnol. Aliment.* **18**(2):
104. Thomas, S. y Atwell, W. 1999. Starches. Critical guide for the food industry, Eagan Press, St Paul, Minnesota, USA.
105. Torre, L., Chel, L., Betancur, D. 2008. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food. Chem.* **106**: 1138-1144.
106. Waliszewski, K., Aparicio, M., Bello, L., Monroy, J. 2003. Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydr. Polym.* **52**: 237-242.
107. Whang, L y White, P. 1994. Structure and physicochemical properties of starches from oats with different lip content. *J. Food. Sci.* **63**: 644.
108. Yeh, A. y Li, J. 1996. A continous measurement of swelling of rice starch during eating. *J. Cereal. Sci.* **23**:277-283.
109. Yeh, A y Yeh, L., 1993. Some characteristics of hydroxypropilated and cross-linked rice starch. *Cereal Chemistry.* **70**, 273–276
110. Yao, Y. Zhang, J y Ping, X. (2002). Structure-retrogradation relationship of rice starch in purified and cooked rice grains: A Statical Investigation. *J. Agric. Food Chem.* **50**(25): 7420-7425.

111. Zou, M., Robard, S., Glemie, M., Heliwell, S. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chemistry*. **75**: 273-281
112. Zobel, H.1988. Starch Crystal transformation and their industrial Importance starch/starke 40(1): 1-7.

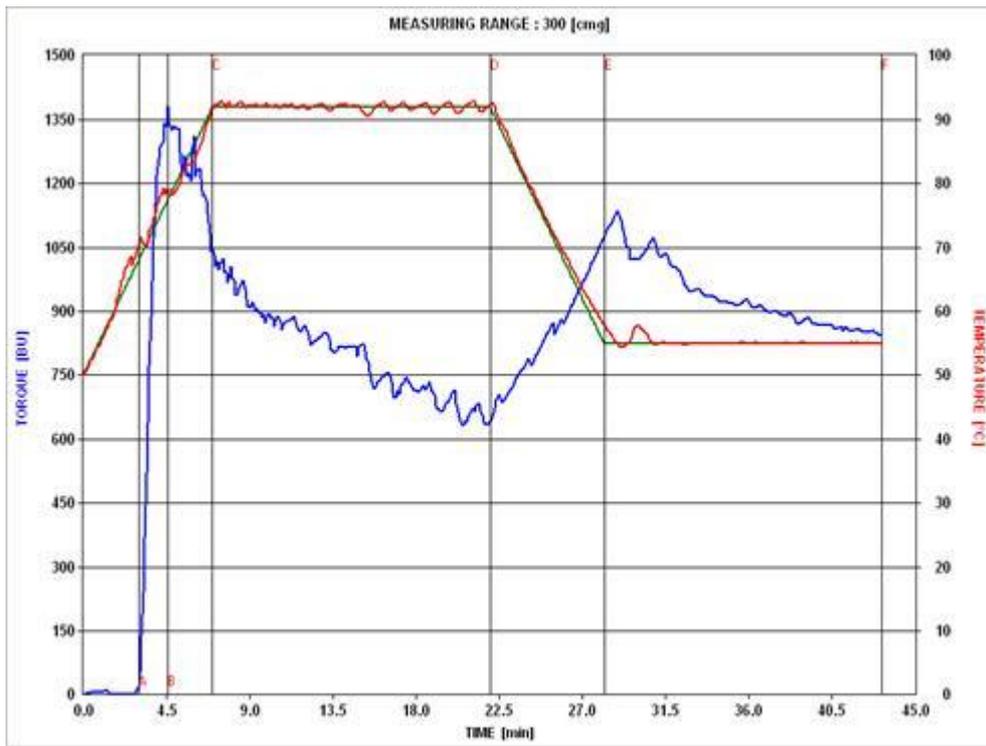
XIVANEXOS.



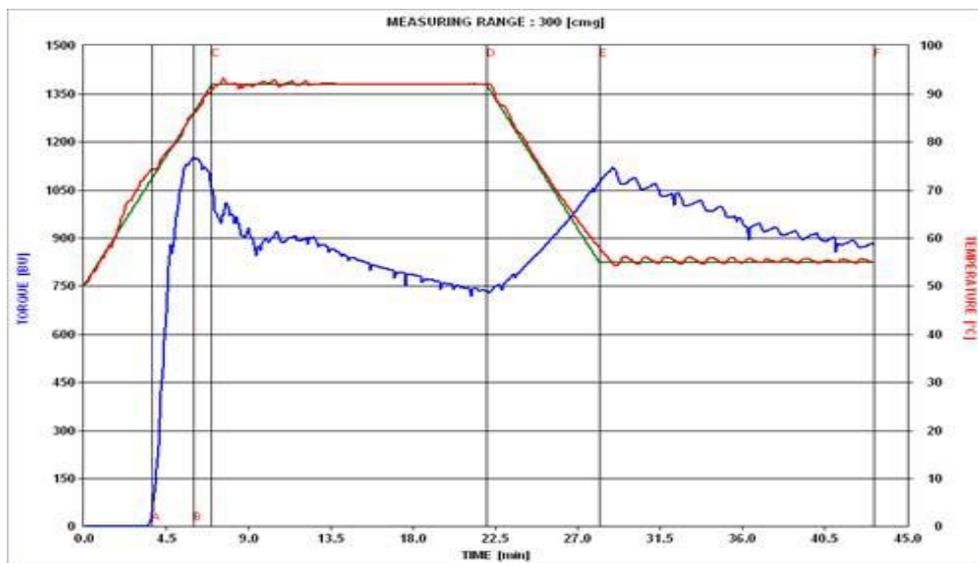
Anexo 1. Figura perfil amilográfico de almidón de banano clon (HH8).



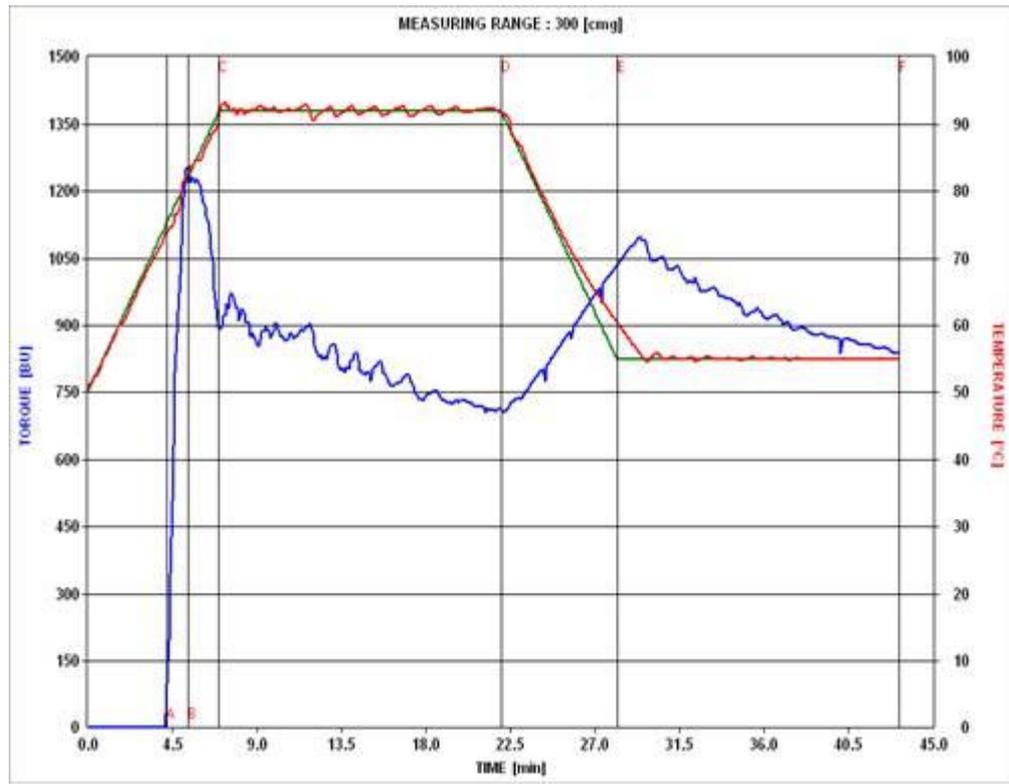
Anexo 2. Figura Perfil amilográfico de almidón de banano clon (HH12).



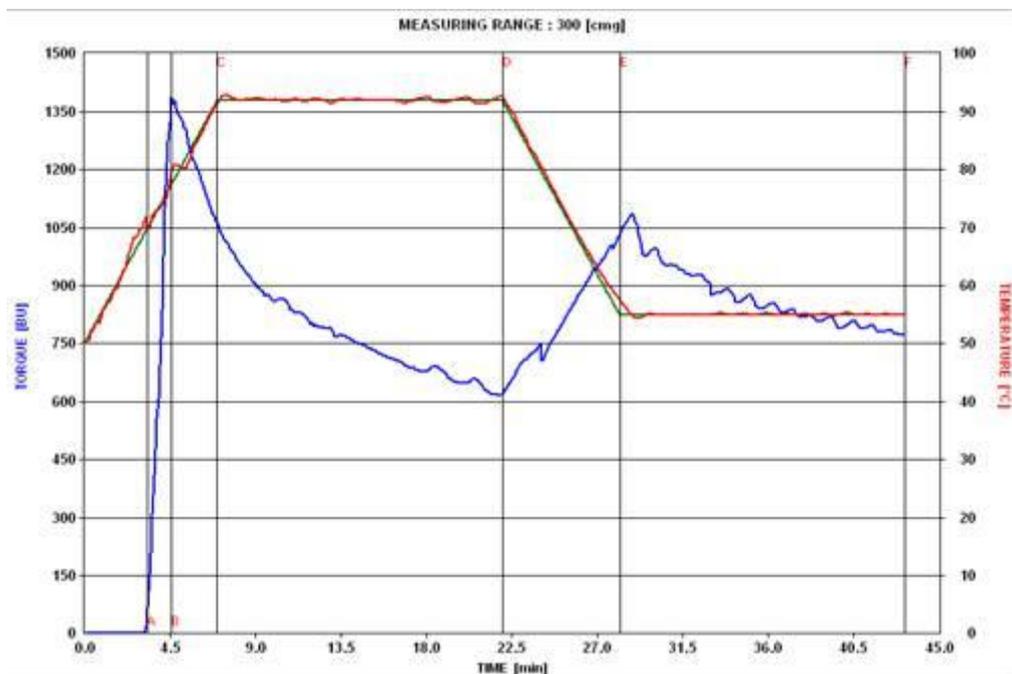
Anexo 3. Figura perfil amilográfico de almidón de banana clon (HH22).



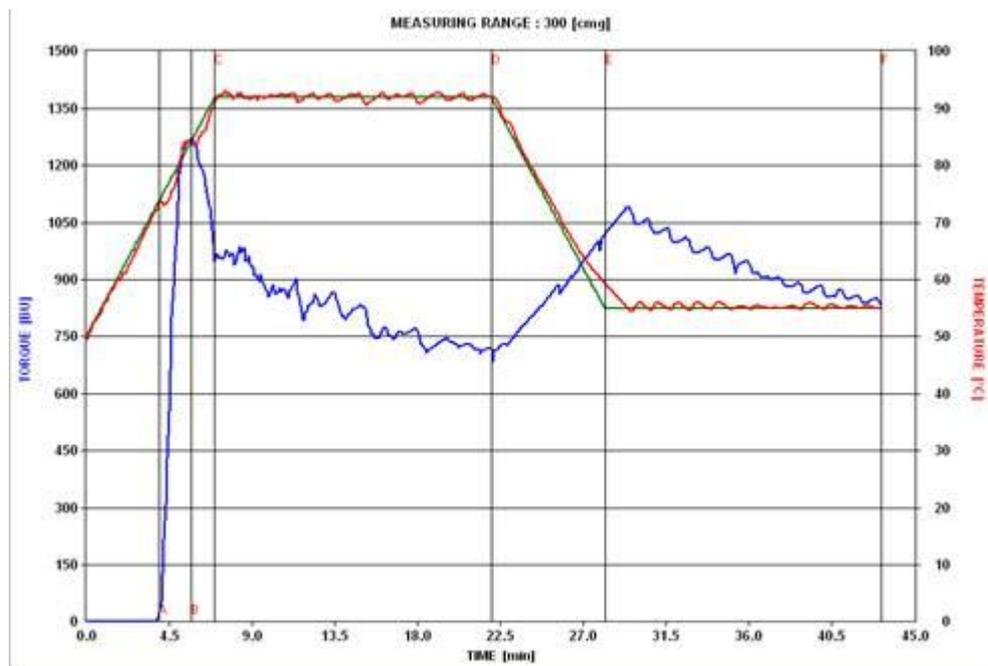
Anexo 4. Figura perfil amilográfico de almidón de banana clon (007).



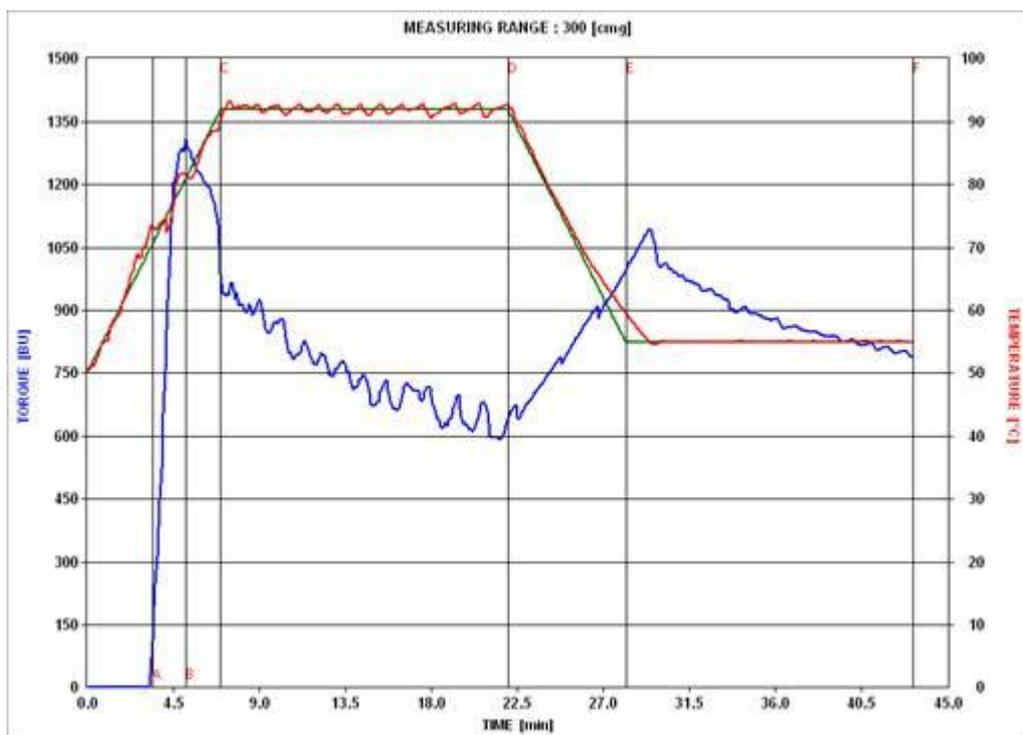
Anexo 5. Figura perfil amilografico de almidón de banana clon (010).



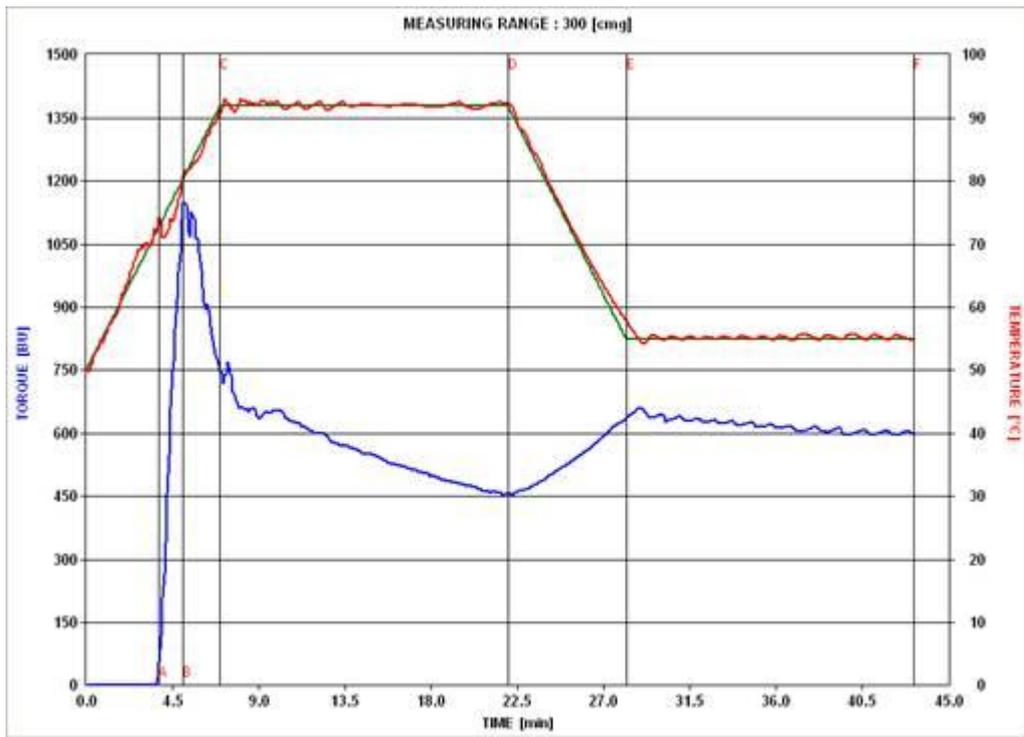
Anexo 6. Figura perfil amilografico de almidón de banana clon 012.



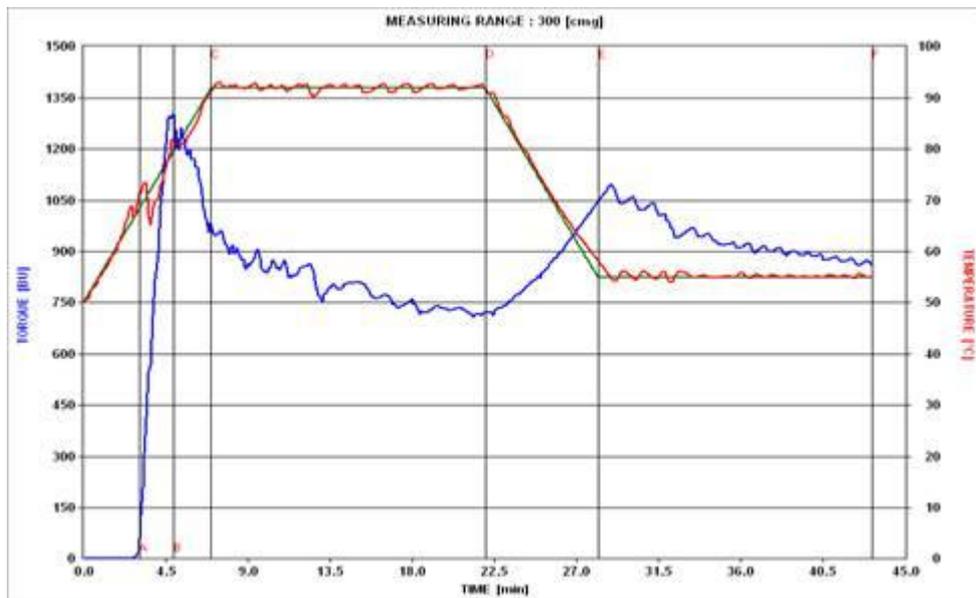
Anexo 7. Figura perfil amilográfico de almidón de banana clon (014).



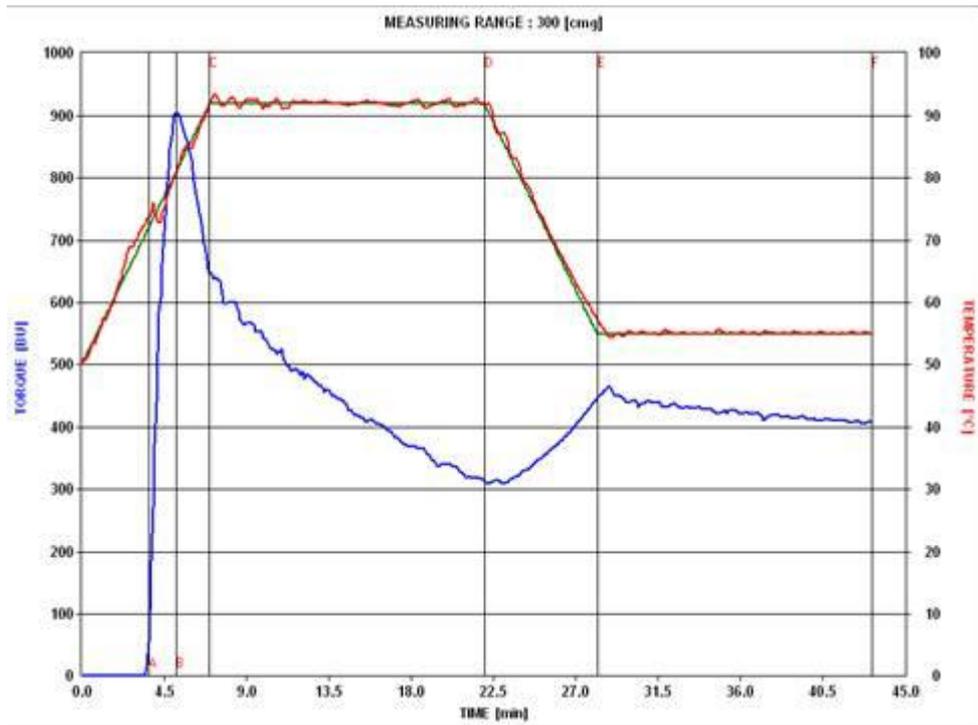
Anexo 8. Figura perfil amilográfico de almidón de banana clon (016)



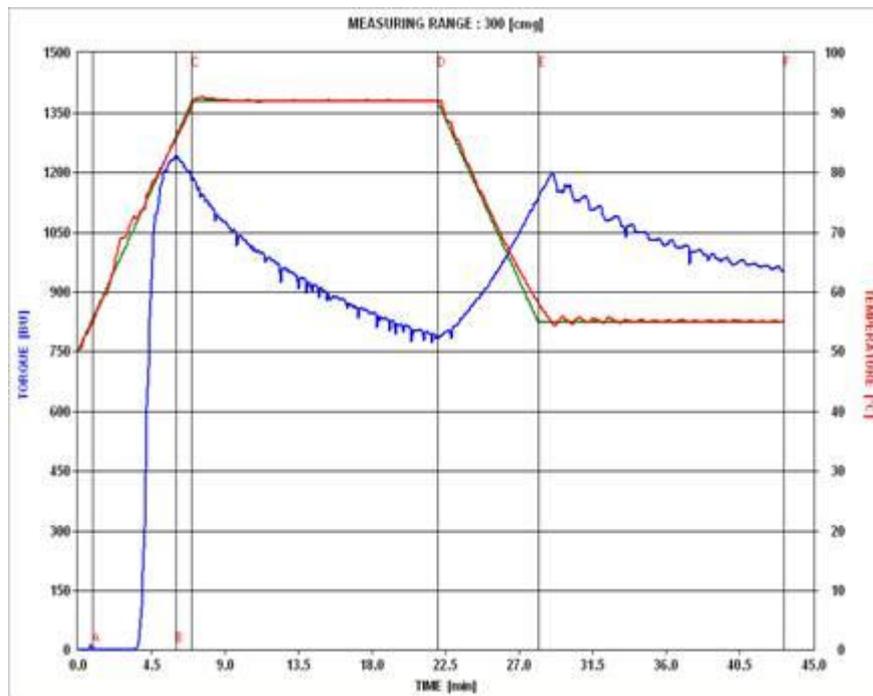
Anexo 9. Figura perfil amilográfico de almidón de banano clon (017)



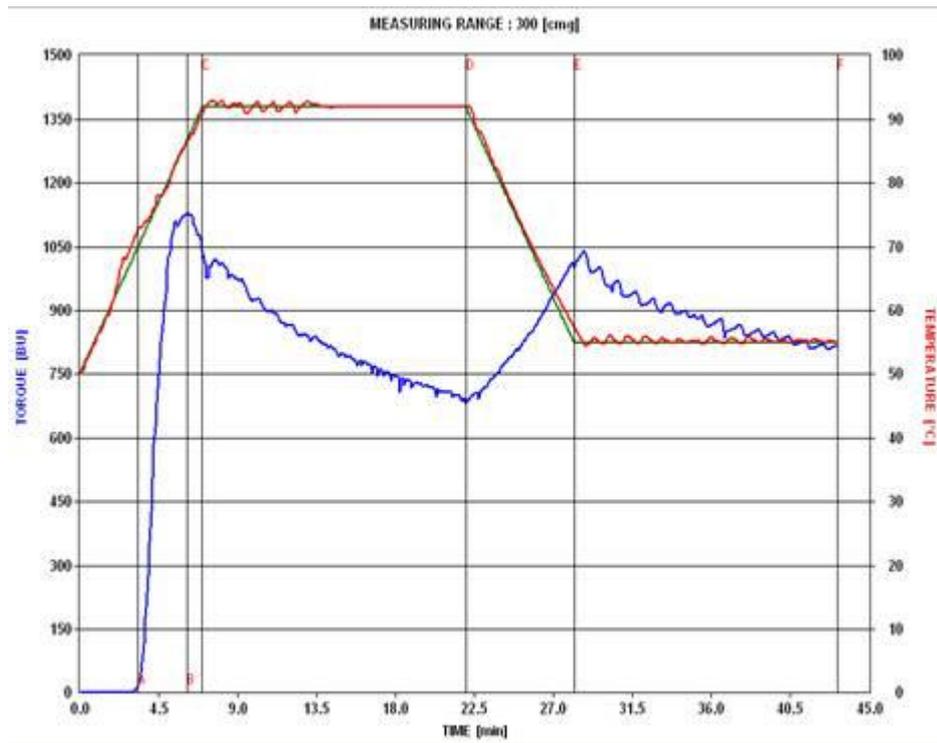
Anexo 10. Figura perfil amilográfico de almidón de banano clon (019).



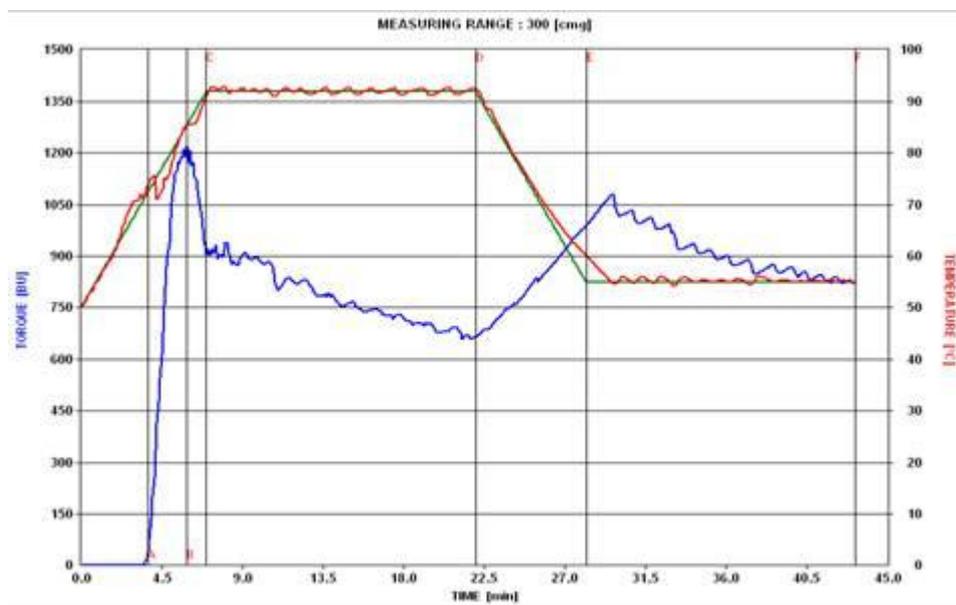
Anexo 11. Figura perfil amilográfico de almidón de banana clon (020).



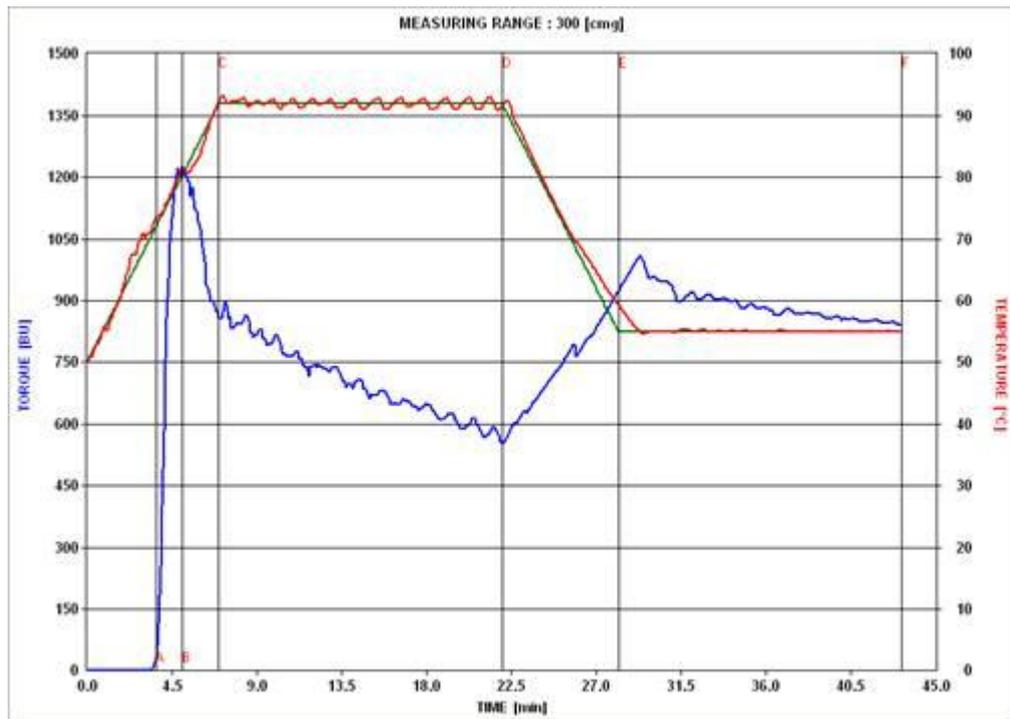
Anexo 12. Figura perfil amilográfico de almidón de banana clon (023).



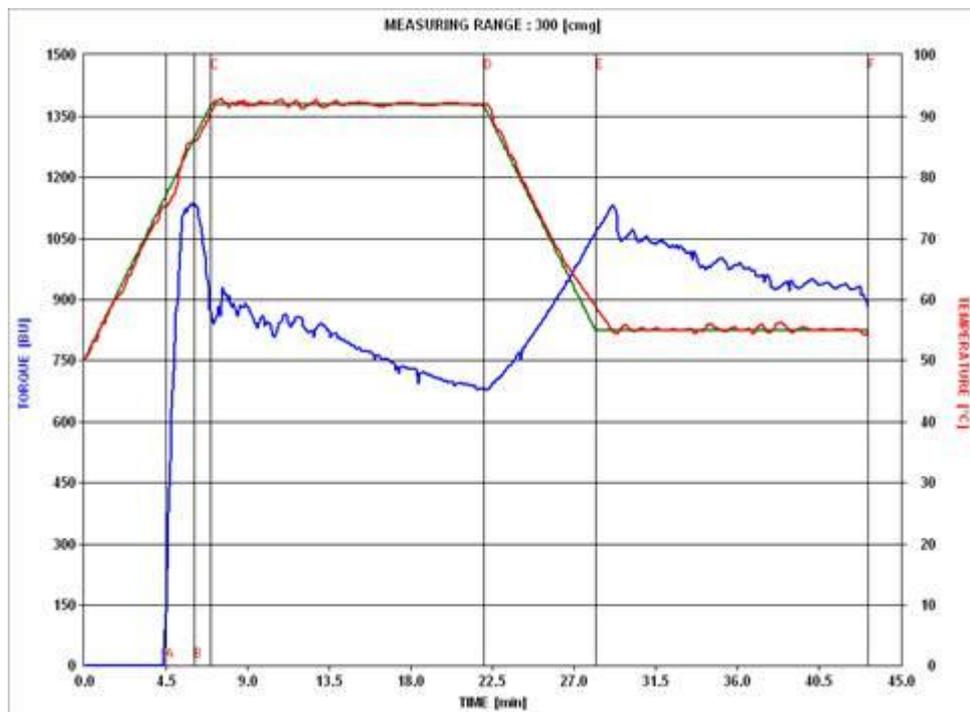
Anexo 13. Figura perfil amilográfico de almidón de banano clon (028).



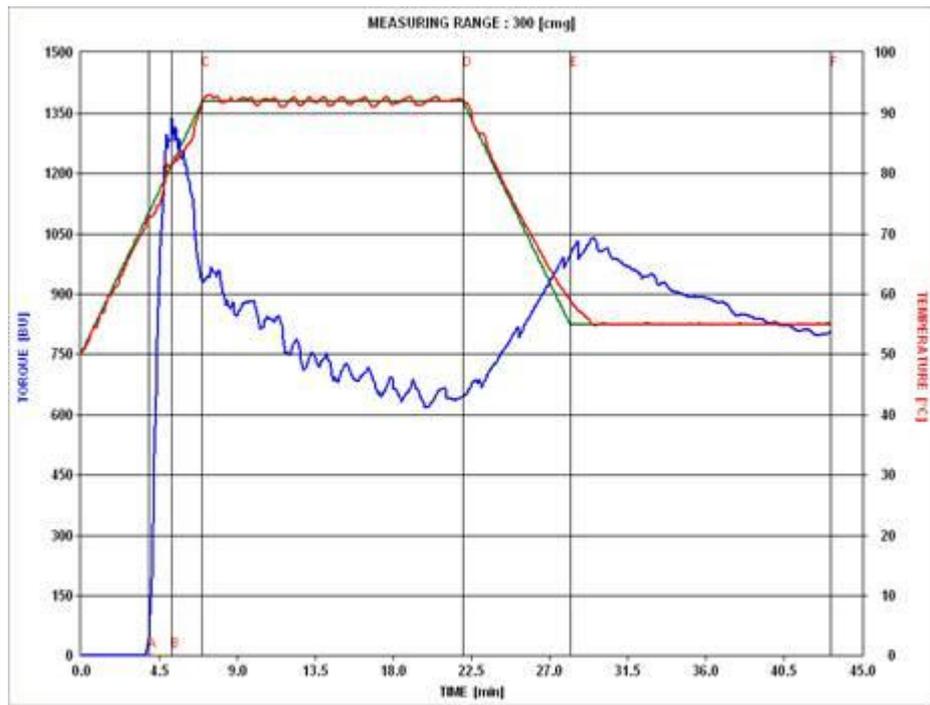
Anexo 14. Figura perfil amilográfico de almidón de banano clon (040).



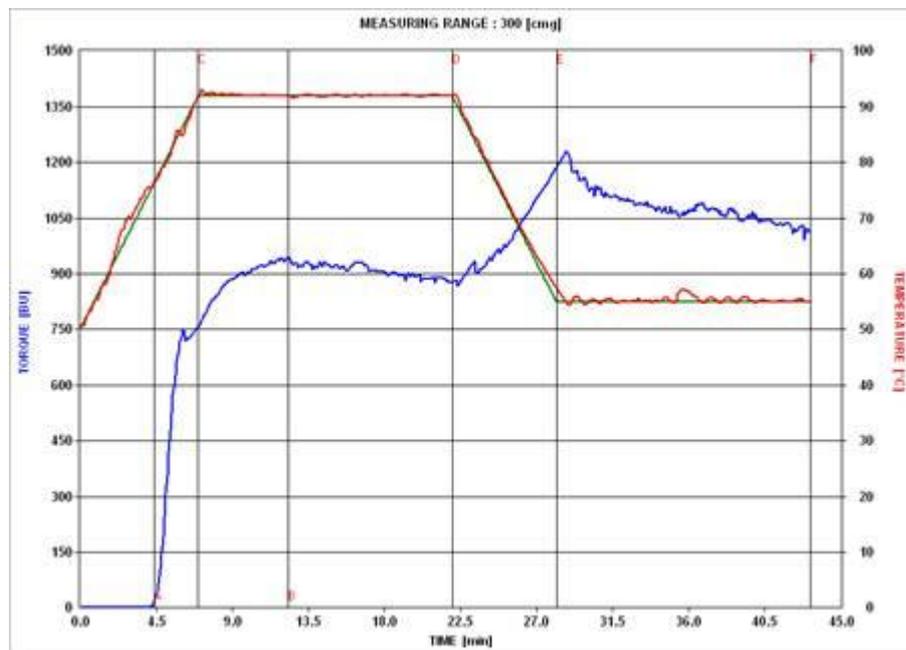
Anexo 15. Figura perfil amilográfico de almidón de banana clon (067).



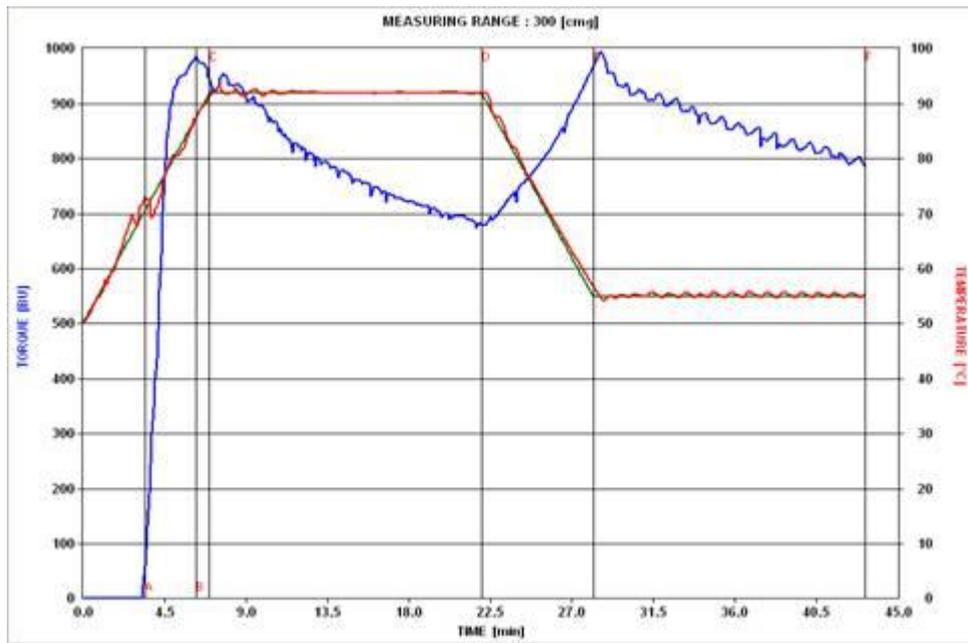
Anexo 16. Figura Perfil amilográfico almidón de banana clon (068)



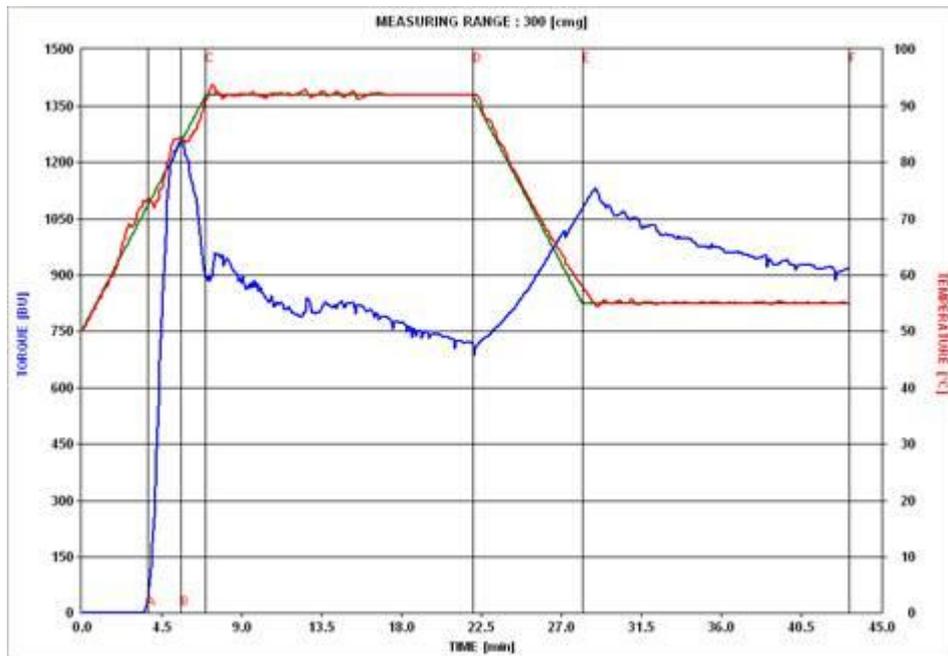
Anexo 17. Figura Perfil amilográfico almidón de banano clon (072).



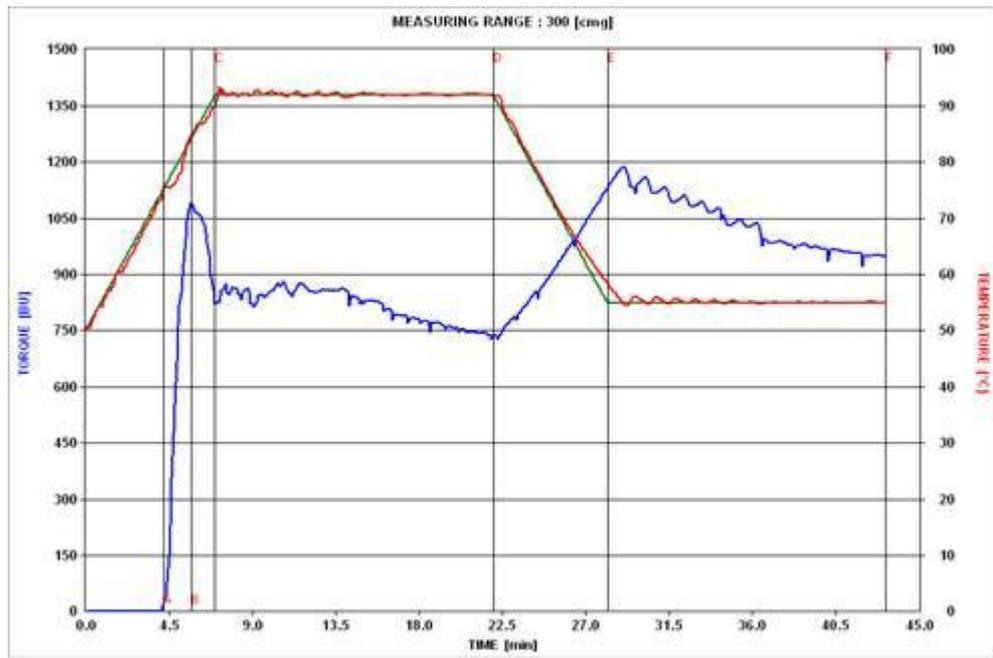
Anexo 18. Figura Perfil amilográfico almidón de banano clon (077).



Anexo 19. Figura perfil amilográfico almidón de banano clon (080).



Anexo 20. Figura perfil amilográfico almidón de banano clon (092)



Anexo 21. Figura perfil amilográfico almidón de banano clon (107).

Anexo 22. Figura Planilla de la evaluación sensorial de los cuatros pudines de almidón de banano.

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____
 A continuación se le entregan cuatros muestras de pudín, para que usted evalúe su color, olor, sabor, textura y aceptación global.
 Con este fin colocara en la fila en que aparece el código de la muestra el número que le corresponde de la siguiente escala hedónica:

9. Me gusta extremadamente.
8. Me gusta Mucho.
7. Me gusta moderadamente.
6. Me gusta ligeramente.
5. Me es indiferente.
4. Me disgusta ligeramente.
3. Me disgusta moderadamente.
2. Me disgusta mucho.
1. Me disgusta extremadamente.

Por favor tomar agua y comer un trozo de galleta entre cada muestra:

Código muestra	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global.
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentarios:

Gracias por su Colaboración

Anexo 23. Figura Planilla de la evaluación sensorial del pudín comercial y el de almidón de banano.

Nombre: _____	Edad: _____	Fecha: _____			
A continuación se le entregará dos muestras de pudín para que usted evalúe su color, olor, sabor, textura y aceptación. Con este fin, colocara en la fila en que aparecen los códigos de la muestra el número que le corresponde de la siguiente escala hedónica:					
<ol style="list-style-type: none"> 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 mucho. 1. Me disgusta extremadamente. 					
Por favor tomar agua y comer un trozo de galletas entre muestras.					
Código de muestra	Color	Olor	Sabor	Textura	Global.
_____	_____	_____	_____	_____	_____
Comentarios:					

<i>Gracias por su colaboración</i>					