



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Caracterización y evaluación morfológica, física y química de introducciones del banco de germoplasma de musáceas en el Centro de Investigación Corpoica Palmira

Álvaro Caicedo Arana

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela de Posgrados
Palmira, Colombia
2015

Caracterización y evaluación morfológica, física y química de introducciones del banco de germoplasma de musáceas en el Centro de Investigación Corpoica Palmira

Álvaro Caicedo Arana

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Agrarias

Director: Jaime Eduardo Muñoz Flórez

Línea de Investigación:
Frutales Tropicales

Grupo de Investigación:
Diversidad Biológica
Frutas del Trópico

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela de Posgrados
Palmira, Colombia
Año, 2015

Dedicatoria

Con dedicación especial a DIOS quien es mi faro y siempre ha estado a mi lado, cargandome en los momentos mas difíciles de mii vida; a la memoria de mis padres Hernando y Rosario (q.e.p.d) a quienes llevo en mi corazón por su amor incondicional y por traerme a esta vida y darme principios y valores como ser humano; a mis hermanos que me han acompañado y apoyado en todo momento; y muy especialmente a mi esposa Alejandra y mis hijos José David, y Nicolás, que han sido los motores, mi motivación, y mi gran tesoro en el dia a dia, y finalmente a todos mis amigos y compañeros de trabajo que han confiado en mi, impulsándome a seguir adelante, por encima de las dificultades

Agradecimientos

Es mi deseo poder expresar mis más sinceros agradecimientos a mi Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, por acogerme nuevamente en sus aulas,

A las directivas de CORPOICA y del Centro de Investigación Palmira, por brindarme el apoyo necesario para culminar estos estudios

Muy especialmente al Sistema Nacional de Bancos de Germoplasma de la Nación Colombiana por permitirme adelantar esta investigación con el fin de generar valor agregado a este recurso valioso para la humanidad.

A mis amigos, colegas y compañeros, Jaime Eduardo Muñoz F, y Herney Dario Vásquez A, docentes de la Universidad Nacional sede Palmira; a Ayda Lilia Enríquez, Eberto Rodríguez H, Jorge Alberto Valencia M, Farly Lucumí, Adelmo Lozano, Victor Balanta y Luis Carlos Mayor, compañeros de trabajo en Corpoica, y los estudiantes pasantes y contratistas de la Corpoica y Universidad Nacional sede Palmira: Kelly Lorena Ocampo, Marcela Urbano, y demás personas que colaboraron en la realización del presente trabajo.

Resumen

Los bancos de germoplasma del estado colombiano, que reúnen la mayor diversidad y variabilidad genética posible, tienen como finalidad salvaguardar, caracterizar, evaluar y generar opciones de investigación, mejoramiento y uso de los recursos genéticos. En tal sentido, el banco de germoplasma de musáceas, compuesto por 185 accesiones agrupadas por plátanos (88), bananos (54), bananitos (37) y especies ornamentales (06), fué caracterizado y evaluado morfológica y físico químicamente en las instalaciones del C.I. Palmira de Corpoica, localizado a 1001 msnm, 23°C y 1100 mm de precipitación, por espacio de cuatro años.

La caracterización morfológica se realizó con base en los descriptores del IPGRI (1996), mediante 127 variables cualitativas, analizadas con el programa estadístico R, con Análisis Factorial Múltiple "AFM" con el objetivo de evaluar y cuantificar la diversidad y variabilidad genética del banco. El estudio permitió seleccionar 41 descriptores o variables altamente discriminantes, capaces de cualificar la variabilidad, reduciendo en unos 67,7% variables del descriptor, explicando más del 70% de la variabilidad genética contenida en el banco. El 78,1% de las variables evaluadas, correspondieron a dos órganos de la planta, variables de la inflorescencia/ yema masculina (41,5%), y del fruto (36,6%). Con mayor poder discriminante fueron: hábito foliar, enanismo, color cara interna y externa bráctea, color de: pedúnculo, pseudotallo, y subyacente al pseudotallo; presencia de semillas, forma de la yema masculina, posición del raquis y del racimo, y aspecto del raquis.

De acuerdo con el AFM se agrupó el banco en tres clusters de acuerdo a la variabilidad expresada por tipo, genoma y accesión. La evaluación física del banco se centró en la inflorescencia (racimo) y frutos, valorados mediante 25 descriptores, indicando que el 43% de los descriptores superan el 30% del indicador de variabilidad, demostrando amplia diversidad genética, a excepción de la colección de bananito. El descriptor que más aporta a la variabilidad del banco es la materia seca de la pulpa (48%), básico para procesos agroindustriales. Las accesiones ornamentales (*Musa spp*), son las más precoces, con potencial en el mercado de flores exóticas.

X Caracterización y evaluación morfológica, física y química de introducciones del banco de germoplasma de musáceas en el Centro de Investigación Corpoica Palmira

Se observó accesiones precoces a tardías en los tres tipos de musáceas, destacándose MAIA MAOLÍ Risaralda y MBOUROUKOU-1 con 65 y 80 días respectivamente, en promedio. La relación pulpa: cascara fue superior en los tres clones de MAIA MAOLÍ, con valores que superan el valor de 3,0. Entre genomas, los diploides AA y AB, presentan los mejores valores, 2,6 y 2,1 respectivamente. La evaluación química registra valores estadísticos significativos en grados Brix, porcentaje de Cenizas, para los tres tipos de musáceas.

La evaluación de los contenidos de almidón (amilosa y amilopectina), los mayores contenidos, significativos, de amilopectina fueron: BOCADILLO-alto (bananito), con 85,99%. En bananos: GUAYABO-B, FHIA-23, BANANO-2, POYO, MYSORE y PIGMEO, entre otros con valores que fluctúan entre 80,4 y 76,6%. En platanos, MBINDI, GAEP-1, DOMINICO mutante, DOMINICO-Harton-viotá, y HARTON Rojo del Meta, con porcentajes entre 76,8 y 74,2%.

En ácidos orgánicos, los mayores contenidos para bananito se observaron en BS209 con ácido Malico (21,9%), y ácido Cítrico (21,5%). En bananos difieren significativamente: ácido Malico (NIYARMA-Yik, 18,8%), ácido cítrico (FHIA-01, 18,2%) y ácido Succínico (BANANO-2, 27,5%). En plátano, ácidos: Oxálico (MBOUROUKOU-1, 13,6%), Malico (MAIA MAOLI Quindío, 24,6%), Cítrico (BENEDETTA, 21,3%), y Succínico (YANGAMBI-Km5, 27,7%).

Las mayores concentraciones de azúcares, con diferencias estadísticas para bananito fueron para BS209: Sacarosa, 125,1%; Fructosa, 103,6%; y Glucosa, 92,8%. Los mayores contenidos, significativos, para banano se presentaron en PALEMBANG, con 70,5% de Sacarosa, y 82,3% de Glucosa. En plátano se registraron en FOUGAMÚ con 157,9% de Fructosa, y 110,3% de Glucosa. En general, se destaca la importancia de evaluar los descriptores morfológicos discriminantes citados anteriormente, y los contenidos de grados Brix, %Cenizas, %Materia seca, Amilopectina, ácidos orgánicos y azúcares en la colección de acuerdo al interés de la investigación, nutrición y agroindustria.

Palabras clave: Recursos genéticos, accesiones, descriptores, *M.acuminata*, *M.balbisiana*, genoma

Abstract

Genebanks of the Colombian state, which brings the greatest possible genetic diversity and variability, are intended to safeguard, characterize, evaluate and generate options for research, breeding and use of genetic resources. In this regard, the Musa genebank consisting of 185 accessions grouped by plantains (88), bananas (54), baby banana (37) and ornamental species (06) was characterized and evaluated morphologically and chemically physical facilities CI Corpoica Palmira, located at 1001 m, 23 ° C and 1100 mm of rainfall, for four years.

The morphological characterization was carried out based on IPGRI descriptors (1996), by 127 qualitative variables analyzed with the R statistical program, Multiple Factor Analysis "AFM" in order to evaluate and quantify the diversity and genetic variability of the bank. The study allowed to select 41 highly discriminating descriptors or capable of qualifying variables variability, reducing 67.7% of the descriptor variables, explaining more than 70% of the variability genética contained in the bank. 78.1% of the evaluated variables, corresponded to two organs of the plant, inflorescence variables / male bud (41.5%), and fruit (36.6%). More discriminating power were: leaf habit, dwarfism, color internal and external face bract color: stalk, pseudostem, and underlying pseudotallo; presence of seeds of the male bud shape, and position of the spine of the bunch, and appearance of the spine.

According to the MFA the bank was grouped into three clusters according to the variability expressed by type, genome and accession. The physical assessment of the bank focused on the inflorescence (cluster) and fruits, valued by 25 descriptors, indicating that 43% of the descriptors exceed 30% of the variability indicator, showing wide genetic diversity, except for the collection of bananito. The descriptor that most contributes to the variability of the bank is the dry matter of the pulp (48%), basic processes for agribusiness. Ornamental accessions (*Musa* spp) are the earliest, with market potential of exotic flowers.

Early accessions was observed late in the three types of *Musa*, standing MAIA MAOLI Risaralda and MBOUROUKOU-1 with 65 and 80 days respectively, on average. The ratio

pulp: peel was higher in the three clones of MAIA MAOLI, with values that exceed the value of 3.0. Between genomes, AA and AB diploid, present the best values, 2.6 and 2.1 respectively. The chemical evaluation shows significant statistical values in degrees Brix, percent ash, for the three types of Musa.

The evaluation of the content of starch (amylose and amylopectin), the highest contents, significant amylopectin were BOCADILLO-Alto (bananito), with 85.99%. In bananas: GUAYABO-B, FHIA-23, BANANO-2, POYO, MYSORE and PIGMEO, among others with values ranging between 80.4 and 76.6%. In bananas, MBINDI, GAEP-1 DOMINICO mutante, DOMINICO Harton-Viotá and HARTON Red Meta, with percentages between 76.8 and 74.2%.

Organic acids, higher content bananito observed in BS209 with malic acid (21.9%) and citric acid (21.5%). In bananas differ significantly: malic acid (NIYARMA-Yik, 18.8%), citric acid (FHIA-01, 18.2%) and succinic acid (BANANO-2, 27.5%). In plantain, acids: Oxalic (MBOUROUKOU-1, 13.6%), malic (MAIA MAOLI Quindio, 24.6%), Citrus (BENEDETTA, 21.3%), and succinic (YANGAMBI-Km5, 27.7%).

The highest concentrations of sugars, with statistical differences for baby banana were to BS209: Sucrose 125.1%; Fructose 103.6%; and glucose, 92.8%. Older content, significant for plantains presented in Palembang, with 70.5% of Sucrose and Glucose 82.3%. In banana were recorded in FOUGAMÚ with 157.9% fructose, and 110.3% glucose. In general, the importance of assessing morphological discriminating descriptors mentioned above, and the contents of Brix,% Ash,% dry matter, amylopectin, organic acids and sugars in the collection according to the interest of research, nutrition and agribusiness stands .

Keywords: Genetic resources accessions, descriptors, *M.acuminata*, *M.balbisiana*, genome.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XVI
Lista de tablas	XVII
Introduccion General	1
1. Capítulo 1: Caracterización y evaluación morfológica de introducciones del banco de germoplasma de musáceas del Centro de Investigación Palmira de Corpoica	5
Resumen.....	5
Abstract.....	6
1.1 Introducción	8
1.2 Estado del arte	9
1.2.1 Taxonomía: Tipo, Genoma y Subgrupo de Musáceas.....	10
1.2.2 Sinonimia para cultivares del genero Musa.....	13
1.2.3 Descriptores para Bananas (<i>Musa</i> spp) del IPGRI / CIRAD / INIBAP ..	17
1.2.4 Producción y variedades.....	18
1.2.5 Procesos de investigación en caracterización	19
1.3 Planteamiento del problema	23
1.4 Planteamiento de la hipótesis	23
1.5 Objetivos.....	23
1.5.1 Objetivo general.....	23
1.5.2 Objetivo específico	23
1.6 Materiales y métodos.....	24
1.6.1 Localizacion	24
1.6.2 Selección de accesiones por Tipo y Genoma.....	24
1.6.3 Manejo agronómico Platano, Banano y Bananito (Tipos)	25
1.6.4 Caracterizacion morfológica de Musaceas	25
1.6.5 Diseño y análisis estadístico	30
1.7 Resultados y discusión.....	32
1.7.1 Análisis Factorial Múltiple.....	32
1.7.2 Accesiones agrupadas por tipo de material.....	36
1.7.3 Accesiones agrupadas por genoma	38
1.7.4 Agrupamiento de descriptores IPGRI	39
1.8 Conclusiones	47
1.9 Recomendaciones.....	48

Bibliografía.....	49
2. Capítulo 2: Evaluación física de racimos de entradas del banco de germoplasma de musáceas del Centro de Investigación Palmira de CORPOICA	55
Resumen	55
Abstract	57
2.1 Introducción.....	58
2.2 Estado del arte	58
2.2.1 Periodo de floración a cosecha /	59
2.2.2 Variables físicas del racimo / manos / frutos	60
2.2.3 Relacion Pulpa / Cascara	63
2.2.4 Determinación de la MS% /	64
2.3 Planteamiento del problema	67
2.4 Planteamiento de la hipótesis.....	67
2.5 Objetivos	67
2.5.1 Objetivo general.....	67
2.5.2 Objetivo específico.....	67
2.6 Materiales y métodos	68
2.6.1 Analisis estadístico	68
2.6.2 Etapa de floración a cosecha.....	68
2.6.3 Evaluacion física de racimos.....	69
2.6.4 Variables de respuesta (descriptores).....	71
2.6.5 Determinación de materia seca (%MS) s	71
2.7 Resultados y discusión.....	71
2.7.1 Analisis de variabilidad de descriptores	71
2.7.2 Etapa de floración a cosecha.....	73
2.7.3 Evaluación física de racimo	74
2.7.4 Relacion Pulpa / Cascara (P/C)	92
2.7.5 Determinación de materia seca (%MS) de accesiones del banco de germoplasma de musáceas	95
2.8 Conclusiones.....	99
2.9 Recomendación:	101
Bibliografía.....	102
3. Capítulo 3: Evaluación química de frutos de accesiones del banco de germoplasma de musáceas del centro de investigación Palmira de Corpoica	107
3.1 Introducción.....	110
3.2 Estado del arte	110
3.2.1 Acidos organicos, Azucares, pH, Acidez titulable y Cenizas.	112
3.2.2 Almidones.....	114
3.3 Planteamiento del problema	115
3.4 Planteamiento de la hipótesis.....	115
3.5 Objetivos	116
3.5.1 Objetivo general.....	116
3.5.2 Objetivo específico.....	116
3.6 Materiales y métodos	116
3.6.1 Evaluacion química.....	117
3.6.2 Variables de almidón	118

3.7	Resultados y discusión	119
3.7.1	Análisis de variabilidad de descriptores.....	119
3.7.2	Variables de almidón.....	123
3.7.3	Variables de ácidos orgánicos.....	127
3.7.4	Variables de azúcares.....	135
3.8	Conclusiones	147
3.9	Recomendaciones	148
4.	Conclusiones y recomendaciones generales.....	151
4.1	Conclusiones finales.....	151
4.2	Recomendaciones	151
A.	Anexo: Características morfológicas de la planta, flor, racimo y frutos para los dos tipos clásicos representativos de <i>M. acuminata</i> (AAA), y <i>M. balbisiana</i> (AAB).....	153
B.	Anexo: CODEX ALIMENTARIUS PARA BANANO, FAO, 1997	156
C.	Anexo: Área, producción, rendimiento y exportaciones de musáceas. 2013	157
D.	Anexo: Árbol genealógico de musáceas (Taxonomía)	159
E.	Anexo: Fotos de accesiones promisorias por atributos especiales.....	160

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1- 1 Distribución geográfica de <i>M. balbisiana</i> y subespecies de <i>M. acuminata</i> , los ancestros salvajes de bananos cultivados. (Perrier, <i>et al.</i> , 2009)	15
Figura 1- 2 Relaciones filogenéticas para grupos y subgrupos de <i>Musa</i> (Bioversity, 2015) según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular.	17
Figura 1- 3 Descriptores morfológicos para planta, hoja y peciolo, (INIBAP, 2001)	28
Figura 1- 4 Descriptores morfológicos para racimo, bellota y flor (INIBAP, 2001)	28
Figura 1- 5 Descriptores morfológicos para pistilos, frutos y pulpa (INIBAP, 2001)	29
Figura 1- 6 Inercia del análisis factorial de descriptores expresado en porcentaje acumulado de varianza observada en el banco de germoplasma de musáceas del C.I. Palmira, Corpoica	32
Figura 1- 7 Agrupamiento jerárquico de 185 materiales de musáceas según caracterización morfológica.....	36
Figura 1- 8 Agrupamiento jerárquico observado en el Cluster 1 (zoom cluster1), correspondiente a 119 materiales de musáceas según caracterización morfológica.....	41
Figura 1- 9 Agrupamiento jerárquico para el Cluster 1, correspondiente a 35 materiales de musáceas según caracterización morfológica	43
Figura 1- 10 Agrupamiento jerárquico para el Cluster 1, correspondiente a 35 materiales de musáceas según caracterización morfológica	46

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1-1 Agrupamiento de cultivares de musáceas en función del número de cromosómico, genoma y subgrupo al que pertenece.....	11
Tabla 1-2-1 Clasificación taxonómica de banano propuesta por: Simmonds y Shepherd (1955).....	12
Tabla 1-3-1 Composición taxonómica del banco de germoplasma del C.I. Palmira (Corpoica, 2014).....	13
Tabla 1-4-1 Descriptores esenciales altamente discriminantes en la caracterización morfológica seleccionados por IPGRI (1996)	27
Tabla 1-5-1 Listado de descriptores discriminantes que interpretaron más del 70% de la variabilidad observada en el banco de germoplasma de musáceas.	34
Tabla 1-6-1 Agrupamiento o Cluster por tipo de musáceas relacionadas del banco de germoplasma del C.I. Palmira, Corpoica, 2015.....	38
Tabla 1-7-1 Agrupamiento o Cluster por Genoma y Subgrupos relacionados al género Musa del banco de germoplasma del CI Palmira, Corpoica, 2015.....	39
Tabla 1-8-1 Descriptores del Cluster 1, atributos evaluados y órgano de la planta que define las características del agrupamiento.....	40
Tabla 1-9-1 Descriptores del Cluster 2, atributos evaluados y órgano de la planta que define las características del agrupamiento.....	42
Tabla 1-10-1 Descriptores del Cluster 3, atributos evaluados y órgano de la planta que define las características del agrupamiento.....	45
Tabla 2-1-2 Evaluación de híbridos FHIA y platano macho, con respecto a variables de fruto. Madrigal-Ambriz,	66
Tabla 2-2-2 Indicadores de variabilidad encontrada en el B.G. de Musáceas de Corpoica C.I. Palmira para variables físicas de racimo discriminadas por tipo.....	72
Tabla 2-3-2. Resumen del análisis de varianza para variables físicas del racimo de germoplasma de musáceas conservado en el C.I. Palmira, por tipo.....	74
Tabla 2-4-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira.....	77
Tabla 2-5-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de banano en el CI Palmira	78
Tabla 2-6-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de platano en el CI Palmira.....	79
Tabla 2-7-2 Resumen del análisis de varianza para variables físicas de la mano dos de germoplasma de musáceas conservado en el C.I. Palmira, por tipo.....	82
Tabla 2-8-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira.....	83
Tabla 2-9-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de banano y platano en el CI Palmira	85
Tabla 2-10-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira.....	86

Tabla 2-11-2 Resumen del análisis de varianza para variables físicas del fruto para germoplasma de musáceas conservado en el C.I. Palmira, por tipo.	87
Tabla 2-12-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira	89
Tabla 2-13-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de banano en el CI Palmira	90
Tabla 2-14-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira.	91
Tabla 2-15-2. Analisis de Varianza por fuente de variación para Tipo, Genoma y Accesiones del banco de germoplasma de Corpoica C.I. Palmira.....	93
Tabla 2-16-2.Niveles de agrupamiento para Tipo, Genoma, Accesion, mediante separación de rangos con prueba multiple de medias.....	95
Tabla 2-17-2.Niveles de agrupamiento y separación de rangos con prueba multiple de medias de Tukey (P<0,05) para MS% con respecto a la relación Pulpa : Cascara, para Tipo, Genoma y Accesion,	97
Tabla 2-18-2.Niveles de agrupamiento y separación de rangos con prueba multiple de medias de Tukey (P<0,05) para MS% con respecto a la relación Pulpa : Cascara, en cada Tipo, Genoma y Accesion,	98
Tabla 3-1-3 Composición físico química del racimo de platano Dominico Harton (Cayon, <i>et al</i> 2000).....	112
Tabla 3-2-3 Resumen del análisis de varianza , por tipo de musáceas, para variables químicas evaluadas en el germoplasma del C.I. Palmira.	120
Tabla 3-3-3. Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables químicas en accesiones de bananito en el CI Palmira.	121
Tabla 3-4-3. Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables químicas en accesiones de banano en el CI Palmira.	122
Tabla 3-5-3.Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables químicas en accesiones de plátano en el CI Palmira	123
Tabla 3-6-3 Resumen del análisis de varianza para variables de almidón en germoplasma de musáceas de Corpoica C.I. Palmira.....	123
Tabla 3-7-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de almidón en germoplasma de bananito de Corpoica C.I.Palmira	124
Tabla 3-8-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de almidón en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira	125
Tabla 3-9-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de almidón en germoplasma de bananito de Corpoica C.I.Palmira	126
Tabla 3-10-3 Resumen del análisis de varianza para ácidos orgánicos Corpoica C.I. Palmira	127
Tabla 3-11-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de ácidos orgánicos en germoplasma de bananito de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios en miligramo de ácido/gramo B.S. de harinas	130

Tabla 3-12-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de ácidos orgánicos en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios de miligramo de ácido/gramo B.S. de harinas	132
Tabla 3-13-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de ácidos orgánicos en germoplasma de plátano de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios de miligramo de ácido/gramo B.S. de harinas	134
Tabla 3-14-3 Resumen del análisis de varianza para variables de azúcares de harinas en germoplasma de musáceas de Corpoica C.I. Palmira	135
Tabla 3-15-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de azúcares en germoplasma de plátano de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios de miligramo de azúcares/gramo B.S. de harinas	137
Tabla 3-16-3 Coeficientes de correlaciones para variables químicas en germoplasma de bananito de Corpoica C.I.Palmira	140
Tabla 3-17-3 Coeficientes de correlaciones para variables químicas en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira.....	142
Tabla 3-18-3 Coeficientes de correlaciones para variables químicas en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira.....	144

Introducción General

- **Contexto global.** Las musáceas comestibles son uno de los más importantes cultivos. Son fuente de ingresos, alimentación y nutrición para más de 400 millones de personas (Bioversity, 2015). Se cultivan en más de 150 países, produciendo alrededor de 105 millones de toneladas anuales, en 4,5 millones de hectáreas. Se cree que existen cerca de 1000 variedades, subdivididas en 50 grupos, la más popular es “Canvendish” producida para mercados de exportación y consumo en fresco (Procuador, 2014). Colombia ocupa el 10° lugar, siendo India, China, Filipinas, Ecuador y Brasil, los principales productores (Acosta, 2015).

- **Red internacional para la Investigación y desarrollo en musáceas:** Al analizar el contexto internacional y como se ha venido fortaleciendo éste sector agrícola, se destacan las actividades de INIBAP como uno de los tres programas del Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos “IPGRI” apoyados por el grupo consultivo para la alimentación y la agricultura internacional “CGIAR”. En línea con estos esfuerzos se ha creado el MGIS “Sistema de Información de Germoplasma de Musa” (Bioversity, 2015), el cual contiene información básica de pasaporte, clasificación botánica, descriptores morfo-taxonómicos, estudios moleculares, fotografías de plantas e información GIS en 2.800 introducciones de seis colecciones de todo el mundo, constituyéndose en la más extensa fuente de información sobre recursos genéticos de banano (Daniells, *et al*, 2001).

Uno de los recientes grandes logros es el mapa taxonómico que relaciona los diferentes grupos y subgrupos de musáceas (Bioversity, 2015), así como la conformación del Centro de Tránsito Internacional “ITC” de la organización Biodiversity alojada en la Universidad Católica Leuven en Bélgica (Katholieke Universiteit Leuven), bajo los auspicios de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas “FAO”. Estas instituciones coordinan la investigación bananera en el mundo a través de redes globales. Además, se cuenta con otras colecciones que hacen parte de una red distribuida en

diferentes lugares del trópico y son parte de la estrategia global de conservación para musa (Daniells, *et al*, 2001).

Dentro del plan de acción mundial de la FAO (1996), se ha establecido una estrategia para facilitar el uso de las colecciones basado en el incremento de la **caracterización**, la **evaluación** y la designación de colecciones núcleo. En los objetivos a mediano plazo, se da prioridad a la organización de programas de caracterización y evaluación para identificar accesiones, genes valiosos y mejorar la eficacia del proceso de evaluación.

- **Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Bancos de Germoplasma.** La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, recibe del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la responsabilidad de conservar, conocer, ampliar y utilizar los recursos genéticos de la nación para beneficio del sector agrícola, a partir de 1994. Para su manejo se han suscrito convenios de Cooperación Técnica y Científica entre ICA y Corpoica hasta la fecha.

Realizar procesos de conservación, caracterización y evaluación morfo agronómica, física, química y molecular, son parte de las acciones que desarrolla el estado colombiano con la finalidad de generar conocimiento a través de la identificación de atributos de forma integral, útiles para realizar investigaciones en manejo agronómico, fito-mejoramiento y potencialidades agro-industriales a partir de sus frutos, fibras o compuestos fito-químicos de interés comercial, pues una de las causas de la baja utilización de los recursos fitogenéticos es el desconocimiento de los atributos presentes en éstos (Ordás *et al.*, 1994). Por lo anterior, este estudio aporta conocimiento, pues la ausencia de este tipo de acciones impide el aprovechamiento del valor de la variabilidad genética existente en el banco de musáceas.

Con el propósito de dinamizar el sector productor de musáceas, en el año 2010 se firma el Acuerdo Nacional de Competitividad de la Cadena de Plátano, 2011-2020 (Cuestas, 2015). La Cadena priorizó seis regiones con mayor desarrollo y potencial platanero del país: Córdoba, Urabá, Meta-Arauca, Sur Occidente (Cauca, Nariño y Valle), Quindío y Risaralda-Caldas, que en conjunto representan el 75% del área y producción total nacional (Cuestas, 2000). Un año después se conformó la cadena de banano (2011) con la finalidad de fortalecer el sector desde la infraestructura, financiamiento, innovación e investigación y asistencia técnica con miras a la exportación (MADR-Portal SIEMBRA, 2015).

- **Importancia agroecológica a nivel nacional.** El cultivo de musáceas en Colombia, ha sido un sector tradicional, de economía campesina, de subsistencia para pequeños productores, alta dispersión geográfica y gran importancia socioeconómica (seguridad alimentaria y generación de empleo). Es cultivado en diferentes zonas agroecológicas, hasta los 2.000 metros, entre 17 y 35 grados centígrados de temperatura (DNP, 2009 ver macro). Se estima que del área cultivada en plátano, el 87% es tradicional asociado con café, cacao, yuca y frutales, y 13% como monocultivo tecnificado (MADR, 2006).

Las principales regiones productoras de plátano para consumo interno, están en las Zonas Cafeteras de la Región Andina, donde se tienen 220.000 ha. (61% del área cosechada) aportando el 59% de la producción nacional. Otras regiones como la Pacífica (58.000 ha), Orinoquía (50.000 ha), Caribe (38.000 ha) y Amazonía (28.000 ha). (<<http://www.siembra.gov.co/siembra/main.aspx>>). La producción nacional de plátano se calculó para el año 2008 en 2.69 millones de toneladas. (DNP, 2009).

Se destacan tres variedades estratificadas por altitud, plátano Hartón que se cultiva en las zonas cálidas (0-1.000 msnm), Dominico Hartón en la región cafetera (900-1.500 msnm) y Dominico en zonas ubicadas entre 1.200 a 2.000 msnm, reflejando la adaptabilidad y comportamiento productivo en cada zona. El clon Dominico Hartón, el material más cultivado en la zona cafetera colombiana, reporta producción permanente durante el año y aporta el 65% en la producción nacional, abasteciendo la mayoría de los principales mercados del país (Madrigal-Ambriz, *et al*, 2015).

- **Indicadores de productividad.** Conforme al tipo de consumo, las musáceas de cocción (plátanos) y consumo directo o postre (bananos), la mayor actividad exportadora se ha centrado en la producción de bananos. En Colombia se producen y comercializan dos tipos de banano: de exportación tipo Cavendish y criollo para consumo interno. Sumado a lo anterior, la agroindustria bananera se ha desarrollado y consolidado como una cadena agroexportadora, en especial con las siembras de banano de exportación tipo Cavendish Valery (MADR, 2005). Las estadísticas reflejan una actividad exportadora de 1.871.797 toneladas de las cuales el 93,1% corresponden a banano y el restante (6,9%) a plátano. Así mismo, los rendimientos promedios no superan las 7,1 ton/ha para plátano, 9,3 ton/ha para banano y 8,4 ton/ha para bananito (MADR, 2015).

- **Enfoque de la presente investigación.** La presente tesis se divide en tres partes. La primera se centra en la caracterización y evaluación morfológica del seudotallo, vainas, peciolo, hoja e inflorescencia, la segunda proporciona información sobre aspectos físicos de racimos con relación al peso, forma, tamaño, pedúnculo, raquis, manos, dedos, bellota y flores. La tercera y última parte caracteriza el fruto a través de parámetros químicos diferenciables tales como acidez titulable, °Brix, pulpa, cascara, harina, materia seca, almidones, ácidos orgánicos y azúcares.

El propósito es difundir el conocimiento de las potencialidades que se tienen en el banco de germoplasma de musáceas a través de la comprensión de sus características morfológicas, físicas y químicas, elementos básicos del premejoramiento. Dicho conocimiento permitirá a futuro focalizar investigaciones para el mejoramiento del sistema de producción de musáceas en el país.

1. Capítulo 1: Caracterización y evaluación morfológica de introducciones del banco de germoplasma de musáceas del Centro de Investigación Palmira de Corpoica

Resumen

La caracterización morfológica del banco de germoplasma de musáceas del estado colombiano, se realizó sobre 185 accesiones que conforman la colección agrupada por plátanos (88), bananos (54), bananitos (37) y especies ornamentales (06). Se emplearon los descriptores para bananos del INIBAP/IPGRI/CIRAD mediante 127 descriptores cualitativos relacionados con apariencia general de la planta (2), pseudotallo (12), peciolo/ nervadura/ hoja (24), inflorescencia/yema masculina (15), brácteas (10) y fruto (25); y descriptores cuantitativos (39). El trabajo se desarrolló en el Centro de Investigación Palmira de Corpoica, a 1.001 m.s.n.m., 23°C promedio, 1100 mm anuales. Las mediciones se realizaron en campo en un huerto establecido de 1.5 hectárea, y laboratorio de calidad de frutas, durante cuatro años con lecturas semanales. Se analizó con el programa estadístico R, análisis factorial multivariado (AFM) y el programa SAS. El AFM indicó que el 70% de la variabilidad presente en el banco era explicada a través de 40 dimensiones que agruparon la varianza acumulada observada. El análisis de la matriz de dimensiones permitió seleccionar 41 descriptores como altamente discriminantes, capaces de cualificar la variabilidad caracterizada, reduciendo 86 variables (67,7%), del descriptor. El 78,1% de las variables evaluadas, correspondió a dos órganos de la planta, la inflorescencia/ yema masculina (41,5%), y el fruto (36,6%). Con mayor poder discriminante fueron: hábito foliar, enanismo, color cara interna y externa bráctea, color del pedúnculo, del pseudotallo, y subyacente del pseudotallo presencia semillas, forma yema masculina, posición del raquis y del racimo, y aspecto del raquis. Se conformaron tres clusters con corte a una distancia euclidiana de 1,1. Los tipos banano, 96,2%, se agruparon en el cluster 1. Los plátanos se agruparon en los clusters 1 y 3, mientras que los bananitos se agruparon en el cluster 2. El

agrupamiento para el genoma AA se dio en el cluster 1 y 2, AAA (cluster 1), tetraploides, AB, BB, *Musa* spp (cluster 1), AAB (cluster 1 y 3), evidenciando separación de características propias en el 50% de las accesiones con genoma AA y AAB. Los descriptores de flor masculina, brácteas e inflorescencia contribuyen con el 94,4% de la variabilidad del Cluster 1. Los frutos y la inflorescencia aportan el 61,5% de la variabilidad del cluster 2. La flor masculina y brácteas contribuyen a la formación del cluster 3 con el 69,4% de la variabilidad. El estudio concluye que la cuantificación, clasificación y ordenamiento de la diversidad y variabilidad morfológica del banco de germoplasma de musáceas se puede explicar a través de la tercera parte de los descriptores IPGRI, centrados en el fruto y la inflorescencia / yema masculina, demostrando amplia diversidad y variabilidad genética del banco de musáceas.

Palabras claves: genoma, cluster, descriptor, variabilidad, platano, banano, bananito.

Abstract

The morphological characterization of *Musa* germplasm bank of the Colombian state, was performed on 185 accessions grouped by bananas make up (88), bananas (54), bananitos (37) and ornamental species (06) collection. Descriptors for bananas INIBAP / IPGRI / CIRAD were used by 127 qualitative descriptors related to overall appearance of the floor (2), pseudostem (12), petiole / rib / sheet (24), inflorescence / male bud (15), bracts (10) and result (25); and quantitative descriptors (39). The work was conducted at the Palmira Research Center Corpoica, 1,001 meters above sea level, average 23 ° C, 1100 mm annually. The field measurements were performed on a 1.5-hectare garden set and fruit quality laboratory for four years with weekly reading. It was analyzed with the R statistical program, multivariate factor analysis (MFA) and the SAS program. The MFA indicated that 70% of the variability present in the bank was explained through the 40 dimensions grouped acumuda observed variance. Analysis allowed the selection matrix dimensions as highly discriminating descriptors 41, characterized capable of qualifying the variability, reducing variables 86 (67.7%) of the descriptor. 78.1% of the evaluated variables, corresponded to two organs of the plant, the inflorescence / male (41.5%) bud, and fruit (36.6%). More discriminating power were: leaf habit, dwarfism, color internal and external face bract color peduncle, pseudostem, and underlying pseudotallo presence of seeds, male bud shape, and position of the spine of the bunch, and appearance of the spine. cut three cluster with a

Euclidean distance of 1.1 were formed. The banana type, 96.2%, were grouped in the cluster 1. Bananas are grouped in clusters 1 and 3, while bananitos grouped in cluster 2. The grouping for the AA genome occurred in cluster 1 and 2 AAA (cluster 1), tetraploid, AB, BB, Musa spp (cluster 1), AAB (cluster 1 and 3), showing separation characteristics in 50% of accessions with AA and AAB genome. Descriptors male flower bracts and inflorescence contribute 94.4% of the variability of Cluster 1. The fruit and inflorescence contribute 61.5% of the variability in cluster 2. The male flower bracts and contribute to the formation Cluster 3 with 69.4% of the variability. The study concludes that the quantification, classification and management of diversity and morphological variability Musa germplasm can be explained through the third of the IPGRI descriptors, focusing on the fruit and inflorescence / male bud, showing wide diversity and genetic variability bank Musa

Keywords: genome, cluster, descriptor, variability, plantain, bananas, baby bananas.

1.1 Introducción

Evaluar la variabilidad fenotípica y genotípica reunida en el banco de germoplasma, brinda el conocimiento sobre los atributos presentes y genera información básica como parte fundamental del proceso de pre-mejoramiento. Este reconocimiento permite determinar el valor de opción y su posterior valor de utilización (Corpoica, 2014). Lo anterior, favorece y promueve la utilización de la colección por parte de agricultores. La caracterización se refiere al registro de atributos cualitativos y cuantitativos que pueden ser detectados a simple vista. Los primeros se expresan en forma igual en todos los ambientes y son generalmente de alta heredabilidad.

Por otro lado, las evaluaciones fenotípicas dependientes de variables cuantitativas, son de mediana a baja heredabilidad, y en muchos casos, dependen del ambiente, éstas incluyen caracteres como rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés y caracteres bioquímicos y citológicos (IPGRI, 2003).

La caracterización morfológica, basada en los descriptores del IPGRI/INIBAP/CIRAD (1996) se enfocó hacia variables asociadas al seudotallo, vaina, peciolo, hoja, flor y racimo. Se enfatizó en los descriptores discriminantes altamente heredables, que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además de las mencionadas, se pueden incluir un número limitado de caracteres que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular. Aspectos relacionados con el color, forma de las estructuras (vellosidades, estipulas, lóbulos, tépalos, entre otras), así como variables de medición expresados por el tamaño, grosor, altura, peso y número evaluados tanto en campo como en laboratorio.

El estudio permite presentar análisis estadísticos descriptivos para los diferentes agrupamientos basados fundamentalmente en análisis de varianzas, separación de medias por prueba de Tukey, estadística factorial multivariada, tanto para tipos de musáceas como para los genomas contenidos en cada tipo. Las musáceas, conocidas por el tipo (plátanos, bananos, bananitos, ornamentales), y que son conocidas por su composición genómica (genoma A para *M. acuminata* y genoma B para *M. balbisiana*), y subgrupo, permiten observar la variabilidad genética del banco. Los aspectos botánicos y taxonómicos han sido ampliamente discutidos por expertos con respecto a su origen y distribución en el mundo, sobre lo cual existen diversas teorías. Algunas de ellas se mencionan en el estado del arte

de este documento como una contribución para el análisis de la variabilidad agromorfológica (botánica y taxonómica).

1.2 Estado del arte

Una descripción de las etapas de crecimiento y de las características morfológicas se hace necesaria, no sólo para programas de investigación (Groot *et al.*, 1986), sino para comprender el proceso de desarrollo del cultivo, por la utilidad que tiene para asistentes técnicos y productores.

Este proceso permite conocer el nivel de variabilidad de la colección a través de sus atributos morfológicos visibles, distinguibles y cuantificables en algunos casos. Una de las herramientas más adecuadas para conocer la estructura genética de cada uno de los individuos o accesiones de una población que complementada con análisis estadísticos y estimadores apropiados se logra responder al objetivo de la caracterización, conforme a la orientación del IPGRI en su boletín técnico No.8 (IPGRI, 2003).

En el proceso de caracterización morfológica de musáceas se definen tres etapas: 1. Morfología del proceso reproductivo (colinos), 2. Morfología del proceso vegetativo (desarrollo foliar a flor), y 3. Morfología del proceso productivo (flor a cosecha). Estas etapas han sido motivo de investigaciones realizadas en el país que han permitido conocer parte de la variabilidad genética existente en algunas de las accesiones de interés de colecciones establecidas en el pasado, caso del C.I. El Agrado en Montenegro, Quindío a través del proyecto MADR-ICA-Federacafé-Corpoica, (Belalcazar, *et al.*, 1994), o en la granja de Fedeplatano en Chinchiná, Caldas a través del proyecto Fedeplatano-SENA-CIRAD- CIAT, (Hoyos-Leyva, 2012).

Los estudios adelantados por Belalcazar, *et al.*, (1994), destacan los avances desarrollados en temas de caracterización de la colección colombiana de musáceas (CCM) en 91 accesiones, y que actualmente se encuentra localizada en el Centro de Investigación Palmira que recoge en la actualidad otras 75 nuevas accesiones procedentes de introducciones regionales y locales. De igual manera, entidades como Fedeplatano, CIAT y Universidad del Quindío han desarrollado estudios sobre caracterización física, morfológica y de empastamiento del almidón sobre 20 materiales seleccionados de la Colección de musáceas conservada en la finca Las Vegas, Chinchiná, Caldas (Fedeplatano, 2015).

Para analizar la complejidad de la variabilidad morfológica de las musáceas, es importante conocer aspectos botánicos, taxonómicos e incorporar el conocimiento que se tiene desde su centro de origen y los procesos de dispersión, mutaciones, hibridaciones naturales y dirigidas que se han realizado como también los procesos de investigación que se han desarrollado con este enfoque.

1.2.1 Taxonomía: Tipo, Genoma y Subgrupo de Musáceas

- Reino: Vegetal
- Subreino: Franqueahionta
- División: Spermatophyta
- Subdivisión: Angiospermae
- Clase: Monocotyledonea
- Subclase: Monopétala
- Orden: Scitaminales
- Familia: **Musaceae**, Zingiberaceae, Strelitziaceae, Lowiaceae, Marantaceae, Cannaceae.
- Subfamilia: **Musoideae**, Strelizoideae, Heliconoideae
- Género: **Musa**, Ensete
- Secciones: **Eumusa**, Australimusa, Callimusa, Rhodochlamys.
- Especies: **Musa acuminata**, cruces interespecíficos, **Musa balbisiana** (Simmonds y Shephard, 1973; Cardeñosa, 1954; Belalcazar *et al.*, 1991).

ProMusa 2015, recoge las nuevas reclasificaciones taxonómicas replantéando la taxonomía e indicando que la sección Eumusa tiene las siguientes secciones y especies www.promusa.org

- Sección 1: **Eumusa**,
 - Especies: *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*, y 31 especies más (total 32)
- Sección 2: **Callimusa**,
 - Especies: *Musa textiles*, y 36 especies más (total 37)

Solo hasta el año 2013, el número de secciones en el género Musa se redujo de 5 a 2. Antes de esta nueva clasificación las secciones eran: Eumusa, Australimusa, Rhodochlamys, Callimusa. De acuerdo con ProMusa (2015), el género Musa se divide en dos secciones: Musa y Callimusa. Hasta ahora no se ha discutido el término Sección, el cual es referido a un rango taxonómico debajo del género y por encima de la especie. Otros autores (Cardeñosa, 1955; Simmonds, 1973; Simmonds y Shepherd, 1955), se refieren a Serie, pero en el caso de los plátanos el término serie se ha utilizado indistintamente con el de Sección.

Pese a los últimos cambios propuestos para la clasificación botánica y taxonómica de las musáceas, Simmonds y Shephard (1955), ya habían propuesto la clasificación taxonómica basada en la ploidía del genoma, producto de hibridaciones y mutaciones a partir de los especímenes silvestres (Tabla 1-1-1), basados en la siguiente separación genómica.

Ploidia	Cultivares	Genoma	Subgrupo
Diploide: 2n=2X=22	Bocadillo comun	AA	Sucrier
	GAEP-1	AB	Sucrier
	<i>Musa balbisiana</i> Tani	BB	<i>M. Balbisiana</i>
Triploide: 3n=3X=33	Cavendish	AAA	Gros michel
	Dominico Harton	AAB	Plantain
	Cachaco común	ABB	Bluggoe
Tetraploide: 4n=4X=44	FHIA-17	AAAA	Hibrido
	FHIA-01	AAAB	Hibrido
	GAEP-2	AABB	Hibrido

Tabla 1-1-1 Agrupamiento de cultivares de musáceas en función del número de cromosómico, genoma y subgrupo al que pertenece.

Es importante destacar los aportes realizados por Simmonds y Shephard (1955), quienes dieron claridad a la estructura genómica que se observaba en el género *Musa* con las variantes relacionadas (Tabla 1-2-1).

GENERO	GENOMA	TIPO	SUBGRUPO	CULTIVARES
Musa	AAA	Banano	Gros Michel	Gros Michel
Musa	AAA	Banano	Gros Michel	Cocos
Musa	AAA	Banano	Cavendish	Lacatan
Musa	AAA	Banano	Cavendish	Dwarf Cavendish
Musa	AAA	Banano	Cavendish	Valery (Robusta, Poyo)
Musa	AAA	Banano	Cavendish	Grande Naine
Musa	AAB	Plátano	Plátano	Falso cuerno
Musa	AAB	Plátano		Francés (Dominico)
Musa	AAB	Plátano	Maia Maoli	Maqueño
Musa	ABB	Banano/cocción		Bluggoe (Cuadrado)
Musa	ABB	n/r		Pelipita

Tabla 1-2-1 Clasificación taxonómica de banano propuesta por: Simmonds y Shepherd (1955)

La composición genómica del banco de germoplasma del estado colombiano y administrado por Corpoica tiene establecido en el C.I. Palmira la colección mas grande con que cuenta el país, con 185 accesiones (Tabla 1-3-1). Reune cultivares procedentes del exterior (introducciones importadas), como de colectas realizadas en el país, fruto de la diversidad genética que se observa en fincas de agricultores (Corpoica, 2014). A continuacion se listan los genomas por tipo, subgrupo y algunos cultivares representativos de la diversidad genética conservada al presente año con el siguiente numero de accesiones por genoma listado en la tabla 1-3-1: AA (54), AB (3); AAA (24), AAB (65), ABB (10), AAAA (5), AAAB (7), AABB (2), pod definir genoma (17), Eumusa (2), Australimusa (2), Rhodochlamys (3), Aneuploide (1).

Genoma	Tipo	Subgrupo	Cultivar (algunos)
AA	Banano	AAh, Plantain, Aad, Aahs hibrido, Siamea, Burmanica, Burmannicoides, Malaccensis, Zebrina,	Pahang, Tuu Gia, Calcuta-4, Selangor-1, Banano Red-1, Annam
AA	Bananito	Sucrier,	Bocadillo común, ICO-01, REST-01, Pisang Mas.
AB	Plátano	Hibrido, Ney Poovan,	Hibrido Saba-3, Ney Poovan, GAEP-1
AAB	Platano	Plantain (dominico africano, dominico, dominico harton, Pome, Popoulu, Silk)	Dominico, Currare, Harton, Maia Maoli, Mbouroukou, Maritú, Pompo, YamgambiKm5
ABB	Platano	Saba, Bluggoe, Pelipita, Pisank Awak, Plantain.	Pelipita, Cachaco, Fougamu Perrenque, , Benedetta,
AAAA	Banano	Hibrido, Gros Michel	IC-2, FHIA-17, FHIA-22
AAAB	Platano	Hibrido, Plantain.	FHIA-21, FHIA-110, PA-03-22, PV-0344,
AABB	Platano	Indefinido AABB, hibrido.	Hibrido SABA-1, GAEP-1
BB	Platano	<i>Musa balbisiana</i> ,	Musa balbisiana, TANI
Aneuploide	Platano	n/r	Hibrido SABA-2

Australimusa	Ornamental	<i>M. textilis</i>	<i>Musa textilis</i>
Rhodochlamys	Ornamental	<i>M. laterita</i> , <i>R. ornata</i> , <i>R. velutina</i>	<i>Musa laterita</i> , <i>Musa ornata</i> , <i>Musa velutina</i> .
Eumusa	Ornamental	<i>M. basjoo</i> , <i>M. itinerans</i>	<i>Musa basjoo</i> , <i>Musa itinerans</i>

Tabla 1-3-1 Composición taxonómica del banco de germoplasma del C.I. Palmira (Corpoica, 2014)

Una versión gráfica que permite visualizar los relacionamientos del género *Musa* son presentados por Valencia (2012), quien recoge la información generada a través de diferentes autores, utilizando un árbol genealógico de la taxonomía de las musáceas intentando dar claridad a un tema que ha sido controvertido (ver Anexo D).

1.2.2 Sinonimia para cultivares del género *Musa*.

Musa paradisiaca (referido en el pasado a French plantain).

Musa sapientum (referido en el pasado a Silk fig).

Musa cavendishii (referido como Dwarf Cavendish)

Musa sinensis (referido como Dwarf Cavendish)

Musa nana (referido como Dwarf Cavendish)

Musa corniculata Lour (referido como horn plantain)

Musa chiliocarpa Backer (referido a un miembro monstruoso del grupo AAB) (Simmonds, 1973; Bioversity, 2015; www.ProMusa.org, 2015).

Según Simmonds (1973), muchos otros nombres científicos se han propuesto para los plátanos cultivados, de ahí se hace patente que ningún nombre científico tiene posibilidades de aplicarse a todos los cultivares de *Eumusa* dado que en muchos casos se tiene el mismo grupo genómico o corresponde a un mutante.

El sistema de nomenclatura utilizado para los cultivares de *Musa*, desarrollado por N. Simmonds y K. Shepherd (1955), clasifica los bananos cultivados de acuerdo con la contribución relativa de sus parientes silvestres, y los divide en grupos más pequeños de cultivares estrechamente relacionados, todos ellos por sus caracteres agromorfológicos. Este sistema elimina casi todas las dificultades e inconsistencias de una taxonomía basada en *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum* (ProMusa, 2015), como inicialmente se había propuesto. En la nomenclatura se tiene que el grupo AAA (acuminata), el subgrupo serán las mutaciones que este grupo tenga, caso del subgrupo Cavendish. Situación similar ocurre con el subgrupo Plantain, con dos o tres clones estrechamente emparentados.

Actualmente, (Promusa, 2015), indica que los grupos genómicos se dividen además en subgrupos, definidos como un juego de cultivares derivados entre sí mediante mutaciones somáticas. Con base en este sistema, la nueva nomenclatura y forma de nombrar los cultivares se ponen entre comillas simples, precedidos por el nombre del género y, si se conoce, el nombre del grupo y del subgrupo. Ejemplo: **Musa AAA (subgrupo Cavendish) 'Robusta'**.

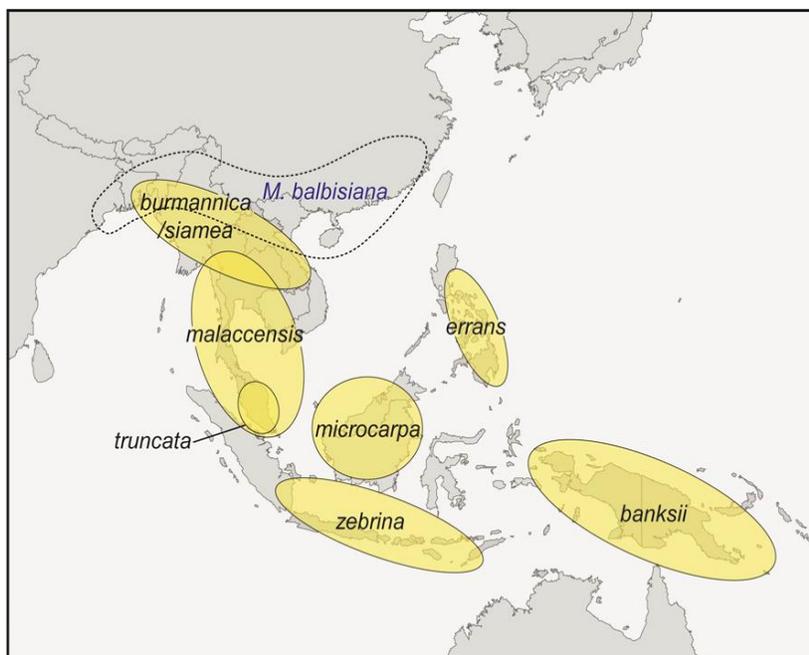
El CODEX Alimentarius International Food Standards, 1997 (Anexo B), a través de la enmienda del 2005, señala al banano como fruta para consumo de postre definida por su genoma, en razón a los muchos nombres que toma en el mundo, y lista los nombres que deben ser reconocidos como banano, de acuerdo a su hábito alimenticio (FAO, 2015).

- **Antecedentes: Centro de origen.** Con el propósito de entender la diversidad morfológica y físico-química de la musáceas, es necesario comprender como ha venido evolucionando el género *Musa* desde los mismos orígenes geográficos y la variabilidad genética asociada a miles de años de coevolución con el movimiento y dispersión que los seres humanos le han dado. Hay suficientes evidencias que el origen de las musáceas se remonta a las islas del archipiélago malayo. Así lo demuestra Arnaud y Horry (1997), quienes señalan que Papúa, Nueva Guinea podría ser considerado el centro primario, o al menos, compartirlo con las demás islas del archipiélago. Evidencias sobre este proceso de domesticación, son los bananos diploides (ancestrales) de Papúa que en la actualidad se ha convertido en el único país del mundo donde aún son agrícolamente significativos. Estos estudios son ratificados por otros investigadores que señalan a Malaysia (Simmonds 1962) o Indonesia (Nasution 1,991, Horry *et al.* 1997, citados por D) como centros geográficos de mayor diversidad genética del género *Musa*. niells, 2001)

Lo anterior encaja con los estudios moleculares de Perrier *et al* (2009), quienes analizaron los relacionamientos filogenéticos de los materiales hallados en las islas que componen el archipiélago malayo, encontrando que ha existido un espacio evolutivo, donde los bananos/plátanos, tras colonizar islas y permanecer aisladas en ellas durante miles de años, han acumulado suficientes diferencias entre ellas, tanto, como para considerarlas subespecies. Sin embargo, los **estudios genéticos revelan** además que otras poblaciones, situadas en otras áreas geográficas, son suficientemente diferentes como para ser consideradas nuevas subespecies distintas.

Perrier *et al* (2009), exponen que la subespecie *banksii*, es originaria de la isla de Nueva Guinea, la subespecie *malaccensis*, nativa de la Península Malaya, mientras que las subespecies: *burmannica*, *burmannicoides* y *siamea*, no están diferenciadas por los estudios genéticos. Otros reportes de especies halladas en Tailandia, Myanmar (Birmania), Bangladesh, noreste de la India y sur de China; son muy parecidas a la subespecie *malaccensis*, posiblemente están hibridadas entre sí. Finalmente la subespecie *zebrina*, originaria de la isla de Java. Posee la mayor cantidad de material genético del grupo (hasta un 10%) y quizás sea la más “ancestral” (Figura 1-1).

Figura 1- 1 Distribución geográfica de *M. balbisiana* y subespecies de *M. acuminata*, los ancestros salvajes de bananos cultivados. (Perrier, *et al.*, 2009)



Sin embargo, Shepherd y Ferreira (1982) identificaron cultivares derivados de hibridaciones con *M. schizocarpa* (genoma S), confirmado por Carreel *et al*, (1994). *Musa acuminata* es la más extendida de todas las especies Eumusa. Adicionalmente, un clon Filipino (Butuhan) es considerado como la hibridación ancestral entre *M. balbisiana* y *M. textiles* (genoma T), y dos cultivares locales que contienen los tres genomas, A, B y T que han sido encontrados en Papúa Nueva Guinea (Carreel, 1994). Todos estos reportes se suman a los de algunos investigadores que sostienen que **existía banano en América del Sur** en la época precolombina, basados en los contactos que existían entre la Polinesia con América

(Langdon 1993; Daniells, *et al*, 2001; De Langhe 1996; Reynolds 1927; Simmonds 1959; Soto, 1992; Simmonds 1995; Marin *et al* 1998; Arnaud y Horry, 1997).

Arnaud y Horry (1997), señalan que los estudios realizados a través de colectas entre 1988 y 1989, por Sharrock (IBPGR), Jones (QDPI), French (consultor) y Montcel (CIRAD), Daniels (QDPI), Kambuou (PNG DAL), y Banag (PNG DAL), permitieron identificar un total de 264 accesiones en la región de Papúa Nueva Guinea, sudeste de Asia y la región del Pacífico, confirmando la amplia variabilidad genética y ratificando esta región como centro de origen del género *Musa*.

- **Conocimiento y domesticación del género *Musa*.**

Todos los estudios indican que *Musa acuminata* (diploide, AA), de frutos maduros comestibles surgió como resultado de la esterilidad femenina y partenocarpia que habría resultado de la selección de los seres humanos. Posteriormente, cruzamientos entre diploides comestibles y subespecies *M. acuminata* silvestre, dieron lugar a una amplia gama de genotipos triploides AAA (De Langhe, 1996). En la mayor parte de Asia Sur Oriental estos triploides eran plantas más vigorosas y fruta más grande, esto llevó a ir sustituyendo a los AA originales.

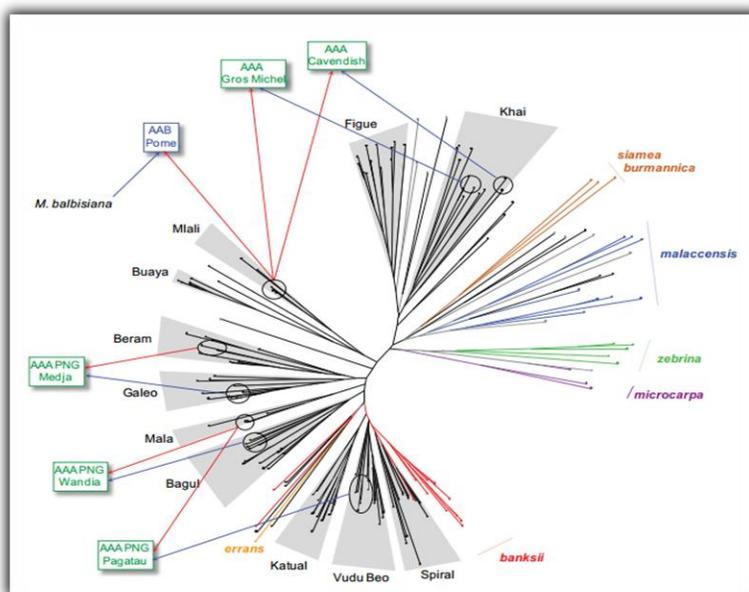
Este movimiento fue generando un grupo distinto de plátanos AAB cultivados a través de las islas del Pacífico, conocidos como el grupo Maia Maoli / Popoulu, progenitores que se cree fueron llevados por los protopolinesios hacia regiones cercanas a las Filipinas hace más de 4.000 años (De Langhe y De Maret 1999). Es interesante la propuesta que Simmonds (1973) diseñó para conocer la contribución relativa de las dos especies sobre los diferentes genotipos cultivados, utilizando características inherentes al genoma A y B fácilmente distinguibles. Quince características fueron seleccionadas para la clasificación taxonómica, permitiendo conocer a través de caracteres morfológicos la nomenclatura adecuada de cada cultivar.

1.2.3 Descriptores para Bananas (*Musa* spp) del IPGRI / CIRAD / INIBAP

Actualmente el IPGRI (1996), utiliza las siguientes definiciones en la documentación de recursos fitogenéticos: Descriptores de pasaporte, Descriptores de manejo, Descriptores del sitio y medio ambiente, **Descriptores de caracterización**: permiten una discriminación

fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Adicionalmente, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables Promusa (2015), sintetiza los trabajos recientes sobre filogenia del género *Musa* y los taxones, subespecies y variantes que se presentan, con base en estudios moleculares (Figura 1- 2).

Figura 1- 2 Relaciones filogenéticas para grupos y subgrupos de *Musa* (Bioversity, 2015) según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular.



Los descriptores de Caracterización, 117 en total, permiten tener un amplio conocimiento de los aspectos morfológicos, desagregados por órganos de la planta, así: apariencia general de la planta (2 descriptores), pseudotallo/hijos (11), peciolo/nervadura/hoja (23), inflorescencia/yema masculina (16), brácteas (14), flores masculinas (26) y fruto (25).

Finalmente, **Descriptores de evaluación**: muchos de los descriptores de esta categoría son susceptibles a las diferencias ambientales, pero son generalmente útiles en la mejora de un cultivo y otros pueden involucrar la caracterización bioquímica o molecular. Ellos incluyen rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés y caracteres bioquímicos y citológicos. Adicionalmente, se realiza la **Evaluación** tomando información a través de 16 descriptores, relacionados con aspectos morfométricos: pesajes, cantidades y longitudes, que corresponden a caracteres cuantitativos de observaciones puntuales.

IPGRI (1996), y las entidades que lideran estos procesos de caracterización de bancos de germoplasma, señalan que adicionalmente a estas caracterizaciones y evaluaciones, es necesario complementar con estudios sobre el comportamiento de las accesiones del banco a otros factores como la **Susceptibilidad al estrés abiótico** (baja temperatura, sequía, inundación, carencia de minerales, vientos, suelos ácidos, toxicidad del manganeso, y alta temperatura). Así mismo, a factores relacionados con la **Susceptibilidad al estrés biológico** (enfermedades y plagas, en especial). Marcadores bioquímicos, moleculares, caracteres citológicos y genes identificados, hacen parte de las herramientas biotecnológicas para consolidar el conocimiento que se debe tener del banco de germoplasma de musáceas.

1.2.4 Producción y variedades.

Hoy el banano se cultiva en todas las regiones tropicales del mundo, siendo la fruta tropical más cultivada. Todo el comercio internacional del banano depende de un solo clon: Cavendish, que por tener una forma de reproducción asexual, tiene una diversidad genética muy pobre (Alerta Verde, 2012),

Para el año 2013, MADR-AGRONET, (2015b), reportan 496.141 hectáreas sembradas, con una producción de 5.036.129 toneladas producidas entre plátano (3.306.740 ton.) y banano (1.729.389). Los rendimientos promedios para banano de 35 ton/ha, mientras que para plátano de 8,34 ton/ha. El anexo C presenta las estadísticas del MADR, 2013, para área, producción y rendimiento por departamento, para plátano, banano, bananito y banano manzano, así como las cifras de exportación registradas al año 2013.

A nivel de cultivares o variedades sembradas y comercializadas a nivel nacional, no se cuenta cifras oficiales sobre área, producción y rendimiento por departamento o región. Se tiene conocimiento que son alrededor de 30 cultivares que han sido sembrados por productores, entre ellos: plátanos Hartones, Dominico-hartones, Dominicos, Pelipita, Cachacos, FHIA's, Pompos, Cominos o Guayabos, Gros michel, Cavendish, Bananitos, entre otros (Belalcazar, *et al.*, 1991, Belalcazar, *et al.*, 1984, Valencia, *et al.*, 1998).

Por tradición y cultura de consumo, los clones de plátano más importantes por área sembrada y demanda, son los tipos Horn (Harton), sembrados entre 0-1000 msnm, y french (Dominico), sembrados entre 1000 y 2000 msnm (Belalcazar, *et al.*, 1998); no obstante, hay

otros cultivares del subgrupo Plantain, Bluggoe y algunos híbridos FHIA que se siembran a menor escala, así como en bananos el más sembrado es del grupo Cavendish y en menor escala Gros Michel; otros como bananitos van incursionando con nuevas siembras.

En la actualidad, la disponibilidad de materiales promisorios que presenten condiciones similares o superiores a las comerciales es baja. Las dificultades que se han presentado en los programas de mejoramiento convencional, ocasionadas por la alta esterilidad de los cultivados tradicionalmente, requieren ser superadas mediante el conocimiento y la ampliación de la base genética (de ser necesario), para mantener la demanda satisfecha a un nivel razonable de costos de producción y precios al consumidor (Corpoica, 2014; MADR Portal Siembra, 2015; MADR, 2005). Las anteriores decisiones están asociadas a gustos de los consumidores, que cumplan con mejores características o similares de adaptación, calidad agronómica y organoléptica, además, de condiciones de tolerancia o resistencia a los principales problemas fitosanitarios (MADR, 2005).

1.2.5 Procesos de investigación en caracterización

Algunos investigadores sostienen que la clasificación de germoplasma y la identificación de genotipos de bananos y plátanos (*Musa spp*), por medio de métodos tradicionales (morfológicos), han conducido a tener duplicidad e interpretaciones erróneas cuando se usan por separado. Hoy día se sabe que la combinación de esta herramienta con métodos moleculares ha clarificado la taxonomía e identificación de genotipos (Nadal, *et al.*, 2009).

En musáceas, la caracterización morfológica de los bancos de germoplasma puede estar influenciada por las variantes somaclonales que se presentan en materiales generalmente triploides, partenocápicos y de propagación vegetativa. Cuando Larkin y Scoweroft en 1981, citados por Pedraza, *et al.* (2006), postularon el principio de la variabilidad somaclonal, desde entonces se han reportado variantes somaclonales en especial en el subgrupo Cavendish obtenidas a partir del proceso de micro propagación, variantes que han estado asociadas al tamaño del fruto y la calidad fundamentalmente (Pedraza, *et al.*, 2006).

Estudios recientes desarrollados en Embrapa (Cruz das Almas, Bahia, Brasil), Brandao *et al.*, (2013), cuantificaron la diversidad y variabilidad genética de las accesiones del banco de germoplasma, utilizaron descriptores morfo-agronómicos del IPGRI, analizados mediante la conformación de una matriz combinada tanto con descriptores cuantitativos

como cualitativos. Los resultados permitieron reducir el número de descriptores utilizados, en un 51%, sin afectar la estimación de la variabilidad entre las accesiones del banco.

Aunque son muchos los estudios realizados sobre aspectos productivos de las variedades del género *Musa*, para los diferentes ambientes agroecológicos a nivel nacional, éste no será un tema sobre el cual se va a profundizar por los objetivos mismos del presente estudio, pero si es pertinente indicar que los materiales que actualmente se siembran en el país han sido objeto de estudios agromorfológicos, físico químicos y organolépticos.

Los estudios relacionados con caracterizaciones agromorfológicas, bioquímicas y moleculares, así como evaluaciones de genotipos de musáceas fueron reportados por Cayon y Salazar, (2001), en el documento Resúmenes analíticos de la investigación de platano en Colombia. Estos resúmenes destacan los trabajos realizados por: Cardeñosa, (1955), quien inicia con estudios de nomenclatura y clasificación de platanos y bananos, que junto a Simmonds y Shepherd (1958), sientan las bases para avanzar en el conocimiento de los procesos de caracterización de las musáceas. Lopez (1983), realiza estudios sobre taxonomía y citogenética del platano. Carmona, (1985), desarrolla estudios sobre el cariotipo de un material del género *Musa*, Dominico. Alvarez., *et al.*, (1991), realizaron investigaciones sobre quimio-taxonomía de dos especies y cinco biotipos de musáceas, con énfasis en harton, dominico, dominico harton enano, y cachaco en la zona central cafetera de Colombia. Por otra parte, Verbel, (1991), hace el reconocimiento y caracterización de especies y variedades cultivadas del género *Musa* en Montería, Colombia. Rojas (1992), realiza la evaluación de seis clones de platano en condiciones de bosque húmedo tropical. Belalcazar, *et al.*, (1994), evaluaron 91 materiales comerciales de platano y banano bajo las condiciones de la zona cafetera, a partir de la Colección Colombiana de Musáceas en el C.I. El Agrado Quindío. Grisales (1995), adelanta trabajos sobre germoplasma y comportamiento productivo del platano en la zona central cafetera. Gaviria, *et al.*, (1997), caracterizaron molecularmente clones de platano de la colección colombiana de musáceas demostrando la importancia de enriquecer la colección para elevar la variabilidad contenida en la colección, que a la fecha es muy estrecha.

Tiempo después, Belalcazar, *et al.*, (1998), presentaron informes de resultados sobre conservación y evaluación de la colección colombiana de musáceas. Corredor y Hernandez, (1998), realizan trabajos de caracterización de cinco musáceas híbridos de FHIA resistentes a sigatoka negra en los llanos. Grisales (1998), presenta nuevos trabajos

sobre el nuevo germoplasma de plátano para la zona cafetera. Lozada, *et al.*, (1988), reportan trabajos sobre conservación, evaluación y aumento del banco de germoplasma de plátano. Marin y Torres (1988), publican resultados sobre evaluación agronómica de cinco cultivos de banano y plátano. Reyes y Martínez (1998), entregan resultados sobre quimiovariabilidad en el género *Musa* a través de la caracterización genética con nueve sistemas enzimáticos. Sanchez *et al.*, (1998), destaca resultados sobre caracterización bioquímica y molecular de la colección colombiana de musáceas.

A los anteriores estudios, se suman los bioquímicos y moleculares el banco de germoplasma de musáceas denominado Colección Colombiana de Musáceas "CCM", con el fin de determinar la variabilidad genética, realizados por Sanchez *et al.*, (1998), estos aportes contribuyeron a conocer la variabilidad genética utilizando marcadores como RAPD y AFLP, demostrando más variabilidad en el grupo de los bananos que en plátanos a través de los coeficientes de similitud. Por otra parte el grupo de los plátanos ABB presentó rangos de similitud más estrechos pudiéndose diferenciar las variedades tradicionales colombianas de las introducciones recientes del oeste africano. El análisis con UPGMA agrupó por genoma y mostró mayor diversidad genética dentro del grupo de los bananos Cavendish.

El análisis molecular con marcadores RAPD, RFLP, STMS, indica que la mayoría de los plátanos tienen un nivel muy alto de identidad genética de acuerdo con los trabajos de Carrell *et al.* 1994, Crouch *et al.* 1998, Howell 1994, citados por Daniels, *et al.*, (2001), apoyando las teorías que las mutaciones somáticas han sido responsables de la diversidad de "morfotipos" de plátanos que se encuentran en el oeste de África. Estas mutaciones son poco aprovechadas en Colombia ante la ausencia de un programa de rescate de la variabilidad existente, dispersa en zonas cafeteras, con el riesgo de perderse por la dinámica misma del sistema productivo.

Después de emplear los descriptores para banano del INIBAP/PIGRI/CIRAD (1996), se tomaron en cuenta 121 caracteres correspondientes a la planta, yema e inflorescencia masculina, flores y frutos, haciendo énfasis en aquellos descriptores altamente discriminantes que son los más aportantes a la variabilidad genética, tales como: coloración del pseudotallo, cara dorsal de la hoja cigarro, presencia de manchas en los hijos de agua, forma y color del ápice de las brácteas, longitud de los frutos, aspecto del raquis con flores

masculinas sin brácteas persistentes, el color de la cascara inmadura, ápice del fruto (puntiagudo), color de la pulpa, todas ellas hicieron diferenciar al clon somaclonal evaluado.

Estudios similares fueron realizados por Román *et al.*, (2015), en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (Santo Domingo, Villa Clara, Cuba); indicando que las variables mas importantes para la caracterización de los clones y especies, fueron las manchas en la base del pecíolo, el ápice del fruto, la forma de la bellota, la altura del pseudotallo, y el numero de frutos. Los análisis multivariados permitieron diferenciar clones y seleccionar los genotipos sobresalientes del banco de germoplasma de dicho instituto.

Los estudios de Giraldo *et al.*, (2011), sobre la Colección Colombiana de Musaceas “CCM” arrojaron datos de interes sobre posible duplicidad en la colección entre diferentes accesiones, específicamente entre Plantain 17 y Harton Birracimo; Dominico 300 y Dominico Maqueño, al igual que entre Bend Monssedjo y Dominico Ancuyano, mientras que Pompo o Comino y FHIA-02 representan una fuente importante de variabilidad dentro de la CCM.

Las diferencias morfológicas, físicas, y químicas caracterizadas y evaluadas en la CCM por Hoyos-Leyva *et al.*, (2013), permitieron evidenciar la diversidad genética a partir de estos atributos. Se observaron diferencias altamente significativas, para un grupo de 20 accesione en las variables de estudio, confirmando diversidad varietal en las musáceas de la citada colección (Hoyos_Silva, *et al.*, 2014).

La CCM que fue trasladada al CI Palmira como banco de germoplasma del estado, debe retomar los resultados de Sanchez *et al.*, (1998), para determinar a través del presente trabajo, la relación de duplicidad en algunos materiales como lo señalaron los estudios anteriores. Un numero de clones presentes por cada grupo genómico en la CCM y los análisis realizados con todas las enzimas, sugieren la necesidad de incorporar un mayor numero de clones tradicionales cultivados y silvestres, para confirmar la clasficacion de los materiales ya existentes y adicionalmente aumentar la variabilidad genética por grupo genómico en el banco de germoplasma del estado colombiano.

1.3 Planteamiento del problema

El banco de germoplasma de musáceas del estado colombiano, localizado en el C.I. Palmira de Corpoica, fue parcialmente caracterizado por métodos moleculares, requiere de

la caracterización **morfológica**, física, y química, que permita cuantificar la diversidad y variabilidad genética existente, para las condiciones del CI Palmira. El desconocimiento de estos atributos de valor de opción son necesarios para iniciar procesos de investigación en mejoramiento, manejo agronómico e imposibilitando determinar las potencialidades productivas, agroindustriales y alimenticias en procesos de transformación de harinas y almidones.

1.4 Planteamiento de la hipótesis

El banco de germoplasma de musáceas del CI Palmira de Corpoica, reúne una amplia variabilidad genética con atributos **morfológicos** diferenciables que deben ser estudiados para para trasladar el valor de conservación/existencia al valor de opción y utilización.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Fenotipificar el banco de germoplasma de musáceas del Centro de Investigación Palmira de Corpoica a través de **atributos morfológicos** con la finalidad de conocer la variabilidad genética con valor actual y potencial para promover una mayor utilización y un uso eficiente de la diversidad genética contenida en la colección.

1.5.2 Objetivo específico

- Caracterizar morfológicamente las accesiones del banco de germoplasma del C.I. Palmira a través de descriptores cualitativos que permitan identificar caracteres morfoagronómicos discriminantes
- Cuantificar la diversidad y variabilidad genética del banco de germoplasma de musáceas del CI. Palmira, utilizando descriptores morfo-agronómicos, para establecer el número mínimo de variables capaces de cuantificar la diversidad entre las accesiones.
- Contribuir a la validación de la composición de la variabilidad genética expresada a través de caracteres morfológicos como base del premejoramiento de musáceas.

1.6 Materiales y métodos

1.6.1 Localización

La caracterización morfológica se realizó en el Centro de Investigación Palmira de CORPOICA ubicado en Palmira, Valle del Cauca, Colombia, en las coordenadas 03°30'43,6"N, 76°18'53,5"O, a una altura de 1.001 m.s.n.m. temperatura promedio anual de 23°C, precipitación promedio anual de 1.100 mm y humedad relativa promedio anual del 75% (Corpoica, 2015). El banco de germoplasma de musáceas está plantado en campo en el lote No. 12, en un área de 15.600 metros cuadrados (1,5 hectareas), con un marco de plantación de 4,0 x 3,0 metros, suelos franco arcillosos (FAR), topografía plana, con disponibilidad de riego suplementario por aspersión con agua de pozo/aljibe.

1.6.2 Selección de accesiones por Tipo y Genoma.

El Sistema Nacional de Conservación y Mantenimiento de Bancos de Germoplasma para la Alimentación y la Agricultura, de Corpoica, cuenta con más de 34.000 accesiones en 65 bancos de germoplasma, distribuidos en diferentes regiones y centros de investigación a nivel nacional, entre ellos se cuenta con el banco de germoplasma de musáceas localizado en el CI Palmira de Corpoica, con 185 introducciones, distribuidas en cuatro tipos: plátanos (88), bananos (54), bananitos (37) y ornamentales (6).

El banco de musáceas cuenta con la información básica, propia de bancos oficialmente constituidos, mediante datos de Pasaporte (descriptores de las accesiones, de recolección y de manejo).

El estudio se orientó a caracterizar, principalmente las accesiones comestibles (155), comestibles con semilla (4), no comestibles (20), y no definidas (06). Por grupo genómico la colección se analizó conforme a su grupo genómico: AA (54), AAA (24), AAAA (5), AAAB (7), AAB (62); AABB (2), AB (3), ABB (10); BB (2); Eumusa? (2), Aneuploide (1), Australimusa (1); Rhodochlamys (3) y sin clasificar (09).

1.6.3 Manejo agronómico Platano, Banano y Bananito (Tipos)

El banco de germoplasma es manejado agronómicamente con recursos del proyecto "Conservación y mantenimiento de bancos de germoplasma del estado colombiano",

administrado por Corpoica. Recursos destinados al mantenimiento agronómico basado en manejo del riego (periódicos de acuerdo a las necesidades hídricas), fertilización (con base en el análisis químico del suelo), controles de arvenses (inicialmente con guadaña de tracción, guadaña manual y plateos manuales) manejo de plagas (con énfasis en picudos, y enfermedades del follaje), prácticas culturales (basadas en deshoje, descoline, deshuasque y destronque).

El manejo de plagas se realizó de manera integral con productos químicos, trampeo y aspersiones con productos biológicos a base de *Beauveria bassiana* para manejo de picudos principalmente. El manejo agronómico se realizó conforme al cronograma establecido anualmente, desagregado por mes y semana al cual se le realizó seguimiento periódico para el cumplimiento de las actividades agronómicas.

El manejo agronómico se realizó con base en las tecnologías y recomendaciones generadas por el equipo de investigadores de ICA-Corpoica (Belalcázar *et al.*, 1991, Belalcázar *et al.*, 1994, ICA, 2015; INIBAP, 2001). El mantenimiento del banco de germoplasma en campo obedeció a una continua planificación, que debió ser ajustada y validada con periodicidad anual, mensual y semanal, conforme a los requerimientos técnicos y administrativos por espacio de cuatro años a partir del año 2012.

1.6.4 Caracterización morfológica de Musáceas

La evaluación morfológica del banco de germoplasma de musáceas se realizó para 185 accesiones de las cuales 88 fueron de plátano, 54 de banano, 37 de bananitos y 6 ornamentales. Desde el punto de vista botánico y taxonómico, el listado de las accesiones evaluadas se reagruparon en tres tipos: plátanos, bananos, bananitos y ornamentales (15 subgrupos y 09 genomas) (Tabla 1-1-1).

Al ser cosechado el racimo, éste fue trasladado al laboratorio de calidad de frutas del CI Palmira en donde se caracterizaron y evaluaron otras variables morfológicas de la inflorescencia, relacionadas con el pedúnculo, raquis, brácteas, flores maculinas, neutras, femeninas y bellota conforme a las especificaciones del descriptor del IPGRI/ INIBAP/ CIRAD (1996).

La información se capturó en formatos prediseñados de conformidad con los descriptores del IPGRI (144 en total), sistematizada en una matriz de doble entrada para variables

independientes (bloque, repetición, número, código de introducción, nombre accesión, tipo, genoma, subgrupo y sección), y dependientes a través de **variables cualitativas**, caracterizando a través de 115 descriptores (variables de respuesta agrupadas por: apariencia general de la planta (2 descriptores), pseudotallo/Hijos (12 descriptores), pecíolo/nervadura/hoja # 3 (24 descriptores), inflorescencia / yema masculina (15 descriptores), brácteas (10 descriptores), flores masculinas (25 descriptores), y fruto (25 descriptores). Por otra parte, también se evaluaron las **variables cualitativas y cuantitativas** del racimo, mediante variables dependientes: datos racimo (color, tamaño, forma, pesos, cantidades), mano2 (color de la pulpa y de la cascara, sabor, firmeza de la pulpa, peso, cantidades).

Se hizo énfasis en observar, además, los descriptores esenciales señalados por el “Descriptor de Bananas del IPGRI (1996)”, el cual destaca como altamente discriminantes los siguientes (Tabla 1-4-1):

organo	variable	organo	variable
bellota	tipo de la yema masculina	hoja	manchas en la base del pecíolo
bellota	forma de la yema masculina	hoja	color de las manchas
bracteas	forma del apice de las brácteas	hoja	canal del pecíolo de la hoja 3
bracteas	imbricación de las brácteas	hoja	color de la nervadura en el haz
bracteas	color de la cara externa de la bráctea	hoja	color de la cara dorsal de la hoja cigarro
bracteas	color de la cara interna de la bráctea	hoja	<i>manchas en la lamina de los hijos de agua*</i>
bracteas	coloración atenuada de la base de la brácteas	hoja	longitud del pedúnculo
bracteas	comportamiento de las brácteas antes de caer	hoja	pubescencia del pedúnculo
bracteas	presencia de cera sobre las brácteas	hoja	<i>numero de hojas vivientes a floración*</i>
flor	color de los tepalos compuestos	hoja	<i>numero de hojas vivientes a cosecha*</i>
flor	pigmentación del tepalo compuesto	planta	habito foliar
flor	color de los lóculos del tepalo compuesto	planta	enanismo
flor	aspecto del tepalo libre	planta	número de hijos
flor	<i>vitalidad del polen*</i>	planta	<i>desarrollo de hijos*</i>
flor	forma del estilo	pseudotallo	altura del pseudotallo
flor	color del estigma	pseudotallo	aspecto pseudotallo
flor	color básico del ovario	pseudotallo	color del pseudotallo
flor	pigmentación del ovario	pseudotallo	pimentación de vainas internas
frutos	frutos	pseudotallo	color de la savia
frutos	número de frutos	pseudotallo	altura del pseudotallo
frutos	longitud de frutos	racimo	posición del racimo
frutos	forma de frutos	racimo	tipo de raquis
frutos	sección transversal del frutos	racimo	posición del raquis
frutos	apice del frutos	racimo	aspecto del raquis
frutos	color de la cascara madura	racimo	cicatrices sobre el raquis
frutos	presencia de pulpa	racimo	peso del racimo
frutos	color de la pulpa a madurez	racimo	número de manos
frutos	presencia de semillas	racimo	número de dedos
frutos	forma de la semilla		

frutos peso del fruto

*Variables no aplicadas en el presente estudio.

Tabla 1-4-1 Descriptores esenciales altamente discriminantes en la caracterización morfológica seleccionados por IPGRI (1996)

Con la información de base, formatos, plano de siembra y codificación del material se procedió a hacer caracterizaciones y evaluaciones correspondientes a cosechas semanales en plantas que previamente habían sido identificadas con cinta de color al momento de la floración para determinar el tiempo de flor a cosecha. Al momento de la cosecha la planta fue caracterizada in situ, en tres etapas de desarrollo: etapa vegetativa (color, pigmentación, apariencia, vainas, savia, cera, desarrollo de hijos pseudotallo, peciolo, hojas, manchas, color, canal peciolar, márgenes del canal, alas, aspecto, forma, ancho, longitud, lamina foliar, corrugamiento, hoja cigarro y hojas de los hijos), figura 1- 4.

La etapa productiva (forma de la base brácteas, ápice, imbricación, color cara interna, externa y del ápice, forma, comportamiento y levantamiento antes de caer, presencia de cera, surcos en las brácteas), para mayor ilustración ver la figura 1- 4. Las etapas vegetativa y productiva se ilustran detalladamente en el anexo A.

Figura 1- 3 Descriptores morfológicos para planta, hoja y peciolo, (INIBAP, 2001)

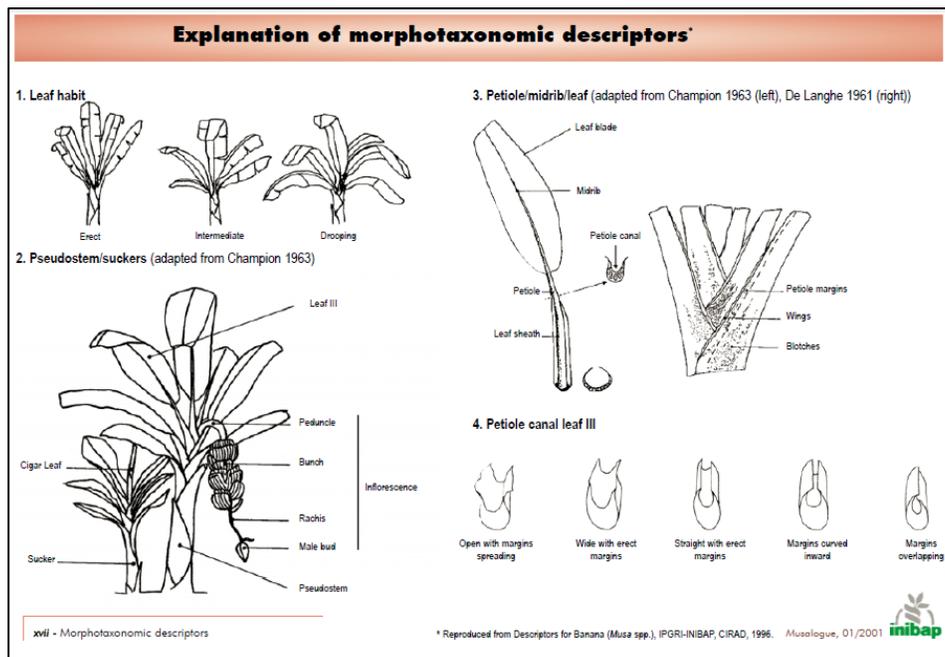
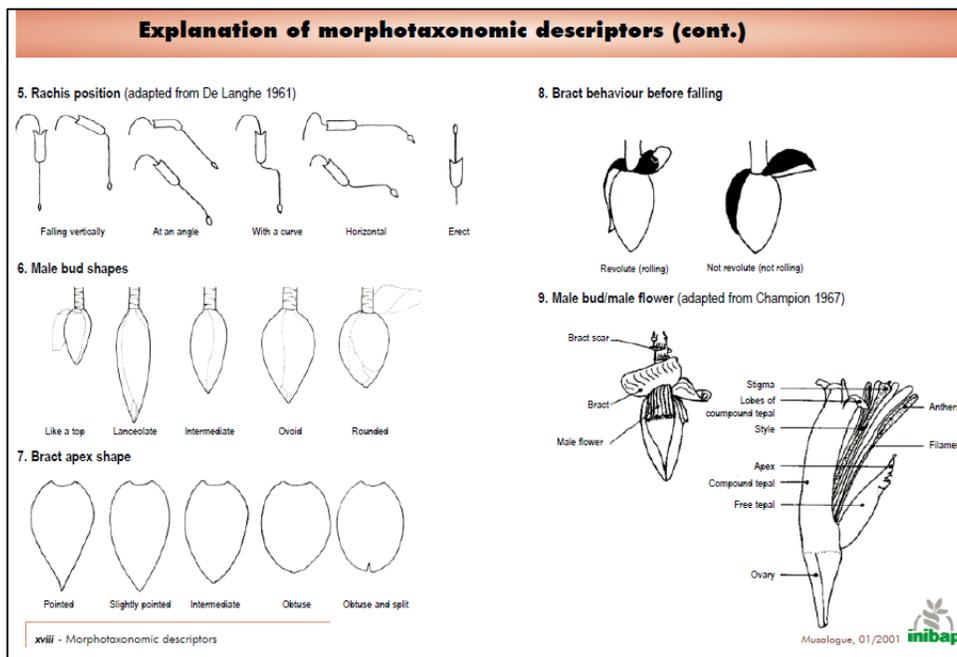


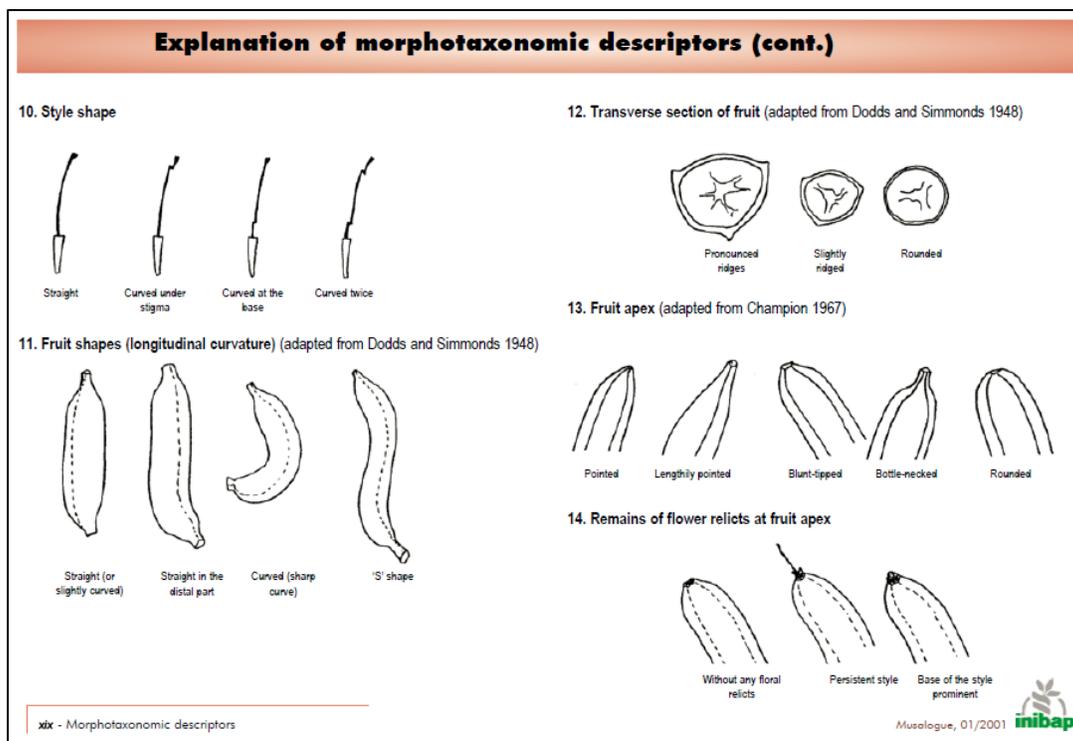
Figura 1- 4 Descriptores morfológicos para racimo, bellota y flor (INIBAP, 2001)



Las variables cualitativas del racimo fueron caracterizadas y evaluadas en laboratorio con el apoyo de algunos equipos (estereoscopio, balanza graduada en decimas) y materiales como cinta métrica, tabla de colores, pie de rey, cinta métrica de tela, cuchillo, y formatos. Se tomaron tres lecturas como mínimo para cada accesión por variable y se utilizó la moda como medida de tendencia central para determinar el valor que representa cada accesión para cada variable.

Los descriptores de la flor son algunos de los mas discriminantes y altamente heredables. Veinticinco descriptores para flores masculinas relacionadas con la descripción de los tépalos compuesto y tepalo libre, color, forma, aspecto, desarrollo, bordes, lóbulos, estilo, pistilo y estigma, así como forma, color y pigmentación del ovario, dominancia de la flor masculina y presencia de flores irregulares. Veinticinco (25) descriptores para fruto, relacionados con, posición, numero, longitud, forma, sección transversal, ápice, pedicelo, superficie, fusión y color, adherencia, caída de la cascara de frutos (Figura 1- 5), así como textura, forma y superficie de semilla.

Figura 1- 5 Descriptores morfológicos para pistilos, frutos y pulpa (INIBAP, 2001)



1.6.5 Diseño y análisis estadístico

Dentro de las herramientas estadísticas en estudios de caracterización de bancos de germoplasma, el análisis de Clusters (o Análisis de conglomerados), es quizás una de las mejores herramientas de análisis exploratorio de datos para resolver problemas de clasificación. Su objetivo consiste en ordenar variables, en grupos (conglomerados o clusters) de forma que el grado de asociación/similitud entre miembros del mismo cluster sea más fuerte que el grado de asociación/similitud entre miembros de diferentes clusters. Cada Cluster se describe como la clase a la que sus miembros pertenecen. Permite descubrir estructuras en los datos que no son evidentes a priori pero que pueden ser útiles una vez que se han encontrado. Los resultados contribuyen a la definición formal de un esquema de clasificación de accesiones para el caso de bancos de germoplasma vegetal (Nuñez y Escobedo, 2011).

Se tomó cada planta cosechada como una unidad experimental, identificando el bloque, el surco, la posición de la planta, previamente identificada por plano de siembra y con estaca en cada sitio de siembra, con el código de la accesión y el nombre del material. Se aplicó un diseño experimental en bloques completos al azar BCA, bloqueado por condiciones del terreno principalmente.

La información fue analizada con el programa estadístico R versión 3.2.1 Copyright (C) 2015 The R Foundation for Statistical Computing Platform. Los análisis estadísticos realizados fueron ANOVA, análisis de correlaciones, análisis factorial múltiple (ACP, ACM).

- **Análisis Multivariado**

El Análisis Multivariado (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resulten de observar un número $p > 1$ de variables estadísticas sobre una muestra de “n” individuos. Las variables observables son homogéneas y correlacionadas, sin que alguna predomine sobre las demás. La información estadística en el AM es de carácter multidimensional, por lo tanto la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes juegan un papel fundamental (Nuñez y Escobedo, 2011).

La información de las bases de datos de musáceas analizadas son de carácter multivariado, ya que contienen diversas variables tanto de tipo cualitativo como

cuantitativo. Adicionalmente al interior de las variables se forman subgrupos como las mediciones sobre el tallo y características físicas, entre otras.

- **Análisis de Componentes Principales**

Se trata de una técnica matemática que no requiere un modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores. Sin embargo, si es posible suponer que la población muestreada tiene una distribución conjunta normal multivariada, podrá estudiarse la significación estadística de los componentes y será posible utilizar la muestra efectivamente observada para efectuar pruebas de hipótesis, que contribuyan a conocer la estructura de la población original, con un cierto grado de confiabilidad, fijado a priori o a posteriori (Pla, 1986).

Los objetivos más importantes del análisis de componentes principales son:

- I. Generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el grupo original de datos.
- II. Reducir la dimensionalidad del problema que se está estudiando, como paso previo para futuros análisis.
- III. Eliminar, cuando sea posible, algunas variables originales, en el caso de que aporten poca información.

- **Análisis Factorial Múltiple**

El Análisis Factorial Múltiple (AFM), desarrollado por (Escofier y Pagés, 1992), en la Escuela Francesa de Análisis de Datos, es un método factorial adaptado al tratamiento de tablas de datos en las que un mismo conjunto de individuos se describe a través de varios grupos de variables. Los grupos de variables pueden ser generados por la utilización conjunta de variables de diferente naturaleza, cuantitativas y cualitativas, o del empleo de tablas de tres dimensiones que pueden surgir del manejo de un mismo conjunto de variables medidas en distintos periodos de tiempo.

El AFM puede considerarse un ACP en el que la influencia de los grupos de variables está equilibrada. Los grupos de variables pueden ser diferentes, incluso en naturaleza y número. El AFM tiene como objetivo comparar las tipologías de los individuos a nivel global y grupal, según se tome la totalidad de variables que las conforman, o grupos de ellas.

1.7 Resultados y discusión.

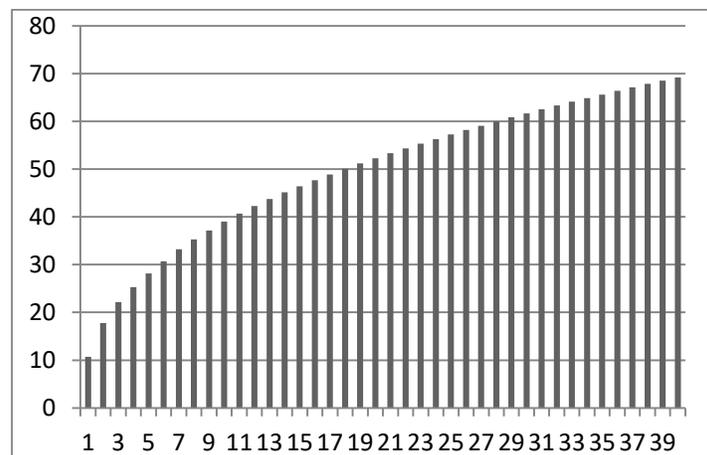
Haciendo uso de la herramienta estadística Análisis Factorial Múltiple (Escofier y Pages, 1992), los resultados obtenidos fueron consistentes conforme a la revisión de literatura consultada para estos propósitos. A continuación se detalla el proceso y los resultados de mayor relevancia.

1.7.1 Análisis Factorial Múltiple

A partir de 127 descriptores morfológicos y 185 accesiones evaluadas, se construyó la matriz de datos conformados por variables cualitativas y cuantitativas, siguiendo los planteamientos hechos por Nuñez y Escobedo (2011), en cuanto al tipo de análisis multivariado que permita caracterizar y analizar el agrupamiento de los bancos de germoplasma. La utilización de la herramienta estadística AFM “Análisis Factorial Múltiple” permitió clasificar y ordenar las variables mediante la conformación de 40 dimensiones que expresaban, cada una de ellas, la variabilidad observada entre las accesiones caracterizadas con los descriptores IPGRI (1996).

La figura 1- 6 ilustra el porcentaje de varianza acumulada para cada una de las dimensiones con respecto al porcentaje de variabilidad observada a partir de la matriz de datos morfológicos. Se estableció que con 40 dimensiones conformadas se logró explicar el 70% de la variabilidad presente en las accesiones del banco de germoplasma de musáceas del C.I. Palmira.

Figura 1- 6 Inercia del análisis factorial de descriptores expresado en porcentaje acumulado de varianza observada en el banco de germoplasma de musáceas del C.I. Palmira, Corpoica



Se tomaron las variables que contribuyeron con un mayor aporte a cada dimensión, y se agruparon los descriptores resultantes del análisis de la matriz de dimensiones en la cual se seleccionaron 41 descriptores discriminantes (Tabla 1-5-1). Se totalizaron las contribuciones que cada dimensión aportaba a la variabilidad expresada para la población de accesiones evaluadas. Algunas variables tuvieron la contribución de dos y tres dimensiones destacando la importancia de esta variable en su poder discriminante, de forma excluyente entre dimensiones para cada descriptor.

Órgano de la planta	Descriptor	Característica evaluada
planta	Hábito foliar	Erecto, normal, decumbente, Otro
planta	Enanismo	Normal, las hojas no se superponen; y Enano
bracteas	Color de la cara externa de las bracteas	Amarillo, Verde, Azul, Rojos, Violeta café, Otro
racimo	Color del pedúnculo	Verdes, rojos, con pintas violeta o café, otro.
pseudotallo	Color del pseudotallo	verdes, amarillos, rojos, violáceo, azul, quimérico
fruto	X.Presencia de semillas	<5, 5-20, >20
bellota	Forma de la yema masculina	Trompo, lanceolada, intermedia, ovoide, redondeada
racimo	Posición del raquis	pendular, inclinado, con curva, erecto, horizontal
bracteas	Color de la cara interna de las bracteas	Blancuzco, Morado, Amarillo, verde, Violeta, café, Otros
pseudotallo	Color subyacente del pseudotallo	Verdes, crema, rosado malva, rojo, morado, otro
racimo	Posición del racimo	pendular, inclinado, oblicuo, horizontal, erecto
racimo	Aspecto del raquis	desnudo, flores neutras, masculinas, otras.
racimo	X.Perímetro pedúnculo	>=13 cm
planta	Emergencia de los hijos	lejos/cerca de la planta, verticales o inclinados,
fruto	Acidez	por titulación con NaOH
fruto	Color de la cáscara inmadura	amarillo, verdes, plateado, rojos, negro, otro
fruto	Dímetro Dedo	Medición dedo central mano2
racimo	Forma del racimo	cilíndrico, cono truncado, asimétrico, con curva del eje
fruto	Color de la cáscara madura	amarillos, grises, rojos, negro, otros.
racimo	Peso Manos Racimo	totalizando peso manos individuales
racimo	Peso Racimo Total	totalizando pedúnculo+raquis+bellota+manos
pseudotallo	Apariencia del pseudotallo	Opaco (ceroso), brillante (no ceroso)
fruto	X.Brix	utilizando refractómetro
fruto	Ceniza	
racimo	X. Cicatrices vacíos en el Raquis	
fruto	Forma de la semilla	achatada, angulosa, globular, redondeada
fruto	Frutos	<=12, 13-16, >=17,
pseudotallo	Pigmentación de las vainas internas	rosado malva, rojo. Morado, otro
racimo	Peso Cáscara Mano2	
racimo	Número Manos Racimo	
fruto	Posición de los frutos	curvos, paralelos al raquis, perpendicular al raquis, pendulares
racimo	Peso Mano2	
hoja	Cera en las vainas	
fruto	Ápice del fruto	puntiagudo, truncado, cuello botella, redondeado
bellota	Peso Bellota	
fruto	Sabor predominante	astringente, suave, dulce, dulce y ácido, azucarado, otro
fruto	Peso Cáscara Dedo Central	
fruto	Arco Interno Dedo	
fruto	Arco externo Dedo	
bellota	X.Perímetro de la yema masculina	<=20, 21-30, >=31 de diámetro
racimo	Peso Pulpa Mano2	

s/c: sin código, sin clasificar.

Tabla 1-5-1 Listado de descriptores discriminantes que interpretaron más del 70% de la variabilidad observada en el banco de germoplasma de musáceas.

Entre los 41 descriptores discriminantes, el órgano de la planta que agrupa mayor porcentaje (41,5%) de los descriptores evaluados es la inflorescencia o yema masculina, conformada por variables como: longitud, diámetro, color y pubescencia del pedúnculo; posición, forma, apariencia, flores femeninas y frutos del racimo; tipo, posición y aspecto del raquis; tipo, forma y tamaño de la yema masculina o bellota.

Los descriptores relacionados con el fruto aportan el 36,6% de los descriptores discriminantes, que están relacionados con estructuras del fruto como: posición, número, longitud, forma, sección transversal, ápice, vestigios florales en el ápice del fruto; longitud, ancho, superficie y fusión de pedicelos; espesor, adherencia, grietas, presencia de pulpa, color de la pulpa y de la cascara inmadura y madura; textura y sabor predominante de la pulpa, así como presencia, superficie y forma de semillas en el fruto.

Los dos órganos de la planta, inflorescencia y frutos, discriminan el 78,1% de la variabilidad evaluada. Los demás descriptores discriminantes de la tabla indican que otros órganos como pseudotallo (9,8%), planta (4,9%), bráctea (4,9%), y hoja (2,3%), hacen parte de los 41 descriptores discriminantes con menor participación.

El AFM logro reducir el número de descriptores de la variabilidad observada, al pasar de 127 a 41 variables discriminantes, equivalente a una reducción de descriptores del 67,7% del total definido por IPGRI (1996). Los resultados anteriores muestran la misma tendencia a los obtenidos por Brandao, *et al.*, (2013), quienes caracterizaron el banco de musáceas de Embrapa, estableciendo que el número mínimo de descriptores capaces de cuantificar la diversidad, tanto cuantitativa como cualitativa, fue del 51% sobre 92 descriptores IPGRI utilizados.

A través de estas variables discriminantes se logró expresar la mayor variabilidad morfológica, superior al 70%. Estos descriptores altamente discriminantes y contrastantes, reúnen tanto variables cualitativas (24) como cuantitativas (17), que pueden ser utilizadas en futuros trabajos de caracterización y evaluación. El resto de variables se consideran muy homogéneas y poco aportan al proceso de caracterización morfológica de musáceas.

En resumen, el estudio señaló que a partir de 127 variables de respuesta continuas y categóricas, el AFM logró explicar el 70% de la variabilidad observada con 41 descriptores del IPGRI. Así mismo, los descriptores con mayor poder discriminante de la variabilidad observada estuvieron relacionados con variables de la inflorescencia y del fruto explicando el 78,1% de la variabilidad evaluada.

En contraste con los estudios de Roman *et al.*, (2015), que encontró que las variables más importantes para la caracterización de los clones fueron las machas en la base del peciolo, el apice del fruto, la forma de la bellota, la altura del pseudotallo y el número de frutos. En consecuencia las variables de mayor poder discriminante halladas en el presente estudio son: hábito foliar, enanismo, color de la cara externa de las brácteas, color del pedúnculo, color del pseudotallo, presencia de semillas, forma de la yema masculina, posición del raquis, color de la cara interna de las brácteas, color subyacente del pseudotallo, posición del racimo, aspecto del raquis, perímetro del pedúnculo, emergencia de los hijos, acidez, color de la cáscara inmadura, diámetro del dedo, forma del racimo, color de la cáscara madura, peso de las manos del racimo, peso total del racimo, apariencia del pseudotallo, °brix, ceniza, cicatrices vacías en el raquis, forma de la semilla, frutos, pigmentación de las vainas internas, peso de la cascara de la mano2, número de manos por racimo, posición de los frutos, peso de la mano2, cera en las vainas, ápice del fruto, peso de la bellota, sabor predominante, peso de la cascara del dedo central, arco interno del dedo, arco externo del dedo, perímetro de la yema masculina, y peso de la pulpa de la mano2 (Tabla 1-5-1).

Las anteriores variables constituyen potentes herramientas clasificatorias de la variabilidad morfológica que debe ser confrontada con la herramienta molecular, tal como lo indica Nadal *et al.*, (2009).

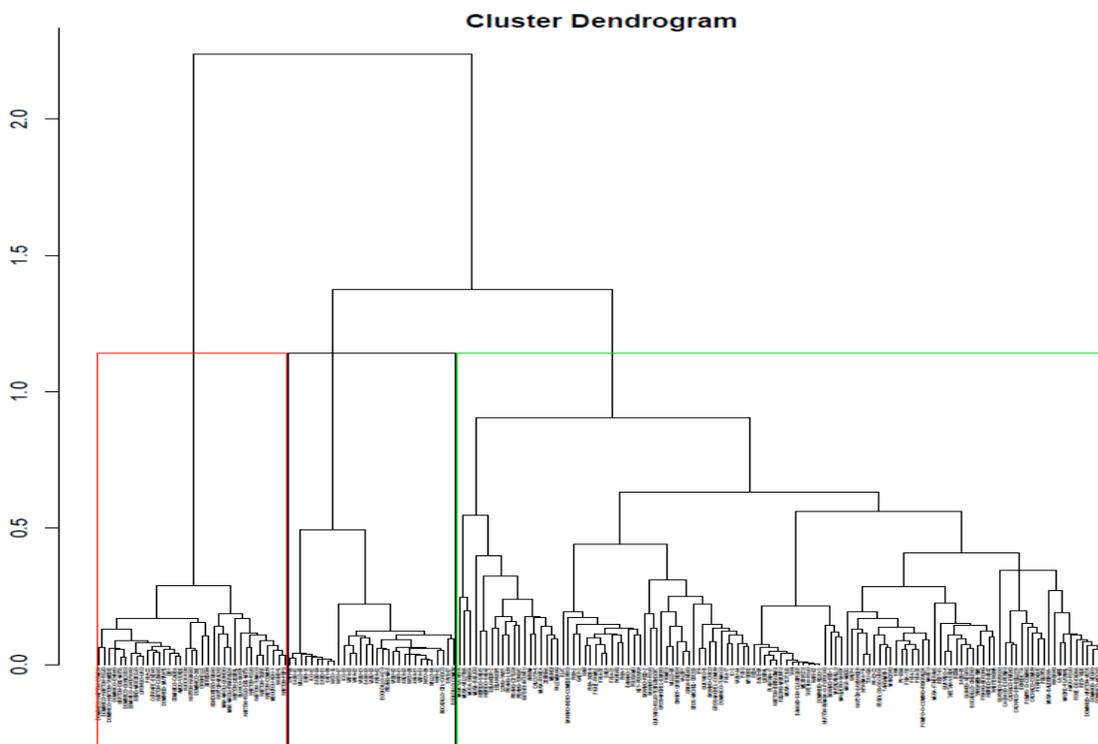
Las caracterizaciones morfológicas evaluadas complementan los estudios realizados sobre caracterizaciones bioquímicas, moleculares y agromorfológicas expuestas en los “Resúmenes Analíticos de Investigación sobre Platano en Colombia (Cayon, *et al.*, 2001)”, a través de las investigaciones señaladas en el capítulo: estado del arte 1.2.5, del presente documento.

- **Conformación de Cluster**

Siendo el Análisis de Componentes Principales (ACP) uno de los métodos multivariados más difundidos para este tipo de análisis, esta herramienta permitió la estructuración de un

conjunto de datos con múltiples variables para la población de estudio, no siendo necesario conocer la distribución de probabilidades, según lo expuesto por Lebart, (1995). El agrupamiento de la diversidad (Cluster) usando la distancia de similitud euclidiana agrupó las accesiones en tres conjuntos representativos a una distancia de 1,1. El análisis se desarrolló de acuerdo al tipo de musáceas: plátanos, bananos, bananitos, especies relacionadas “Musa” y materiales sin clasificar “NA”; y también la variante clasificatoria genómica: AA, AAA, AAAA, AAAB, AAB, AABB, AB, ABB, BB, aneuploide, australimusa, eumusa, rhodochlamys y desconocidos o sin clasificar, que conforman el banco de germoplasma (Figura 1- 7).

Figura 1- 7 Agrupamiento jerárquico de 185 materiales de musáceas según caracterización morfológica.



1.7.2 Accesiones agrupadas por tipo de material.

El dendrograma agrupa en Cluster las 185 accesiones de acuerdo a su nivel de similitud. En el agrupamiento por tipo de musácea (Tabla 1-6-1), se observa clara tendencia a separarse los diferentes tipos, formándose tres Cluster. El tipo bananito se reagrupó en el Cluster 2 con el 91,6% del total de este tipo. Se evidencia una clara homogeneidad entre

las variables características para las accesiones de bananito que conforman este grupo. Para el tipo banano, se presenta una clara definición de este tipo en el Cluster 1 con el 96,2% del total de este tipo. Para el tipo plátano, a diferencia de los tipos banano y bananito, la reagrupación se dió en los Cluster 1 y 2, con porcentajes de separación de 60,7 y 39,3% respectivamente para cada cluster.

Este agrupamiento permite considerar que los descriptores caracterizados en campo se encuentran tanto en bananos como en plátanos, posiblemente producto de hibridaciones o mutaciones, como lo señala Nadal *et al.*, (2009). Estos interrogantes pueden verse apoyados con los resultados obtenidos por Giraldo, *et al.*, (2011), al estudiar la CCM al encontrar posibles duplicidades entre diferentes accesiones, en especial Plantain 1 y harton birracimo, dominico 300 y dominico maqueño, entre otros. Las accesiones al interior de los clusters deben ser revisadas con estudios moleculares, tal como lo propone Sanchez, *et al.*, (1998), en estudios con el banco de germoplasma de musáceas.

El Cluster 1 estuvo representado por 51 bananos, entre los cuales se encuentran: Calcuta 4, Dwarf Cavendish, FHIA 1, FHIA 17, FHIA 2, FHIA 23, FHIA 25, FHIA 3436 9, Gran Enano, Gros Michel Cocos, Gros Michel Común, Gros Michel Enano, Guayabo A, Guayabo B, Guayabo Rayado, Guayabo Rojo "Esplendor.", Guineo Negro, Mysore, Nakitengwa, Nallo 06, Niyarma Yik, Pisang Berling, Poyo, Valery, Yangambi Km5 y Zebrina). Los materiales tipo plátano, 51, entre los cuales se encuentran: Benedetta, Cachaco Común, Cachaco Enano, Cachaco Espermo, Dominico Harton Viota, Dominico Maqueño, Dominico Mocho, Dominico Negro, Dominico Tumaco, FHIA 110, FHIA 20, FHIA 21, Gaep 2, Gaep I, Hartón Santander, Madre Platanal, Maia Maoli, Maritu, Mbindi, Musa Balbisiana, Pelipita, Perrenque, Pompo o Comino, Pompo o Comino Risaralda. Entre las especies del género *Musa* (ornamentales y otros usos), se encontraron: *Musa basjoo*, *M. itinerans*, *M. laterita*, *M. ornata*, *M. textilis*, y *M. velutina*. Finalmente, seis materiales no identificados o sin clasificar, como: Banano Sin Clasificar, Harton Birracimo, Messiatzo, NARI-03, Plantain-17 y Tani); y dos bananitos: BS209 y Rest 01.

El Cluster 2 estuvo compuesto por 33 bananitos, entre los que se encuentran: Bocado Alto, Bocado Común, Bocado del Choco, NALLO-04, NALLO-05, NARI-01, Pisang Mas, SABO-01, SAVE-06, SAVE-07, VABU-01, VABU-02, y un banano (Igitsiri Intuntu).

El Cluster 3 estuvo compuesto por 33 plátanos, entre los cuales se encuentran: Currare Enano, Dominico 300, Dominico Ancuyano, Dominico Caoba, Dominico Enano, Dominico

Guaicoso, Dominico Hartón Común, Dominico Hartón Rojo, Dominico Hartón Támesis, Dominico Mutante, FHIA-22, Hartón Común, Harton Cubano, Harton Del Meta, Hartón Habano, Hartón Liberal, Hartón Macho, Hartón Pepo, Hartón Rojo, Hartón Rojo Del Meta, Hartón Tigre, Hartón Tumaco, Hondureño Enano, Maia Maoli Quindío, Maia Maoli Risaralda, Mbourou Kou 1, y un banano (SEREDOW). Es necesario evaluar los resultados obtenidos por Hoyos-Leyva *et al.*, (2013), quienes evalluaron la CCM de Fedeplatano, confirmando variabilidad genética en las musáceas evaluadas (20).

Tipo / Cluster	1	2	3	Total
Bananito	3	33		36
Banano	51	1	1	53
Musa	6			6
NA	6			6
Plátano	51		33	84
Total	117	34	34	185

Tabla 1-6-1 Agrupamiento o Cluster por tipo de musáceas relacionadas del banco de germoplasma del C.I. Palmira, Corpoica, 2015

1.7.3 Accesiones agrupadas por genoma

La 1-7-1 detalla la composición de los tres cluster formados, discriminando el genoma, subgrupos del género Musa y otras accesiones. Se observó que de 185 accesiones caracterizadas, el mayor agrupamiento se presentó para los genomas triploides AAB, AAA (banano de cocción plátanos y banano de postre) y el genoma diploide AA (bananito), equivalente al 40% del total de accesiones, y el 63,2% de las accesiones del cluster 1. Seguidos del genoma ABB con el total de accesiones de este genoma triploide (10 en total). El Cluster 2 está compuesto fundamentalmente por el genoma diploide AA (bananito), con 33 accesiones. Mientras que el Cluster 3 está conformado principalmente por el genoma triploide AAB (banano de cocción o plátanos). Se destaca el comportamiento de agrupación del genoma AAB (plátanos) que son reagrupados en el Cluster 1 y Cluster 3, para un total de 62 accesiones.

En este proceso, se hace necesario considerar los aportes de Larkin y Scoweroft, citados por Pedraza (2006), en que este agrupamiento puede estar influenciado por las variantes somaclonales que se presentan en materiales generalmente triploides, partenocarpicos y de propagación vegetativa (Pedraza, 2006). El banco de germoplasma no está exento de

esta situación por cuanto el establecimiento de los 5 bloques es de propagación clonal. Aun con mayor significancia al ser renovado a través de cultivo in-vitro en el CI. Tibaitatá, además de los movimientos del banco entre regiones a que se ha visto sometido este recurso genético según lo analizado en la información de Valencia, (2012).

Genotipo/Cluster	1	2	3	Total
AA	21	33		54
AAA	22	1	1	24
AAAA	5			5
AAAB	6		1	7
AAB	31		31	62
AABB	2			2
AB	3			3
ABB	10			10
Aneuploide	1			1
Australimusa	1			1
BB	2			2
DESC	8		1	9
Eumusa	2			2
Rhodochlamys	3			3
Total	117	34	34	185

Tabla 1-7-1 Agrupamiento o Cluster por Genoma y Subgrupos relacionados al género Musa del banco de germoplasma del CI Palmira, Corpoica, 2015

En resumen, el mayor agrupamiento por genoma se presentó en el Cluster 1, conformado por los genomas AAB (31 accesiones), AAA (22 accesiones) y AA (21 accesiones). El Cluster 2 agrupó 33 accesiones de genoma AA, y el Cluster 3 agrupó el genoma AAB con 31 accesiones.

1.7.4 Agrupamiento de descriptores IPGRI

- El **primer cluster** (1-8-1), agrupó accesiones con los siguientes descriptores: presencia de la yema masculina o bellota, alrededor de 123 días de flor a cosecha, color rojo de la cara interna de las brácteas, coloración atenuada homogénea de la base de la bráctea, color amarillo de los lóbulos del tépalo compuesto, peso de bellota alto con valor promedio de 245 gramos, ausencia de surcos o líneas en la cara externa de las brácteas, el aspecto del tépalo libre es plegado, se presenta caída de los frutos de las manos, hay imbricación de las brácteas de la yema terminal o bellota, no se presentan flores irregulares, la forma del ovario es arqueado, la pulpa tiene color crema en fruto verde con madurez fisiológica o de

cosecha, el pedúnculo presenta color verde oscuro, las anteras son de color crema, se observa coloración uniforme del ápice de la bráctea, el filamento de las anteras es de color crema, y finalmente con brácteas de comportamiento no revoluto indicando que no se enrolla sobre sí misma antes de desprenderse del raquis.

▪ **Cluster 1**

Variables	descripcion	organo planta
Tipo yema masculina	Normal presente	inflorescencia
Dias Flor a Cosecha	dias	inflorescencia
Color de la cara interna de las brácteas	rojo	Brácteas
Coloración atenuada de la base de la bráctea	homogenea	Brácteas
Color de los lóbulos del tépalo compuesto	amarillo	flor masculina
Peso Bellota	gramos	inflorescencia
Estrías coloreadas en las brácteas	sin lineas depigmentadas	Brácteas
Aspecto del tépalo libre	plegado bajo el apice	flor masculina
Caída de los frutos de las manos	deciduo	inflorescencia
Imbricación de las brácteas	bracteas jóvenes ligeramente lo cubren	Brácteas
Presencia de flores irregulares	no hay	flor masculina
Forma del ovario	arqueado	flor masculina
Color de la pulpa a la madurez	crema	frutos
Color del pedúnculo	verde oscuro	inflorescencia
Color de las anteras	crema	flor masculina
Coloración del ápice de la bráctea	sin tinte amarillo - uniforme hasta el apice	Brácteas
Color del filamento	crema	flor masculina
Comportamiento de las brácteas antes de caer	no revoluto	Brácteas

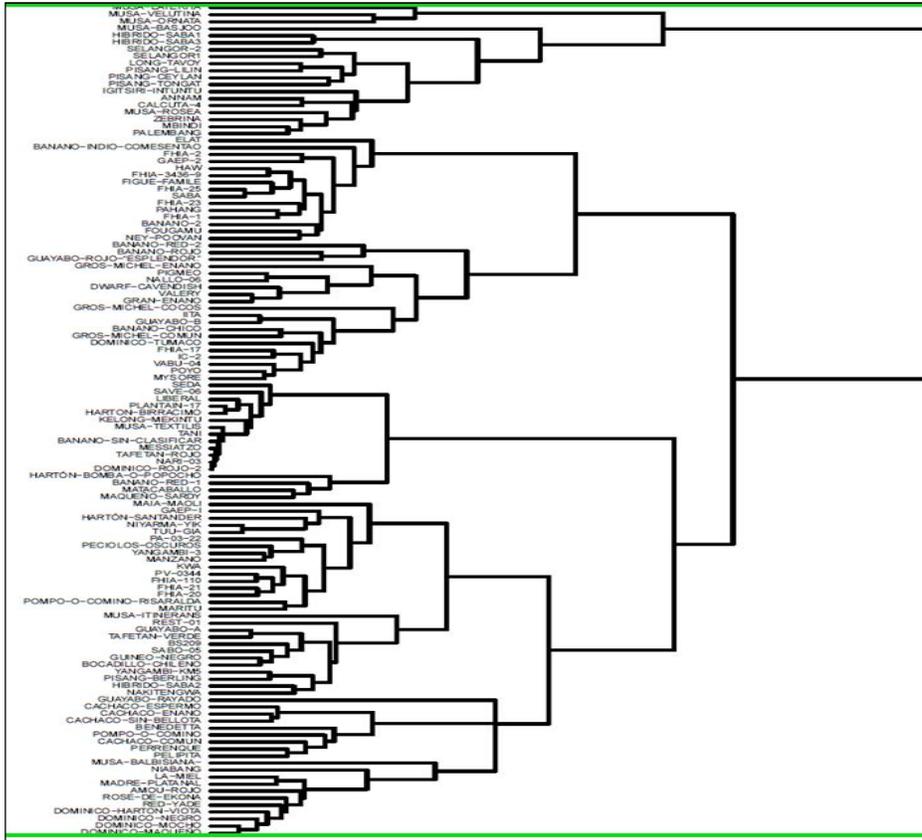
Tabla 1-8-1 Descriptores del Cluster 1, atributos evaluados y órgano de la planta que define las características del agrupamiento.

Este Cluster 1 agrupa la mayor cantidad de accesiones, asociando plátanos, bananos, bananitos y musáceas relacionadas, principalmente. Así mismo, se aprecia la contribución que hacen las flores masculinas, las brácteas y la inflorescencia en la conformación del Cluster aportando el 94,4% de la variabilidad del cluster 1.

Para explorar nuevos niveles de agrupamiento, se observa en el dendrograma (zoom cluster 1, figura 1- 8), que al realizar el corte a una distancia euclidiana de 0,5, se forman siete subCluster que permiten visualizar el nivel de agrupamiento compartidos entre los diferentes tipos de musáceas, a excepción de las musáceas ornamentales que se agrupan en el mismo subcluster. Este acercamiento permite observar enlaces con alto nivel de similitud a distancias euclidianas inferiores a 0,05, compartiendo rasgos de similitud mayores. Orischelle y French-Sombre se comportan con niveles de similitud y

distanciamiento muy similares, no obstante esto no indica que se pueda tratar de duplicados. Las similitudes en la caracterización morfológica denotan que los materiales pueden estar compartiendo características genéticas cercanas, por tanto, se plantea la necesidad de complementar la caracterización con análisis moleculares.

Figura 1- 8 Agrupamiento jerárquico observado en el Cluster 1 (zoom cluster1), correspondiente a 119 materiales de musáceas según caracterización morfológica.



El **segundo cluster** (Tabla 1-9-1), se destaca por agrupar los siguientes descriptores considerados como discriminantes con respecto a las demás variables analizadas: el raquis presenta curva, lámina foliar no presenta cera, la posición de los frutos es peduncular simétricamente alrededor del raquis, el color del pseudotallo es verde con pigmento rojo o rosa malva (aspecto verde violáceo), el pedúnculo es poco pubescente, pulpa de color blanco a la madurez, con apariencia de racimo muy compacto, la cáscara está adherida a la pulpa indicando que no se desprende fácilmente, de hábito foliar erecto, la sección transversal del fruto presenta bordes redondeados, el número de dedos de la mano 2

reporta valores altos con promedio de 18 dedos, las anteras son de color rosado, las vainas no presentan cera, la pulpa es de color anaranjado en verde de cosecha, el canal peciolar de la hoja 3 se observa abierto con márgenes erectos, hay presencia de grietas en la cáscara, las brácteas no presentan cera, la cara inferior de la lámina foliar tiene aspecto brillante, el porcentaje de pulpa de la mano dos registra valores promedio de 57,9%, la posición del racimo se encuentra ligeramente inclinado, el ápice del fruto es puntiagudo, los frutos son de aspecto recto, el color del pseudotallo es verde amarillento, la yema masculina tiene forma de trompo, y finalmente hay persistencia de vestigios florales en el ápice del fruto.

▪ **Cluster 2**

Variables	descripcion	organo planta
Posición_del_raquis	Con una curva	inflorescencia
Presencia_de_cera_en_la_lámina	Muy poca	hoja
Posición_de_los_frutos	Perpendicular al raquis	frutos
Color_subyacente_del_pseudotallo	Rosado malva	pseudotallo
Pubescencia_del_pedúnculo	Poco pubescente	inflorescencia
Color_de_la_pulpa_a_la_madurez	blanco	frutos
Apariencia_del_racimo	muy compacto	inflorescencia
Adherencia_de_la_cáscara	Se desprende con dificultad	frutos
Color_del_pedúnculo	Verde claro	inflorescencia
Hábito_foliar	erecto	planta
Sección_transversal_del_fruto	redondeados	frutos
Numero_Dedos_Mano2	<=12, 13-16, >=17	frutos
Color_de_las_anteras	Rosado/rosado malva	flor masculina
Cera_en_las_vainas	Muy poca o sin signos	pseudotallo
Color_de_la_pulpa_antes_de_la_madurez	anaranjado	frutos
Canal_del_peciolo_de_la_hoja3	Estrecho con márgenes erectos	hoja
Grietas_en_la_cáscara	agrietado	frutos
Presencia_de_cera_sobre_las_brácteas	Muy poco o sin signos visibles	bracteas
Aspecto_de_la_cara_inferior_de_la_lámina	brillante	hoja
X.Pulpa_Mano2	s/c	frutos
Posición_del_racimo	Ligeramente inclinado	inflorescencia
Ápice_del_fruto	puntiagudo	frutos
Forma_de_los_frutos	Rectos o poca curva	frutos
Color_del_pseudotallo	Verde amarillo	pseudotallo
Forma_de_la_yema_masculina	trompo	flor masculina
Vestigios_florales_en_el_ápice_del_fruto	Estilo persistente	frutos

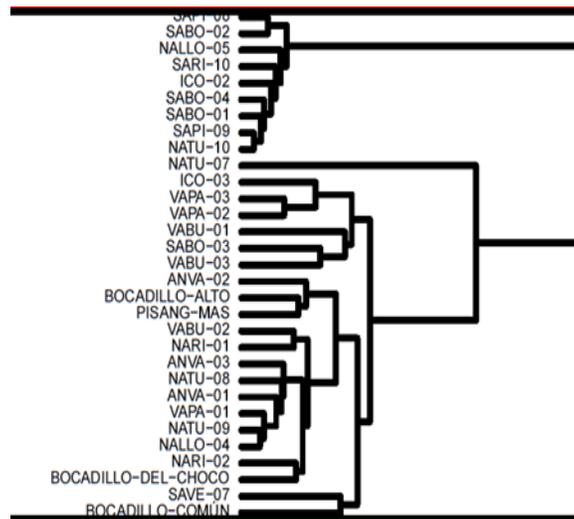
Tabla 1-9-1 Descriptores del Cluster 2, atributos evaluados y órgano de la planta que define las características del agrupamiento.

El Cluster 2 agrupa 26 descriptores, denotando clara tendencia a agrupar los bananitos, fundamentalmente. De igual modo se aprecia la contribución que hacen los frutos y la inflorescencia, con sus respectivos descriptores y variables aportando el 61,5% de la

variabilidad del cluster 2. Otros órganos que participan en menor porcentaje son: pseudotallo, hoja y flor masculina. Esta última es muy pequeña y en algunos casos ausente o degenerada.

La 1- 9 ilustra en zoom el cluster 2, denotando alta similitud en distancias euclidianas y nivel de agrupamiento. Lo anterior indica que hay poca variación en los descriptores evaluados para bananitos. Se observan agrupamientos formados en subcluster que permiten visualizar la procedencia del material, caso Santander, Valle del Cauca, Antioquia y Chocó. Lo anterior, podría llevar a suponer baja variabilidad entre poblaciones con ligeras diferencias morfológicas

Figura 1- 9 Agrupamiento jerárquico para el Cluster 1, correspondiente a 35 materiales de musáceas según caracterización morfológica



El **tercer cluster** (Tabla 1-10-1), se destaca por agrupar accesiones con similares descriptores considerados como discriminantes con respecto a las demás variables analizadas: no hay yema terminal masculina o bellota (degenerada), por lo anterior son ausentes las brácteas y todos los descriptores de brácteas, bellota o flor reportados, de raquis truncado, con pedúnculo glabro, el ápice del fruto presenta base prominente, con vestigio floral, el arco externo del dedo reporta valores altos con promedio de 23,98cm, el peso del dedo central igualmente reporta valores altos con promedio de 286,8 gramos, el ápice del fruto es puntiagudo, el dedo central registra pesos de cascara altos con promedios de 106,8 gramos, el arco interno del dedo reporta valores altos con promedio de 18,7cm, la pupa del dedo central tiene pesos altos con promedios de 173,4 gramos, el canal del pecíolo

de la hoja 3 con márgenes retorcidos hacia el interior, sección transversal del fruto tiene ápices pronunciados, el racimo tiene apariencia floja, la pulpa antes de la madurez es de color beige rosado, los frutos tienen de longitud entre 21 y 25cm, el fruto reporta longitudes del pedicelo mayores a 21mm, y finalmente la forma general del fruto es fina

▪ **Cluster 3**

Variables	descripcion	organo planta
X.Perimetro_de_la_yema_masculina	<=20, 21-30, >=31 cm	inflorescencia
Presencia_de_cera_sobre_las_brácteas	Muy cerosa	bracteas
Comportamiento_de_las_brácteas_antes_de_caer	No revoluto	bracteas
Forma_de_la_bráctea_masculina	s/c	bracteas
Coloración_atenuada_de_la_base_de_la_bráctea	s/c	bracteas
Estrías_coloreadas_en_las_brácteas	s/c	bracteas
Color_de_la_cara_interna_de_las_brácteas	s/c	bracteas
Color_de_la_cara_externa_de_las_brácteas	s/c	bracteas
Forma_de_la_base_de_las_brácteas	s/c	bracteas
Coloración_dominante_de_la_flor_masculina	s/c	flor masculina
Color_básico_del_ovario	s/c	flor masculina
Forma_del_ovario	s/c	flor masculina
Color_del_estigma	s/c	flor masculina
Exerción_del_estilo	s/c	flor masculina
Color_básico_del_estilo	s/c	flor masculina
Color_de_las_anteras	s/c	flor masculina
Color_del_filamento	s/c	flor masculina
Exerción_de_las_anteras	s/c	flor masculina
Aspecto_del_tépalo_libre	s/c	flor masculina
Color_del_tépalo_libre	s/c	flor masculina
Tépalo_compuesto	s/c	flor masculina
Desarrollo_de_los_lóbulos_del_tépalo_compuesto	s/c	flor masculina
Color_de_los_lóbulos_del_tépalo_compuesto	s/c	flor masculina
Pigmentación_del_tépalo_compuesto	s/c	flor masculina
Color_básico_de_los_tépalos_compuestos	s/c	flor masculina
Levantamiento_de_las_brácteas	s/c	bracteas
Coloración_del_ápice_de_la_bráctea	s/c	bracteas
Forma_del_ápice_de_las_brácteas	s/c	bracteas
Presencia_de_surcos_sobre_las_brácteas	s/c	bracteas
Pigmentación_del_estilo	s/c	flor masculina
Color_de_los_sacos_poliníferos	s/c	flor masculina
Forma_del_ápice_del_tépalo_libre	s/c	flor masculina
Desarrollo_del_ápice_del_tépalo_libre	s/c	flor masculina
Forma_del_tépalo_libre	s/c	flor masculina
Imbricación_de_las_brácteas	s/c	bracteas
Forma_de_la_yema_masculina	s/c	inflorescencia
Pigmentación_del_ovario	s/c	flor masculina
Presencia_de_flores_irregulares	s/c	flor masculina
Forma_del_estilo	s/c	flor masculina
Bordes_del_tépalo_libre	s/c	flor masculina
Tipo_de_yema_masculina	s/c	flor masculina
X.. Cicatrices_vacíos_en_el_Raquis	s/c	bracteas
Tipo_de_raquis	truncado	bracteas

Pubescencia_del_pedúnculo	glabro	inflorescencia
Vestigios_florales_en_el_ápice_del_fruto	Base del estilo prominente	fruto
Arco_externo_Dedo	s/c	fruto
Peso_Dedo_Central	s/c	fruto
Ápice_del_fruto	Largamente puntiagudo	fruto
Peso_Cascara_Dedo_Central	s/c	fruto
Arco_Interno_Dedo	s/c	fruto
Peso_Pulpa_Dedo_Central	s/c	fruto
Canal_del_peciolo_de_la_hoja_III	Márgenes retorcidos hacia el interior	hoja
Aspecto_del_raquis	Flores neutras y presencia de brácteas en todo el raquis	inflorescencia
Sección_transversal_del_fruto	Bordes pronunciados	fruto
Apariencia_del_racimo	flojo	inflorescencia
Color_de_la_pulpa_antes_de_la_madurez	Beige rosado	fruto
X.Longitud_de_los_frutos_	s/c	fruto
Tipo_de_yema_masculina	Degenerada	inflorescencia
X.Longitud_del_pedicelo_del_fruto	s/c	fruto
Forma_general_del_fruto	Rectos en la parte distal	fruto
Cicatrices_sobre_el_raquis	s/c	brácteas
Bordes_del_tépalo_libre	s/c	flor masculina

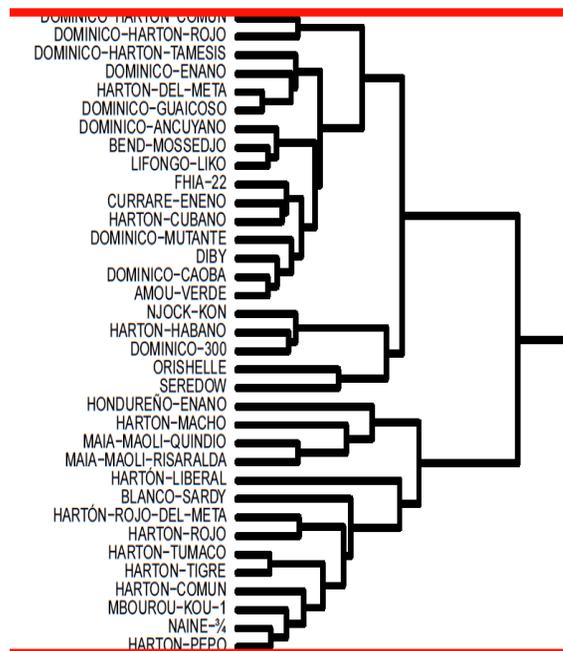
s/c: sin clasificar, sin codificar

Tabla 1-10-1 Descriptores del Cluster 3, atributos evaluados y órgano de la planta que define las características del agrupamiento.

El Cluster 3 agrupa 62 descriptores, denotando clara tendencia a agrupar los plátanos dominicos y hartón, fundamentalmente. De igual modo se aprecia la contribución que hacen la flor masculina y las brácteas, con sus respectivos descriptores y variables a la variabilidad observada. Se denota la contribución de estos dos órganos con el 69,4% de la variabilidad del cluster 3. Otros órganos que participan en menor porcentaje son: fruto, inflorescencia y hoja, con valores de 19,4; 9,7 y 1,6% respectivamente.

La figura 1- 10 ilustra en zoom el cluster 3, denotando mayor distanciamiento euclidiano y diferente nivel de agrupamiento. Lo anterior indica que a nivel morfológico se presentan mayores contrastes en la variabilidad expresada a través de los descriptores morfológicos y las variables o atributos de cada uno de ellos. Hay mayor variación que la observada para bananitos, siendo ampliamente contrastes con los dos cluster analizados anteriormente. Se observan agrupamientos formados en dos grandes subcluster que están determinados por el subgrupo plantain-dominico, y el subgrupo plantain-harton. Lo anterior, podría llevar a suponer que comparten características, denotando niveles de similitud, pero también se aprecian diferencias morfológicas que los separan con rasgos de disimilitud expresada a través del agrupamiento del cluster.

Figura 1- 10 Agrupamiento jerárquico para el Cluster 1, correspondiente a 35 materiales de musáceas según caracterización morfológica



En resumen, el análisis factorial múltiple (AFM), permitió agrupar los descriptores en tres Cluster, que agruparon la totalidad de las accesiones caracterizadas (185), del banco de germoplasma del C.I. Palmira de Corpoica. Así mismo, en el Cluster 1 se destacaron los tipo banano (51 accesiones), y tipo platano (51 accesiones), el Cluster 2 estuvo conformado por el tipo bananito (33 accesiones), y el Cluster 3 estuvo conformado por el tipo platano (33 accesiones). La característica fundamental del cluster 3 se soporta en flores masculinas y brácteas a diferencia del cluster 2 que lo soportan en fruto e inflorescencia, mientras que para el cluster 1 lo soportan flores masculinas, brácteas e inflorescencia.

1.8 Conclusiones

Con respecto a los objetivos del Capítulo 1, se concluye que:

- El banco de germoplasma de musáceas de Corpoica CI Palmira, caracterizado con descriptores IPGRI, presenta alta variabilidad entre tipos, genomas y accesiones. Se identificaron atributos morfológicos discriminantes. Los tipos platano y banano

presentaron mayor variabilidad, mientras que el tipo bananitos los de menor variabilidad observada.

- La cuantificación, clasificación y ordenamiento de la diversidad y variabilidad morfológica del banco se pudo explicar a través de descriptores altamente discriminantes hallados, reduciendo en dos terceras partes el número de descriptores capaces de expresar la variabilidad presente en el banco.
- El estudio permitió contribuir a validar la riqueza genética presente en el banco de germoplasma utilizando herramientas sencillas como son los descriptores y el uso de herramientas estadísticas potentes como el Análisis Factorial Múltiple, que permitió el agrupamiento de tres cluster clasificatorios que expresaron el 70% de la variabilidad observada entre accesiones, tipos de musáceas y genomas.

Algunos resultados concluyentes, son los siguientes:

- La utilización de descriptores altamente discriminantes encontrados en este estudio, permitieron explicar en alto porcentaje la variabilidad contenida en el banco.
- La caracterización morfológica fue observada, principalmente, a través de atributos del fruto (dedo), y la inflorescencia (racimo), los cuales aportaron el 36,6 y 41,5 por ciento, respectivamente, y 78,1% en conjunto, de la variabilidad morfológica.
- La estadística multivariada fue una potente herramienta para explicar la diversidad genética observada a través de descriptores morfológicos, permitiendo agrupar información de mayor similitud, como también de altos índices de variabilidad morfológica del banco.
- El análisis de la matriz de dimensiones permitió seleccionar 41 descriptores como altamente discriminantes, capaces de cualificar la variabilidad caracterizada, reduciendo 86 variables (67,7%), de los descriptores utilizados.
- El 78,1% de las variables evaluadas, correspondió a dos órganos de la planta, la inflorescencia/ yema masculina (41,5%), y el fruto (36,6%).
- Con mayor poder discriminante los órganos de la planta que más aportaron a la determinar la variabilidad fueron: hábito foliar, enanismo, color cara interna y externa bráctea, color del pedúnculo, del pseudotallo, y subyacente del pseudotallo presencia semillas, forma yema masculina, posición del raquis y del racimo, y aspecto del raquis.
- Se conformaron tres cluster con corte a distancia euclidiana de 1,1.

- Los tipo banano, 96,2%, se agruparon en el cluster 1. Los platanos se agruparon en los cluster 1 y 3, mientras que los bananitos se agruparon en el cluster 2.
- El agrupamiento para el genoma AA se dio en el cluster 1 y 2, AAA (cluster 1), tetraploides, AB, BB, Musa spp (cluster 1), AAB (cluster 1 y 3), evidenciando separación de características propias en el 50% de las accesiones con genoma AA y AAB.
- Los descriptores de flor masculina, brácteas e inflorescencia contribuyeron con el 94,4% de la variabilidad del Cluster 1.
- Los frutos y la inflorescencia aportan el 61,5% de la variabilidad del cluster 2.
- La flor masculina y brácteas contribuyen al agrupamiento del cluster 3 con el 69,4% de la variabilidad.

1.9 Recomendaciones

- Con base en los ajustes taxonómicos, promovidos por ProMusa, el ordenamiento taxonómico del banco de germoplasma del CI Palmira debe estar acorde con los estándares internacionales.
- Se evidenció la necesidad de ampliar la base genética a través de colectas o nuevas introducciones al banco, con el fin de disponer de genes que le aporten variabilidad genética, en especial para la colección de bananitos.

Bibliografía

Alerta Verde. 2012. Una Mirada al banano transgénico desde la ecología política. Boletín de acción ecológica. Julio 2012. No. 166. 44p.

Arnaud E. and Horry J.P. (eds). 1997. Musalogue: a catalogue of Musa germplasm. Papua New Guinea collecting missions, 1988-1989. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. 127p.

Belalcazar C. S., Lozada Z. E., Valencia M, J.A., 1991. La planta y el fruto. En: El Cultivo del plátano en el trópico. Eds. Belalcazar C. S., pp.43-90

Belalcázar C. S., Valencia M. J.A., Arcila P. M.I., García R. H. 1994. Evaluación de materiales comerciales de plátano y banano, bajo condiciones de la zona cafetera central. En: Mejoramiento de la producción del cultivo de plátano. Ed. Belalcazar S., Jaramillo O., Valencia J.A., Arcila M.I., Mejia H., García H. ICA, Comité Cafeteros Quindío, Corpoica, CIID, Canadá. INIBAP, INPOPHOS. Pp. 11-40

Belalcazar S., Cayón G., Arcila M.I., Celis L.D., 1998. Africa 1, nueva alternativa para la siembra y explotación del plátano en la región andina colombiana. Memorias Seminario Internacional sobre producción de plátano, Armenia Quindío Colombia.

Bioversity International. 2015. Conservation and availability of bananas. Bioversity international is a member of the CGIAR Consortium. Contact: Nicolas Roux. Pagina Web Bioversityinternational.org.

Brandão, L.P., Souza, C.P.F., Pereira, V.M., Silva, S.O., Santos-Serejo J.A., Ledo C.A.S and Amorim E.P. 2013. Descriptor selection for banana accessions based on univariate and multivariate analysis. Genetic Molecular Research 12 (2): 1603-1620 (2013).

Caicedo A. A., Enríquez V. A.L., Rodríguez H. E., Muñoz R. O.J. 2013. Banco de germoplasma de musáceas de Colombia (Corpoica, ICA, MADR): Actividades de Investigación. II Congreso latinoamericano y del caribe de plátanos y bananos Colombia, 2013.

Cardeñosa, R. 1954. El genero musa en Colombia. Platanos, bananos y afines. Pacífico, Cali.

Carmona, C. 1985. Analisis del Cariotipo de unmaterial del genero Musa Dominico. Tesis. Unal. Medellin . Colombia. 51p. Biblioteca Unal. Medellin.

Cayon S. D.G., Salazar A. F. 2001. Resúmenes analíticos de la investigación sobre plátano en Colombia. Corpoica, Inibap, Asiplat. Feriva, Armenia Colombia. 400p.

Corpoica, 2014. Macroproyecto de Bancos de Germoplasma Vegetal de la Nación Colombiana. Documento interno de trabajo. Agenda de Investigación y transferencia de tecnología. Impreso.

Daniells J., C. Jenny, D. Karamura and K. Tomekpe. 2001. Musalogue: a catalogue of Musa germplasm. Diversity in the genus Musa (E. Arnaud and S. Sharrock, compil.). International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. 207p. 179.

De Langhe y De Maret 1999. Tracking the banana its significance in early agricultura. Pp.377-396. In The prehistory of food. Appetites for charge (C.Gosden and J. Hather, eds.)

Escofier, B. y Pages, J. (1992), Análisis factoriales simples y múltiples, Universidad del País Vasco, Bilbao, España.

FAO, 2015. Codex alimentarius International food standards, and World Health Organization. <http://www.codexalimentarius.org/>

FAO. 1996. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 510 p.

Fedeplatano, 2015. <http://fedeplatano-blog.blogspot.com.co/2013/09/fedeplatano-blog.blogspot.html#more>

Fedeplacol 2015. http://www.fedeplacol.com/docs_interes.html

Gaviria, D., Gallego, G., Sanchez, I., Reyes L.M., Roca W. 1997. Caracterización molecular de clones de plátano de la Colección Colombiana de Musáceas. En: 43. Reunión Anual interamericana Society for tropical Horticulture. Guatemala. Memorias. FONACYT p33. CO Palmira CIAT.

Giraldo M.C., Ligarreto G., Cayon G., Melo C. 2011. Analisis de la variabilidad genética de la colección colombiana de musáceas usando marcadores isoenzimáticos. REV. Acta Agronomica. Unal Palmira.

Grisales F. 1995. Germoplasma y comportamiento productivo del platano *Musa* sp, grupo AAB en la zona cafetera colombiana. En. 4° congreso de la Soc. Col. de Fitomejoramiento y producción de cultivos. Chinchiná Caldas. Mayo 8-10 1995. P.35.

Haddad O., Del Valle R., Pargas R. 1992. Algunas características del fruto de platano Harton enano' *Musa* AAB. *Rev. Agronomía Tropical*. 42(5-6): 329-351.1992

Hernandez, L.1998.

Hoyos-Leyva J.D., Jaramillo-Jiménez P.A., Dufour D., Sanchez T., Lucas Aguirre J.C. 2012. Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa* spp.) *Acta Agronómica*, 61 (3) : p. 214-229.

ICA, 2015. Manual técnico para viveristas en musáceas (platanos y bananos). Pagina Web www.ica.org.co

INIBAP, 2001. Musalogue. A catalogue of *Musa* germoplasm. Diversity in the genus *Musa*. International network for the improvement of banana and plantain. IPGRI, INIBAP, CTA, CIRAD, FHLOR. 207p

IPGRI, 2003. Franco, T. L. e Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI, Cali, Colombia. 89p. ISBN 92-9043-543-7

IPGRI-INIBAP/CIRAD. 1996. Descriptors for Banana (*Musa* spp). International Plant Resources Institute, Rome, Italy/International Network for the improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France/Centre de cooperation international en resercherche agronomique pour le developpment, Montpellier, France. ISBN 92-9043-307-s. 62p.

Lebart, A., Morineau A. y Piron. M. (1995), *Statistique Exploratoire Multidimensionnelle*. Dunod, Paris

Lopez J.L. 1983. Taxonomia y citogenética del platano. Primer seminario internacional sobre platano, Manizales, 6-10 junio 1983. P. 171-179.

Lozada, J.E., Gomez C. P.L., Belalcazar C. S., Martinez G. A., Jaramillo C. R., Restrepo A., Bayona R. 1988. Conservacion, evaluación y aumento del banco de germoplasma de platano. En: 8 Reunion de la asociación para la cooperación en

investigacion de banano en el caribe y en armerica latina. Santa Marta. 09-sept. Al 03 oct 1997. Pp: 555-571.

MADR-AGRONET. 2015a. Evaluaciones Agropecuarias - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

MADR-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. 2005. Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo No. 60. La Cadena de Banano en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005.

MADR-Portal SIEMBRA, 2015. Cadena productiva de Platano y cadena de banano.

Marin B. R., Torres O. B.E. 1988. Evaluacion agronómica de cinco cultivares de banano y platano, resistentes o tolerantes a sigatoka negra. Univ. Nacional de Colombia. Palmira. Tesis Ing. Agronomo. 134p.

Nadal M. R., Manzo S. G., Orozco R. J., Orozco S. M., Guzman G. S. 2009. Diversidad genética de bananos y platanos (*Musa* spp) determinada mediante marcadores RAPD. REv. Fitotec. Mex. Vol. 32(1):1-7, 2009.

Núñez-Colin, C.A., Escobedo-López, D. 2011. Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. Analisis y comentarios. Rev. Agronomia mesoamericana. 22(2): 415-427. ISSN:1021-7444.

Pedraza T.R., Estrada M.H., Diaz L.G., Aragon D.A., Triana O. A., Hernandez E., Simó J., Ortega A. 1973. Caracterización morfológica de dos variantes somaclonales de FHIA-21. Infomusa, Vol. 15 No. 1-2, 26-27pp. Junio-Diciembre 2006.

Perrier, X., De Langhe E., Donohue M., Lentfer C., Vrydaghs L., Bakry F., Careel F., Hippolyte I., Horry P., Jenny C., Lebot V., Risterucci AM., Tomekpe K., Doutrelepont H., Ball T., Manwaring J., Maret P., and Denham T. 2009. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa* spp.) domestication. 7: 199-216.

Pla, L.1986. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. Monografía No 27. Serie de matemática. Secretaría General de la OEA.

PROMUSA, 2015. Sistema de nomenclatura para los bananos cultivados. Pgna. Web:

Reyes C., Martinez W. O., Beltran M. 1998. Quimiovariabilidad en el genero Musa. Caracterizacion genética medinte nueve sistemas enzimáticos. En: Infomusa. V.7 (1),: p6-10. BAC-Bogotá.

Rojas G. S.1992. Evaluacion de seis clones de platano AAB en conidiones de bosque húmedo tropical. En ICA, Florencia Caquetá. P.8. BAC, Bogotá Colombia.

Simmonds, N.W. 1973. Los plátanos. Capitulo III: Clasificacion de los cultivares del platano.57-70pp. Capitulo V: Cultivares de la serie Eumusa. 91-113pp. Ed. Blume, Barcelona, España.

Simmonds, Shepherd, 1955. The Taxonomy and origins or the cultivated bananas. Journal Linn. Society London. Botanic 55:302-312.

Valencia M. J.A. 2012. Las musáceas como recurso genético. Programa de recursos geneticos y biotecnología vegetal. Proyecto bancos de germoplasma. Corpoica, C.I. Nataima. Impreso. 15p.

2. Capítulo 2: Evaluación física de racimos de entradas del banco de germoplasma de musáceas del Centro de Investigación Palmira de CORPOICA

Resumen

La evaluación física del banco de germoplasma de musáceas del estado colombiano, se realizó sobre 185 accesiones que conforman la colección agrupada por plátanos (88), bananos (54), bananitos (37) y especies ornamentales (06). Se emplearon los descriptores para bananas del INIBAP/IPGRI/CIRAD mediante 25 descriptores relacionados con la inflorescencia y el fruto, principalmente. El estudio se desarrolló en el Centro de Investigación Palmira de Corpoica, a 1.001 m.s.n.m., 23°C promedio, 1100 mm anuales. Las mediciones se realizaron en laboratorio durante cuatro años con lecturas semanales. Se analizó con el programa SAS. El análisis estadístico indicó que el 43% de los descriptores evaluados están por encima del 30% (0,30) del indicador de variabilidad, demostrando amplia variabilidad genética. Se encontró mayor variabilidad entre accesiones tipo banano, 52% de los descriptores evaluados están por encima del 0.30 indicador de variabilidad mínima seleccionada. Los bananitos son más homogéneos, variabilidad estrecha. En general el descriptor que más aporta a la variabilidad del banco es el porcentaje de materia seca de la pulpa 48%, siendo importante para procesos agroindustriales. En días de flor a cosecha los más precoces fueron los *Musa* ornamentales, con 65 días. En banano, Pisang berling, Nakitengwa y Guineo negro con 73, 86 y 89 días. En platano se destacan Maia Maolí Risaralda y Mbouroukou-1, con 65 y 80 días, y en bananito BS209 con 60 días flor a cosecha. Para contenidos de materia seca se destaca el bananito Bocado Alto (39,6%), el banano Tuu guía (36,5%), FHIA-02 (34,2%) y Niyarma Yik (34,1%). El platano Amou verde (45,7%), La Miel (45,5%) y Harton Santander (45%) entre otros. Finalmente, para peso de racimo, entre otros descriptores, se destacaron en bananitos ICO-03 (14,9 Kg), banano FHIA-23 (40,2 Kg), y en platanos Dominico-Harton

(50,7 Kg), y Dominico-300 (44,9 Kg), entre otros. La mejor relación pulpa cascara del fruto en bananito, SABO-03 (2,8) y Bocado alto (2,65), en banano Pisang berling (2,21), en platano Maia Maoli (Quindio 3,5 y Risaralda 3,27), y Harton-Tumaco (2,8). Los tipo bananito (2,3) fueron diferentes a los platano y banano. Entre genomas, los diploides AA y AB, con 2,6 y 2,1 respectivamente. En general, la cuantificación de la variabilidad genética a través de descriptores físicos, cuantitativos son importantes indicadores que permiten describir y evaluar el germoplasma de musáceas.

Palabras claves: Materia seca, relación pulpa cascara, racimo, banano, platano, bananito

Abstract

The physical evaluation of Musa germplasm bank of the Colombian state, was performed on 185 accessions grouped by bananas make up (88), bananas (54), bananitos (37) and ornamental species (06) collection. Descriptors for bananas INIBAP / IPGRI / CIRAD descriptors were used by 25 related inflorescencia and fruit, mainly. The study was conducted at the Palmira Research Center Corpoica, 1,001 meters above sea level, average 23 ° C, 1100 mm annually. Measurements were made in the laboratory for four years with weekly reading. It was analyzed with the SAS program. Statistical analysis indicated that 43% of the evaluated descriptors are above 30% (0.30) of the variability indicator, showing wide genetic variability. Variabilidad higher rate among banana accessions was found, 52% of the evaluated descriptors are above 0.30 minimum variability indicator selected. The bananitos are more homogeneous, narrow variability. In general descriptor that most contributes to the variability of the bank is the percentage of dry matter of the pulp 48%, with important agro-industrial processes. In days of flower to harvest the earliest were the ornamental Musa, 65 days. Banana, Pisang berling, and black Guinean Nakitengwa 73, 86 and 89 days. In banana stand Maia Maoli Risaralda and Mbouroukou-1, 65 and 80 days, and 60 days bananito BS209 flower to harvest. For dry matter content of the bananito Sandwich High (39.6%), bananas Tuu guide (36.5%), FHIA-02 (34.2%) and Niyarma Yik (34.1%) it stands out. Amou green plantain (45.7%), honey (45.5%) and Santander Harton (45%) among others. Finally, for bunch weight, among other descriptors, they stood out in bananitos ICO-03 (14.9 Kg), FHIA-23 (40.2 Kg) and Dominico-Harton bananas (50.7 kg), and Dominico-300 (44.9 Kg), among others. The best value of the fruit peel pulp bananito, SABO-03 (2.8) and high Sandwich (2.65), banana Pisang berling (2.21) in banana Maia Maoli (3.5 Quindio and Risaralda 3 27), and Harton-Tumaco (2.8). The bananito type (2.3) were different to banana and plantain. Between genomes, diploid AA and AB, with 2.6 and 2.1 respectively. In general, quantification of genetic variability through physical, quantitative descriptors are important indicators to describe and evaluate germplasm Musa.

Keywords: Dry matter, pulp peel relation, cluster, banana, plantain, baby banana.

2.1 Introducción

En el presente capítulo se estudió el componente físico de la **etapa productiva** para las diferentes accesiones del banco de germoplasma de musáceas del CI Palmira de Corpoica en cada uno de los cuatro tipos: plátano, banano, bananito y ornamentales. La evaluación física estuvo determinada por tres componentes, 1. Periodo de flor a cosecha, 2. Variables del racimo (Color de la cáscara del racimo, tipos de daño, pesos del: racimo, pedúnculo, raquis, bellota, manos, dedos), variables de las manos (numero de: manos, dedos, cicatrices del raquis), variables del dedo (longitud del arco interno y externo), y 3. Determinaciones de materia seca MS%, a partir de parámetros de peso de pulpa en fresco y pulpa seca.

2.2 Estado del arte

Aunque los bananos, platanos y bananitos son uno de los principales cultivos amiláceos en el mundo, ellos se consumen como alimento y como fruta de postre, constituyendo el cuarto producto alimenticio en el mundo después del arroz, trigo y maíz. No obstante, dependiendo de la localidad, los consumidores prefieren racimos de gran tamaño, con dedos pequeños y/o largos o cortos, por lo tanto la evaluación del peso del racimo y de las características de la fruta, como el peso, longitud, circunferencia y volumen representan importantes criterios para la selección poscosecha (Dadzie y Orchard, 1997).

Con base en estas características, es conocido que el cultivo de plátano en Colombia, a diferencia del banano, se ha desarrollado en todo el territorio nacional, por cuanto es considerado un alimento de la canasta familiar y parte de la seguridad alimentaria. La importancia socioeconómica es evidente al registrarse una producción del 87% como cultivo asociado con otros productos, y solo el 13% como monocultivo tecnificado (Castellanos *et al.*, 2011). El 50% de la producción nacional se concentra en la región andina y en menor volumen en las regiones Caribe, Pacífico y Orinoquía.

En Colombia, el tamaño, la calidad y la presentación de los frutos de las musáceas (plátanos, bananos y bananitos), son básicos al momento de determinar su valor comercial. Estas características, en su mayoría fenotípicas, están asociadas a factores como el tipo de cultivar (genotipo), el ambiente (clima, suelo, manejo) y a la interacción de estos (Vallejo, *et al.*, 2010). En tal sentido, la composición genómica, subgrupo y sección a la que

pertenece los diferentes clones del género *Musa*, están estrechamente relacionados con el comportamiento productivo y calidad del racimo, así como de la aceptación por parte de los consumidores. Lo anterior obedece, fundamentalmente, a la función productiva de cualquier sistema de producción, en la cual, la evaluación física del racimo (F), depende del clon tanto para plátanos como para bananos y bananitos (G), de la amplia oferta ambiental que posee Colombia (A) y de la interacción GXA.

Siendo la calidad del fruto un factor determinante para responder a las exigencias del productor y el consumidor, un banco de germoplasma debe estar en capacidad de suministrar los materiales que tengan los atributos necesarios para satisfacer finalmente al usuario final. El C.I. Palmira de Corpoica, cuenta con 190 introducciones entre bananos, plátanos y bananitos para generar soluciones o alternativas económicas a las existentes (Caicedo, *et al.*, 2013). Para las condiciones de la zona central cafetera de Colombia, Belalcázar, *et al.*, (1994), evaluó materiales comerciales de plátano y banano, destacando variables físicas del racimo como: siembra a floración, floración a cosecha, número de dedos, de manos y peso de racimo, así como variables del fruto, peso, perímetro, longitud externa e interna, trabajo realizado en 86 accesiones de la colección colombiana de musáceas, que posteriormente 30 variedades de ellas, en especial plátano de cocción, fueron incluidas como las más comercializadas en el país según Castellanos *et al.*, (2011). Entre las variedades más representativas se destacan: Hartón, Dominico Hartón, Dominico, Guayabo-Pompo-Comino y Guineo. Otros clones ampliamente cultivados en bananos son los del subgrupo Cavendish y Gros Michel, por su valor comercial y demanda en el mercado nacional; a pesar de ser susceptibles a plagas y enfermedades, que causan grandes reducciones en la producción (Castellanos *et al.*, 2011).

2.2.1 Periodo de floración a cosecha /

La etapa productiva de las musáceas se inicia al momento de la diferenciación floral, seguido del desarrollo de la bellota, floración, iniciación del racimo, llenado del racimo y finalmente la maduración fisiológica o cosecha (Aristizábal y Jaramillo, 2010). El tiempo de flor emergente a cosecha para el plátano Hartón, uno de los clones más estudiados, es aproximadamente 120 días (cuatro meses). El proceso se inicia cuando la bellota adquiere forma colgante hasta el punto de madurez de consumo en verde, información que es utilizada por los agricultores para programar, uniformizar e inventariar los racimos disponibles al mercado (Belalcázar *et al.*, 1991).

Una vez conocidos los procesos fisiológicos de la floración, Belalcazar, *et al.*, (1994), evaluaron el período de siembra a flor y de flor a cosecha para 86 accesiones de la CCM (El Agrado, Quindío), observando ligeras variaciones entre el primer y segundo ciclo de producción, siendo el segundo ciclo de mayor precocidad. Para el primer ciclo de cosecha, en la variable flor a cosecha, por genoma se destacan, AAB-Dominico: Njock kon (3,0 meses), AAB-Harton: dominico harton enano (3,1); AAB-Harton: harton común (3,6); AAB-Otros: Maritú (3,4). ABB-platanos: Saba (3,2); AAA-bananos: Poyo (3,1); AA-bananitos: Pahang (3,0); AB-platanos: GAEP1 (3,7); AABB-Tetraploides: GAEP2 (3,3). Mientras que los más tardíos fueron: AAB-Dominico negro (5,4), harton común (5,0); ABB-Cachaco espermio (5,0); AAA-Lacatan (7,0) y pigmeo (6,6); AA-Musa basjoo (4,8).

Morales, *et al.*, (2000), evaluaron el efecto de la época de cosecha sobre la composición físico química de los frutos en cuatro clones comerciales (Guineo, Dominico-Harton, Pelipita y Cachaco), observando que la mayor acumulación de MS ocurre a partir de los 20 a 60 días después de floración (DDF), y a partir de los 80 DDF la acumulación es preferencial hacia la pulpa, siendo más altos en Cachaco y Pelipita que en los otros.

Otras investigaciones han evaluado el comportamiento de flor a cosecha de otros clones, así lo demostró Blanco *et al.*, (2009), en Venezuela, caracterizando agronómicamente cuatro genotipos: FHIA 01, FHIA 02, Yangambí Km5 y Manzano o Cambur, durante dos ciclos de producción, encontrando que FHIA 02 y Yangambí Km5 se comportaron como los más precoces, superiores al testigo comercial de la zona, Manzano o Cambur.

2.2.2 Variables físicas del racimo / manos / frutos

Las características postcosecha durante la cosecha, son esenciales para la selección de nuevos cultivares de bananos, bananos de cocción y plátanos con base en características del racimo y del fruto, así como de características de calidad postcosecha (Dadzie y Orchard, 1997). Las variables morfométricas del racimo en cosecha están definidas por peso del racimo, de manos, fruto, pedúnculo, raquis y bellota, así como de longitudes, formas y colores para cada una de los órganos de la inflorescencia.

Siendo este un tema de amplio interés para investigadores y productores en términos de producción y calidad al momento de mercadear, Belalcazar, *et al.*, (1994), evaluó el comportamiento entre el primer y segundo ciclo de cosecha a través de variables de

producción como: número de manos y peso de racimo, y parámetros de calidad del dedo central de la mano 3 para cada genoma y tipo de musáceas de la CCM en la zona cafetera central de Colombia, observando diferencias significativas entre ciclos, variables y materiales evaluados.

Los resultados anteriores evidencian la variabilidad del banco o CCM, destacando que los materiales que presentaron mayor peso del dedo central de la mano 3, en el segundo ciclo fueron: Harton-birracimo y Cachaco-común, con 490 y 400 gramos respectivamente. La mayor longitud del dedo se presentó en el Harton-birracimo, con 30 cm. El mayor peso de racimo se obtuvo con el clon Njock-Kon (AAB) con 45 kg. Los tipos Dominico-Hartón, y clon Orishele, alcanzaron el mayor peso con 18,0 kg. Entre los materiales tipo Hartón, M.Bouroukou registró el mayor peso, 19,2 kg. En tipo plátanos de genoma ABB, se destacó Fougamou con 42 kg. En bananos triploides AAA, se destacaron por su peso y calidades organolépticas el Gros Michel Enano con 40,0 kg de peso. Para bananitos diploides AA, se destacó el clon Bocadillo Alto, con 15 kg.

Los resultados presentados, permiten interpretar que el proceso de evaluación del racimo ha sido exitoso en la medida en que se comparen las accesiones de un banco con el testigo comercial de mayor aceptación en el mercado. Así lo demostró Blanco *et al.*, (2009), al evaluar cuatro genotipos, FHIA-01, FHIA-02, Yangambí Km5 y Manzano o Cambur, sobre atributos como peso del racimo, largo y diámetro del fruto medio de la segunda mano, durante dos ciclos de producción, observando que FHIA-02 y Yangambí Km5 fueron superiores en número de dedos totales y peso del racimo superando al testigo comercial de la zona Manzano o Cambur.

Arcila, *et al.*, (2000b), al evaluar los cambios físicos del fruto de Dominico –harton asociados con el clima, reportan que tanto el peso y tamaño como calidad del racimo, varían con la época seca a la lluviosa, así como con la altitud, modificando contenidos de cascara y porcentaje de pulpa.

Pese a la reducida oferta varietal en Colombia, los programas de mejoramiento genético han orientado sus investigaciones a la obtención de variedades resistentes a plagas y enfermedades, seleccionando genotipos que en algunos casos son rechazados por los consumidores. Combinar ambos aspectos, comportamiento agronómico y calidad de cosecha, ha sido el interés de los mejoradores. Este es el caso del clon Mbouroukou-1, plátano africano evaluado en la región central cafetera, que demostró buena adaptación a

altitudes, peso de racimo, número de manos y dedos, superior a otras variedades comerciales (Arcila, 2002a).

En otras investigaciones, Hoyos-Leyva *et al.*, (2011), al caracterizar 20 variedades de musáceas en la finca Las Vegas de Fedeplatano, Chinchiná, Caldas, con diferentes subgrupos y grupos genómicos contrastantes, AB, BB, AAA, AAB, ABB, AAAA y AAAB, aplicando estadística multivariada, ACP, se estableció que el peso del fruto y sus dimensiones son las variables más representativas del racimo. Algunos materiales evaluados como Africa-1, Mbindi, clones Bluggoe (cachacos), fueron superiores por estas características. Otros materiales, clon Tani, se destacaron por alto porcentaje de cascara. Las investigaciones de Hoyos, citado anteriormente, destaca las variedades FHIA-110 y Bocado chileno, como las de mayor peso de racimo, lo cual lo constituye en una opción alterna al Dominico harton. Los híbridos FHIA, Pisang ceylan y Bocado chileno, sobresalen de los demás materiales por su alto número de frutos que podrían ser de interés para la agroindustria.

La anterior investigación logró establecer que las características físicas y morfológicas varían de acuerdo con la posición del fruto en el racimo, así los frutos más grandes se encuentran en las primeras manos, y los más pequeños en las últimas. La colección de musáceas conservada por Fedeplatano indica que los tipos plátano se diferencian de los demás tipos por su tamaño, peso, longitud y diámetro superior al de las demás variedades evaluadas; así mismo, el Banano chico se diferenció por la densidad del fruto y de la pulpa, mientras que los cultivares Tani, FHIA-110, Saba y plátanos del subgrupo Bluggoe se diferenciaron por los altos porcentajes de cáscara. Los demás clones no se diferenciaron entre sí. En todas las variedades la longitud promedio del fruto fue menor a 25 cm, con excepción de Mbindi y Africa-1, que coinciden con Dufour *et al* (2008) y Gilbert *et al.*, (2009). Los plátanos de cocción del grupo plantain presentaron promedio de diámetro mayor a 5cm, superior a los demás plátanos. Este estudio permitió establecer que existe variabilidad genética para la muestra evaluada, destacando materiales sobresalientes según la variable analizada.

Dadzie y Orchard, (1997) indican que la relación pulpa/cascara de musáceas comestibles es uno de los indicadores de la madurez más significativos y consistentes. Existe tanto una relación lineal, como una fuerte correlación entre la relación pulpa/cascara y edad del racimo, confirmado por trabajos anteriores de Dadzie en 1993 y 1994.

Evaluaciones físicas del racimo realizadas por Castellanos y Aguirre (2011), sobre plátanos del grupo Plantain (AAB): Mbouroukou, Dominico hartón, Cubano blanco y Hartón, además del clon Cachaco del subgrupo Bloggoe (ABB), y los híbridos tetraploide (AAAB), FHIA-20 y FHIA-21, para la región productora de Cauca (Padilla y Guachené), condiciones similares a las del C.I. Palmira de Corpoica, observaron que los clones Mbouroukou, Hartón y Dominico Hartón, registran los mayores valores para las variables: peso, longitud y diámetro central del dedo de la segunda mano del racimo.

Algunos materiales de conocido comportamiento y adaptabilidad de zona andina por debajo de los 2000 msnm, evidencian el comportamiento productivo. Así lo demostró Becerra (1999), quien caracterizó fenológicamente el clon Dominico en condiciones tropicales bajas del Ecuador, a 17 msnm, clima característico de bosque seco tropical. Obtuvo ciclos productivos de 73 días con racimos de 10,3 kg, y producciones de 8,01 toneladas por hectárea.

2.2.3 Relación Pulpa / Cascara

Aunque los frutos del racimo son los que se cosechan para utilizar la pulpa como alimento, todos los demás órganos de la planta, entre ellos la cascara, tienen características físicas y químicas que pueden ser aprovechadas de acuerdo con Stover y Simmonds, citados por Cayon *et al.*, (2000). A finales de los 90's se inicia un desarrollo importante de la agroindustria del plátano en Colombia precedido de una serie de estudios que involucraron el uso de la pulpa y la cascara en diferentes alimentos transformados tanto en la industria alimenticia humana, como de concentrados para animales, estudios referenciados en los resúmenes analíticos de la investigación sobre plátano en Colombia (Cayon, *et al.*, 2000).

Aunque la pulpa, la cascara, y la relación P/C, así como la determinación de la MS% tienen especial importancia para procesos agroindustriales, los estudios han establecido que están estrechamente relacionados con la época de cosecha y el llenado del fruto. Así lo demostró Morales, *et al.*, (2000), al evaluar frutos en siete épocas de desarrollo cada 20 días, entre los 20 y 140 días después de floración (ddf). La mayor acumulación de MS se dio hasta los 50 ddf, mientras que a partir de los 80 ddf la distribución de MS fue preferencial hacia la pulpa, observando diferencias entre variedades evaluadas, información que concuerda con Haddad, *et al.*, (1992). Lo anterior, indica la importancia de conocer el comportamiento de

llenado del fruto para cada variedad o accesión del banco de germoplasma como parte del proceso de caracterización morfológica.

Arcila, *et al.*, (2000), observaron cambios significativos en los pesos de pulpa y cascara, con respecto a la época climática, la cual influye sobre la partición de carbohidratos entre pulpa (P) y cascara (C), y por tanto en el índice P/C. a relación entre estas dos variables, así como sobre las características organolépticas del fruto en relación con variables climáticas (temperatura, brillo, precipitación). Al analizar la variable P/C en diferentes variedades, se observó que en todas ellas la relación P/C aumenta al aproximarse el estado de madurez fisiológica de 140 días para todos los casos. La mayor relación se obtuvo en el Dominico Harton, seguido del Guineo y por último el Cachaco. Lo anterior, evidencia la necesidad de determinar los días de flor a cosecha para cada material en función del estado óptimo de cosecha y definir claramente la relación P/C.

Haddad, *et al.*, (1992), quien estudio el platano Harton Enano, ya se planteaba desde inicios de los 90's que la relación pulpa-cáscara empezaba a superar la unidad (>1,0) a partir de los 50 días aproximadamente y continuaba aumentando hasta el final del crecimiento del fruto. A la "cosecha" un 60.1% del peso del fruto era aportado por la pulpa, por lo tanto, mientras mayor edad tuviera el fruto, mayor sería la proporción de pulpa. En general observó que los frutos de mayor tamaño que correspondían con los mayores valores en la relación pulpa-cáscara, por lo cual, los aumentos logrados en el peso del "dedo", mediante un manejo agronómico apropiado, deben incidir en la obtención de una mayor proporción de pulpa en el fruto. Los estudios anteriores indicaban que el patrón de crecimiento del fruto en los diferentes clones es similar, sin embargo, una evaluación más detallada de las posibles diferencias interclonales debía ser estudiada.

2.2.4 Determinación de la MS% /

Siendo el contenido de Materia Seca (MS%) un parámetro de calidad en poscosecha, utilizado para clasificar clones de acuerdo con el potencial de uso, aquellos clones con bajo contenido de MS% tendrán mayor deterioro por pérdida de agua durante la maduración (Dadzie *et al.*, 1997). Este comportamiento es analizado por Lemaire (1997), al señalar que la industria de frituras busca materias primas con altos contenidos de MS%, puesto que en este proceso el agua es desplazada por el aceite en el proceso de cocción, tanto por la facilidad, como por la calidad del producto final. Usualmente, los clones con alto contenido

de MS requieren menor tiempo de cocción (Dadzie *et al.*, 1997). En la elaboración de alimentos para animales, por ejemplo, aquellos clones con alto contenido de MS% en cáscara presentan mayor potencialidad para el suplemento en dieta.

Aspectos como la época de cosecha y su efecto sobre los rendimientos en pulpa fresca y seca (harinas) son poco conocidos y estudiados para la mayoría de las variedades debido a que en el país la industrialización de los clones comerciales es reducida, en especial plátanos, influenciada por la alta demanda del producto en fresco, hábito alimenticio, alto costo, entre otros aspectos (Morales, *et al.*, 1998). Castellanos y Aguirre (2011), señalan variedades como: Cubano-blanco, Dominico-hartón y Hartón, como las mejores opciones para la agroindustria en Colombia por los altos contenidos de MS% cercanos al 40%.

A inicios de los años 90's, el ICA evaluó la CCM localizada en la zona cafetera central de Colombia, Belalcazar, *et al.* (1994), reportando parámetros relacionados con la acumulación de materia seca a través del peso fresco de los racimos, manos y dedos, y con ello el potencial productivo de la colección.

En otros genomas evaluados, en los trabajos de Belalcazar *et al.*, (1994), son los tetraploides que se destacan como el I.C-2 (AAAA), con racimos superiores a 35 kg. Hoyos_Leyva, *et al.* (2014), analizan los contenidos de materia seca (%MS), concluyendo que este parámetro es el más homogéneo a lo largo del racimo (entre manos). Algunos plátanos de cocción del subgrupo Plantain presentaron mayor materia seca, mientras que Bocadillo Chileno e Híbridos postre (exceptuando FHIA 1), son superiores a las demás variedades. Cachaco Espermo, Banano Chico, África 1 y Tafetán Rojo presentaron diferencias significativas entre las medias de sus manos.

Por otra parte, Williams y Aristizabal, (2003), evalúan FHIA-20, FHIA-21, África y Dominico-hartón, en general, los híbridos produjeron racimos con el mayor número de dedos, pero a su vez fue el parámetro con el mayor rango de variación, a diferencia de lo observado en África y 'Dominico hartón'. As mismo, el peso del racimo exhibió menor variabilidad en las variedades que en los híbridos, aunque en éstos se registraron racimo con pesos superiores a los 33 kg.

Estudios sobre colecciones de musáceas, fueron desarrollados por Hoyos-Leyva *et al.*, (2012), concluyen que la MS% es el parámetro más homogéneo a lo largo del racimo, los contenidos son del 40% en el subgrupo plantain. Con respecto a la parte comestible, indica

que Bocado-chileno, FHIA-110, Pisang-ceylan y FHIA-17 registran los mayores valores por encima de 4 kg por mano. Se encontró que la MS% es el parámetro más homogéneo a lo largo del racimo. Todas las variables físicas y morfológicas mostraron diferencias significativas, lo cual confirma la alta diversidad varietal. Las variedades del grupo Plantain son platanos sobresalientes entre las musáceas por su peso de racimo. Las variedades Yangambi-Km3 y Guineo-mutika, reportan porcentajes de cascara entre 35.16 y 37.26%, rango aceptado por la agroindustria.

Madrigal-Ambriz *et al.*, (2015), encontraron que al evaluar los contenidos de grosor, peso y la relación entre pulpa y cascara, respectivamente, se observaron ligeras diferencias estadísticas para los materiales FHIA, en comparación con el Plátano-macho, el cual mostró diferencias significativas entre la relación cascara:pulpa con las demás variables, así como de grosor de la pulpa con las demás variables. Mientras que grosor de la cascara, peso de la cascara, peso de la pulpa y %MS, son similares entre sí para este cultivar (Tabla 2-1-2). La tabla indica la necesidad de evaluar todas las características para cada material de estudio por la variabilidad genética que se presenta en una colección de musáceas, permitiendo encontrar entre la colección los materiales que se ajusten a las necesidades del consumidor y agroindustria.

Parámetro	FHIA-17	FHIA-20	FHIA-23	Plátano Macho
Grosor de Pulpa (cm)	3.41 a	3.32 a	3.61a	4.22 b
Grosor de Cáscara (cm)	4.25 a	3.5 b	3.75b	5.16 c
Peso de Cáscara (g)	95.31 a	131.62 b	93.35a	177.81 c
Peso de Pulpa (g)	166.77 a	235.8 b	161.25a	308.61 c
Relación Pulpa:Cáscara	1.73 a	1.79 a	1.71a	1.72 a
% Materia Seca	21.83 a	25.8 b	20.17a	27.78 c

Tabla 2-1-2 Evaluación de híbridos FHIA y plátano macho, con respecto a variables de fruto. Madrigal-Ambriz,

2.3 Planteamiento del problema

El banco de germoplasma de musáceas del estado colombiano, localizado en el C.I. Palmira de Corpoica, fue parcialmente caracterizado por métodos moleculares, requiere de la caracterización morfológica, **física**, y química, que permita cuantificar la diversidad y variabilidad genética existente, para las condiciones del CI Palmira. El desconocimiento de estos atributos de valor de opción impide iniciar procesos de investigación en mejoramiento,

manejo agronómico e imposibilitando determinar las potencialidades productivas, agroindustriales y alimenticias en procesos de transformación de harinas y almidones.

2.4 Planteamiento de la hipótesis

El banco de germoplasma de musáceas del CI Palmira de Corpoica, reúne una amplia variabilidad genética con atributos físicos diferenciables que deben ser estudiados para trasladar el valor de conservación/existencia al valor de opción y utilización, cuya estimación real depende de estudios de caracterización física, agronómica y cuantitativa.

2.5 Objetivos

2.5.1 Objetivo general

Contribuir a la fenotipificación del banco de germoplasma de musáceas del Centro de Investigación Palmira de Corpoica a través de **atributos físicos** relacionados con descriptores del racimo (pedúnculo, manos, frutos, raquis, y bellota), con la finalidad de diferenciar la variabilidad genética atribuible a la genética del material y su interacción con el ambiente para promover una mayor utilización y un uso eficiente de la diversidad genética del banco.

2.5.2 Objetivo específico

- Evaluar físicamente las accesiones del banco de germoplasma del C.I. Palmira a través de descriptores cuantitativos que permitan diferenciar caracteres morfoagronómicos discriminantes previamente definidos (IPGRI/INIBAP/CIRAD, 1996).
- Cuantificar la variabilidad genética entre accesiones del banco de germoplasma, utilizando descriptores físicos, que permitan establecer el número mínimo de variables capaces de cuantificar la diversidad entre las accesiones.
- Contribuir a la validación de la composición de la variabilidad genética expresada a través de caracteres físicos como base del premejoramiento de musáceas.

2.6 Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en las instalaciones del Centro de Investigación Palmira de Corpoica. Ver ítem 1.6.1, (Localización); 1.6.2. (Selección de accesiones del banco de germoplasma); 1.6.3. (Diseño estadístico); 1.6.4. (Manejo agronómico), debido a que este capítulo comparte los mismos aspectos descritos anteriormente.

La evaluación física del banco de germoplasma de musáceas se realizó para 190 entradas de las cuales 90 fueron de plátano, 56 de banano y 38 de bananitos. Desde el punto de vista botánico y taxonómico, el listado de las entradas evaluadas se reagruparon en tres tipos de musáceas (plátanos, bananos y bananitos), 15 subgrupos y 42 genomas (Tabla 1-1-1).

2.6.1 Análisis estadístico

El diseño estadístico aplicado fue BCA con cinco repeticiones y el número de unidades experimentales posibles por repetición equivalentes a cada sitio de producción. El factor de bloqueo fue el terreno. Se analizó la información con el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.3 (SAS Institute, 2010), para el caso del ANOVA y separación de medias con el rango múltiple de Tukey, con probabilidad del 95% significativo y 99% altamente significativo, conforme al ANOVA.

2.6.2 Etapa de floración a cosecha

La floración (inflorescencia marcada 4 a 5 días después de emergencia, una vez la inflorescencia adopta forma colgante) se marcó con cinta plástica de color semanal previamente definido, el cual se colgaba del racimo, pedúnculo o seudotallo, con periodicidad semanal. Se registró la fecha de floración, fecha de cosecha y alteraciones en el proceso como caída prematura, robo, fitosanidad u otros daños, para cada clon. La cosecha se realizó una vez se cumplieran los criterios de cosecha comercial, basado en la ausencia o disminución de aristas pronunciadas de los dedos, coloración de la punta de los dedos de la primera mano variando la tonalidad verde a ligeramente amarilla, (Guía técnica INIBAP, (Dadzie *et al.*, 1997).

Se calculó el tiempo en días del racimo en campo tomando las dos fechas de marcación fecha de floración y fecha de cosecha en estado de madurez de cosecha o fisiológica.

En la evaluación física de racimos para las entradas del banco de germoplasma de musáceas, se utilizaron racimos de 139 entradas del banco de germoplasma. La cosecha se realizó semanalmente, precisando el momento óptimo de cosecha siguiendo los parámetros de cosecha de INIBAP (Guía técnica INIBAP, Dadzie *et al.*, 1997).

Para determinar las variables de producción, se separó el racimo en sus partes, pedúnculo, raquis, bellota, manos y dedos. La pulpa se obtuvo a partir de la segunda mano, con cascara y sin ella. Se tomó el dedo central de la segunda mano, midiendo su peso, diámetro, longitud interna y externa, utilizando según el caso balanza analítica, cinta métrica y pie de rey.

Un total de 18 variables, fueron analizadas: peso racimo, peso pedúnculo, peso raquis, peso bellota, peso manos, número de manos por racimo, número de dedos por racimo: Número de dedos de la mano 2, peso mano 2, peso pulpa mano 2, peso cáscara mano 2, porcentaje de pulpa, peso dedo, peso pulpa dedo, peso cáscara dedo, arco externo, arco interno y diámetro central. De cada accesión se tomaron al menos tres racimos por accesión o entrada. El análisis se planteó bajo un diseño de BCA con cinco repeticiones y hasta tres unidades experimentales por repetición equivalentes a los tres individuos desarrollados en cada sitio de producción. El factor de bloqueo fue el terreno debido a que el banco cubre un área de una hectárea. Un total de clones fueron evaluados con los requisitos mínimos planteados anteriormente, en especial disponer de al menos tres lecturas o cosechas por cada entrada del banco de germoplasma. Se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.3 (SAS Institute, 2010).

2.6.3 Evaluación física de racimos

Los descriptores físicos, al igual que los morfológicos, se aplican al momento emerger la inflorescencia, y al ser cosechado el racimo íntegramente. Este fue trasladado del campo al laboratorio de calidad de frutas del CI Palmira en donde se evaluaron las variables físicas de la inflorescencia, relacionadas con las mediciones (pesos, longitudes, perímetros), de pedúnculo, raquis, flor maculina o bellota, manos, dedos, pulpa y cascara del fruto inmaduro o verde, conforme a las especificaciones del descriptor del IPGRI/ INIBAP/ CIRAD (1996).

La información se capturó en formatos prediseñados de conformidad con los descriptores del IPGRI (27 en total), fue sistematizada en una matriz de doble entrada para variables independientes (bloque, repetición, número, código de introducción, nombre accesión, tipo,

genoma, subgrupo y sección), y dependientes a través de **descriptores cuantitativos** del racimo, mediante 23 variables dependientes: días flor a cosecha (un descriptor), datos racimo (9 descriptores), mano2 (8 descriptores), dedo central de la mano evaluada (6 descriptores).

Con la información de base, formatos, plano de siembra y codificación del material se procedió a hacer evaluaciones correspondientes a cosechas semanales en plantas que previamente habían sido identificadas con cinta de color al momento de la floración para determinar el tiempo de flor a cosecha.

Las variables cuantitativas del racimo fueron caracterizadas y evaluadas en laboratorio con el apoyo de algunos equipos (balanza graduada en decimas) y materiales como pie de rey, cinta métrica de tela, cuchillo, y formatos. Se tomaron tantas lecturas como fuera posible de cosecha que estaban en función de la disponibilidad de racimos en campo.

El racimo era separado del pedúnculo, tomado desde la cicatriz de la hoja placentaria hasta la cicatriz de la primera mano; raquis, que era subdividido en raquis de las manos y raquis externo, sobrante o colgante hasta la cicatriz de la bellota en caso de estar presente; manos que eran desgajadas del racimo para pesarlas individual y numeradamente de la mas vieja a la mas joven; por ultimo se contabilizaban los dedos por mano numerada.

Con respecto a la mano2, ésta fué escogida con el propósito de reducir la variación y obtener datos consistentes, en todas las mediciones, se tomaron los dedos de la segunda mano de los racimos recién cosechados, maduros fisiológicamente de aspecto de fruto verde o iniciando maduración (Dadzie y Orchard 1997). Se procedió a extraer el dedo central de la mano al cual se hizo medición de longitud externa e interna con cinta métrica, grosor del dedo con pie de rey, se separó la corteza y se tomó el peso de la pulpa y cascara. Seguidamente se procedió a retirar la corteza de todos los dedos de la mano2 y se extrajo la pulpa y la cascara que fueron pesados en balanza digital en gramos. Toda la información se llevó a los formatos prediseñados para luego ser sistematizados para los análisis estadísticos.

2.6.4 Variables de respuesta (descriptores)

Las variables se tomaron con base en el descriptor del IPGRI (1996), en el cual se enfatizó en: Materia seca de Pulpa, Cascara y su índice (P/C), días flor a cosecha, daños físicos,

pesos del racimo, pedunculo, raquis, bellota, y manos; numero de las manos, y dedos; similar para la mano2, peso pulpa y cascara mano2, %pulpa mano2, peso dedo central mano2, peso pulpa y cascara del dedo central mano2, arco externo e interno del dedo central mano2, y finalmente diametro del dedo central mano2. La información se recopiló a partir del mes de abril del 2012 hasta Septiembre 2015, a través de cosechas semanales.

Todas las variables de respuesta anteriores, fueron obtenidas a partir de los criterios y métodos señalados en la guía técnica de INIBAP para la evaluación rutinaria de poscosecha de bananos y platanos (IPGRI, 1996)

2.6.5 Determinación de materia seca (%MS) s

Una vez evaluado físicamente el racimo, se tomaron muestras de pulpa y cascara la segunda mano. Se procesaron muestras equivalentes a los clones que tenían al menos tres repeticiones en el tiempo. El proceso de evaluación se realizó sobre una muestra fresca de 20 a 50 gramos de pulpa y cáscara, por triplicado, para secado al horno en crisoles, a 105°C durante 3 horas, para cada clon evaluado. Se obtuvo el peso seco en balanza Mettler (± 0.001) que permitió calcular el contenido de materia seca (MS%) por diferencia entre peso fresco y seco. Los resultados fueron tabulados y sometidos a análisis estadístico bajo un diseño de BCA. Los análisis de datos fueron procesados con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.3 (SAS Institute, 2010).

2.7 Resultados y discusión

2.7.1 Analisis de variabilidad de descriptores

De forma general se encontró que para todos los tipos de musáceas, el 43% de los descriptores evaluados están por encima del 30% (0,30) del indicador de variabilidad, demostrando amplia diversidad genética al interior del germoplasma de musáceas del CI Palmira evaluado (Tabla 2-2-2),

VARIABLE	TIPO DE MUSACEA			GENERAL
	BANANITO	BANANO	PLATANO	
Acidez (%)	0,35	0,24	0,16	0,13
pH	0,32	0,19	0,25	0,22
°Brix	0,41	0,27	0,23	0,17
Ceniza (%)	0,50	0,40	0,61	0,30
Arco externo del Dedo Central	0,25	0,44	0,30	0,22

Arco Interno del Dedo Central	0,19	0,47	0,38	0,23
Peso de la Cascara del Dedo Central	0,14	0,42	0,31	0,26
Peso de Pulpa del Dedo Central	0,19	0,42	0,12	0,12
Peso del Dedo Central de la Mano2	0,14	0,35	0,26	0,15
Diámetro del Dedo Central	0,11	0,09	0,18	0,11
Días de Flor a Cosecha	0,44	0,54	0,51	0,38
Materia Seca de Cascara	0,68	0,49	0,47	0,35
Materia Seca de la Pulpa	0,68	0,51	0,60	0,48
Numero de Dedos del Racimo	0,36	0,16	0,39	0,17
Numero de Manos del Racimo	0,14	0,40	0,26	0,17
Peso Total del Racimo	0,25	0,21	0,26	0,19
Peso de las Manos del Racimo	0,25	0,26	0,26	0,15
Peso de Pedúnculo	0,17	0,28	0,11	0,13
Peso de Raquis	0,11	0,28	0,23	0,14
Peso de Bellota	0,33	0,44	0,24	0,20
Numero de Dedos de la Mano2	0,22	0,28	0,32	0,21
Peso de Cascara de la Mano2	0,25	0,44	0,27	0,22
Peso de la Mano2	0,25	0,37	0,22	0,21
Peso de Pulpa de la Mano2	0,19	0,19	0,27	0,17
% de Pulpa de la Mano2	0,22	0,23	0,30	0,24

Tabla 2-2-2 Indicadores de variabilidad encontrada en el B.G. de Musáceas de Corpoica C.I. Palmira para variables físicas de racimo discriminadas por tipo.

Al interior de cada tipo, se observa que las accesiones tipo banano son más variables que los otros tipos, al reportar que el 52% de los descriptores evaluados están por encima del 0.30 indicador de variabilidad mínima seleccionada. Los bananitos son los más homogéneos con el 36% de las variables registradas superiores al 0.30.

En las accesiones tipo bananito, los descriptores que presentan variabilidad superior al 0.50, fueron %Ceniza (0,50), MS% de pulpa (0.68) y MS% cascara (0.68), mientras que para las de tipo banano fueron días de flor a cosecha (0.54) y materia seca de la pulpa (0.51%); en cambio para las de tipo plátano fueron %Ceniza (0.61), días de flor a cosecha (0.51) y %materia seca de la pulpa (0.60). En general el descriptor que más aporta a la variabilidad del banco de germoplasma es el % Materia seca de la pulpa (0.48). Estos valores son importantes para procesos agroindustriales como frituras, dietas nutricionales (Cayon, et. al., 2000).

Por otro lado, los descriptores que aportan menos variabilidad (<0.15) en las accesiones tipo bananito son: Peso (0,14), Cascara (0,14) y Diámetro del Dedo (0,11); Numero de Manos del Racimo (0,14) y Peso de Raquis (0,11). Para los tipo banano, el Diámetro del Dedo (0,09), es el único descriptor con menor variabilidad. En los tipo plátano, los descriptores que menos aporta a la variabilidad son Peso de Pulpa del Dedo (0,12), y Peso

de Pedúnculo (0,11). En general, descriptores como: Acidez (0,13), Peso de Pulpa (0,12), Diámetro (0,11) y Peso del Dedo (0,15); así como, Peso de las Manos (0,15), Peso de Pedúnculo (0,13) y Peso de Raquis (0,14), representan la menor variabilidad en el banco de germoplasma evaluado.

2.7.2 Etapa de floración a cosecha

El análisis de varianza entre accesiones mostró diferencias significativas entre bloques ($Pr < 0.001$) y altamente significativas entre accesiones ($Pr < 0.001$) (Tabla 12-2). Este análisis permitió establecer que las accesiones, H-SABA1 (AABB), Peciolo-Oscuros (AA), PV-0344 (AAAB), PA-03-22 (AAAB) y H-SABA3 (AB), que corresponden a los subgrupos: plantain (PV-0344, PA-0322), AAHS híbrido (Peciolos oscuros), e híbrido (H.SABA1, H.SABA3), presentaron los mayores periodos de floración a cosecha (178,6 días), mientras que *M. velutina*, *M. itinerans*, *M. laterita*, *M. ornata* y Pisang-Ceylan, como los más precoces (65,6 días); ver Tabla 13-2. Todas las accesiones tipo Ornamental se agrupan en el periodo más bajo, con 53 a 68 días de flor a cosecha, a excepción de *Musa basjoo* con 132 días. Esta condición establece su uso ornamental, promisorio, por mayor vida útil después de la cosecha.

Estudios realizados en Palestina-Caldas (Torrado *et al.*, 2008), reportan resultados similares para Mborou-Kou-1 o “Africa1” y FHIA-20 con promedios de 82 (precoz) y 105 días de floración a cosecha respectivamente (ver Anexo E). En la misma investigación se reporta 106 y 133 días de flor a cosecha para Dominco Harton común y FHIA-21 respectivamente, que difiere con los registros del CI Palmira, con 92 y 90 días de flor a cosecha respectivamente. Lo anterior, posiblemente por diferencias agroecológicas propias de cada zona de estudio. La accesión Maia-Maolí-Quindío, tipo plátano y VAPA-01, tipo bananito, son considerados promisorios por presentar menor periodo de flor a cosecha, frente a clones comerciales tipo plátano y tipo bananito (Tabla 2-3-2).

Al analizar los diferentes tipos de musáceas, se observaron diferencias significativas ($Pr < 0.05$), siendo los tipo banano los que presentaron mayor promedio en días de flor a cosecha: hasta 192 días con Peciolo oscuro, seguidos del tipo plátano, y finalmente tipo bananito: hasta 47 días con Pisang berling (Tabla 2-3-2).

2.7.3 Evaluación física de racimo

La tabla 2-3-2 presenta el análisis de varianza ANOVA para variables físicas: días flor a cosecha, materia seca cascara, materia seca pulpa, número de dedos por racimo, número de manos racimo, peso total de racimo, peso manos de racimo, peso pedúnculo, peso raquis, y peso bellota; tomando como fuente de variación las accesiones, el bloque y repeticiones. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R² y el coeficiente de variación CV% para cada variable.

Bananito									
Fuente de Variación	Días flor a cosecha	MS cascara	MS pulpa	Nº dedos por racimo	Nº manos racimo	Peso total de racimo	Peso manos de racimo	Peso pedúnculo	Peso raquis
Accesión	**	**	**	*	NS	NS	NS	*	NS
Bloque	NS	NS	**	**	**	**	**	NS	NS
Repetición	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	NS
R ²	0,52	0,92	0,94	0,45	0,36	0,42	0,41	0,32	0,27
CV	9,77	4,89	3,23	25,69	19,05	37,79	40,21	61,87	100,17
Banano									
Accesión	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Bloque	NS	*	**	*	NS	**	**	**	**
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ²	0,76	0,83	0,73	0,54	0,61	0,62	0,63	0,53	0,49
CV	10,11	10,08	8,81	29,05	18,21	39,08	39,67	55,48	54,70
Plátano									
Accesión	**	**	**	**	**	**	**	*	**
Bloque	**	NS	NS	**	**	**	**	NS	NS
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ²	0,78	0,89	0,95	0,79	0,75	0,65	0,64	0,33	0,69
CV	13,71	7,12	4,07	28,02	14,91	39,70	41,90	73,93	46,85

** Diferencia estadística altamente significativa (P<0,01); * Diferencia estadística significativa (P<0,05); NS Diferencia estadística no significativo; CV Coeficiente de Variación.

Tabla 2-3-2. Resumen del análisis de varianza para variables físicas del racimo de germoplasma de musáceas conservado en el C.I. Palmira, por tipo.

En acumulación de materia seca, los tres tipos de musáceas presentan diferencias altamente significativas, evidenciando variabilidad en la población evaluada de accesiones del banco de germoplasma, tanto para pulpa como para cascara. Algunos estudios como los de Morales, *et al*, (1998), concluyen que al final del proceso de crecimiento y llenado del fruto, la materia fresca de la pulpa supera en más de 40% al de la cascara en todos los clones evaluados, destacándose el dominico harton el cual la pulpa es 67% más que la cascara. Los clones pelipita y dominico harton registran las mayores acumulaciones de MS.

Para el tipo bananito (Tabla 2-3-2) no se observaron diferencias estadísticas significativas para los descriptores Número y Peso de manos, Peso total racimo y de raquis. Estos resultados explican el bajo nivel de diversidad genética entre ellas. No obstante, para las variables Días flor a cosecha, MS pulpa y cascara, Número total de Peso pedúnculo y de bellota registran diferencias estadísticas significativas con altos niveles de regresión indicando que éstas variables están íntimamente relacionadas con la variabilidad de las accesiones tipo bananito evaluada a través de la prueba ANOVA.

Para las accesiones tipo banano y plátano, la Tabla 2-3-2 registra diferencias altamente significativas para todas las variables evaluadas, excepto en peso pedúnculo para plátano que reporta diferencias significativas. Los coeficientes de regresión, tanto para banano como para plátano, son superiores al 50% excepto para el peso del pedúnculo en accesiones de plátano, demostrando altos niveles de afinidad entre la variabilidad de las accesiones y los descriptores evaluados, indicando que cada accesión tiene un comportamiento diferente con respecto a estas variables.

El CV observado para los descriptores peso de pedúnculo, raquis, y bellota es alto para los tres tipos de musáceas. La interpretación de estos valores altos está más influenciado por condiciones ambientales y de manejo que refleja varias cosechas a través del tiempo, con variaciones climáticas, estrés hídrico y labores agronómicas no oportunas e incidencia de disturbios fitosanitarios afectando el comportamiento productivo, en especial las variables de estudio.

A continuación (Tabla 2-4-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango múltiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: días flor a cosecha, materia seca cascara y pulpa, número de dedos y manos por racimo, peso total de racimo, manos pedúnculo, raquis, y bellota de accesiones tipo bananito.

Días flor a cosecha/Bananito

No.	Nombre de accesión	Media	Agrupamiento Tukey
1	BS209	60,000	i
2	VAPA-01	77,750	h
3	SAVE-07	80,500	gh
4	VAPA-03	81,330	fgh
5	ICO-03	81,400	fgh
6	VABU-03	82,830	efgh
7	PISANG.MAS	84,250	defgh
8	NARI-01	84,400	defgh
9	SAVE-06	85,000	cdefgh

Materia seca cascara/Bananito

No.	Nombre de accesión	Media	Agrupamiento Tukey
1	NARI-01	13,520	m
2	PISANG-MAS	13,950	lm
3	SABO-04	14,170	klm
4	VAPA-01	14,320	jklm
5	SABO-02	14,460	jklm
6	ICO-03	14,710	ijklm
7	NATU-09	14,760	ijklm
8	BS209	14,780	ijklm
9	ANVA-03	14,960	hijkl

10	NATU-09	86,000	cdefgh	10	SABO	15,050	hijkl
Materia seca pulpa/Bananito				Numero de dedos por racimo/Bananito			
1	BOCADILLO-ALTO	39,647	a	1	NALLO-04	156,75	a
2	ANVA-01	39,273	ab	2	SAVE-07	150,00	ab
3	ANVA-02	39,000	ab	3	NATU-09	136,25	abc
4	SABO-04	38,917	ab	4	SABO-02	133,42	abcd
5	SABO-01	38,833	abc	5	ICO-03	133,00	abcde
6	ICO-02	38,560	abcd	6	ICO-02	131,33	abcde
7	NALLO-05	38,012	bcde	7	ANVA-03	123,60	abcdef
8	NARI-01	37,853	bcdef	8	SAPI-08	120,40	abcdef
9	NATU-07	37,667	bcdefg	9	NATU-07	119,88	bcdef
10	NATU-08	37,263	cdefg	10	SABO-01	119,33	bcdefg
Numero de manos racimo/Bananito				Peso total de racimo/Bananito			
1	NALLO-04	8,000	a	1	ICO-03	14,915	a
2	NATU-09	7,125	ab	2	NALLO-04	14,457	ab
3	ICO-03	7,000	ab	3	SABO-03	12,909	abc
4	REST-01	7,000	abc	4	NATU-09	12,704	abc
5	SAPI-08	7,000	abc	5	ICO-02	12,557	abc
6	VAPA-02	7,000	abc	6	SABO-02	12,549	abc
7	BOCADILLO-ALTO	6,875	abc	7	SAVE-07	11,706	abcd
8	SABO-02	6,857	abc	8	BOCADILLO-COMÚN	11,689	abcd
9	ICO-02	6,833	abc	9	NATU-10	11,264	abcd
10	SABO-04	6,800	abc	10	SABO-05	11,122	abcd
Peso manos de racimo/Bananito				Peso pedúnculo/Bananito			
1	NALLO-04	12,807	a	1	BS209	158	d
2	ICO-03	12,162	a	2	VABU-03	348	cd
3	NATU-09	11,395	ab	3	SARI-10	422	cd
4	SABO-03	11,294	abc	4	VAPA-03	426	cd
5	ICO-02	11,055	abc	5	SAVE-06	447	cd
6	SABO-02	10,836	abc	6	ANVA-01	448	cd
7	SAVE-07	10,380	Abcde	7	VABU-01	450	cd
8	BOCADILLO COMUN	10,209	abcde	8	REST-01	491	cd
9	REST-01	9,667	abcde	9	ANVA-02	500	cd
10	NATU-10	9,633	abcde	10	NATU-07	506	cd
Peso raquis/Bananito				Peso bellota/Bananito			
1	REST-01	395	b	1	SAVE-06	0	e
2	ANVA-02	405	b	2	SABO-02	1	e
3	VABU-01	408	b	3	BOCADILLO-COMUN	5	de
4	SABO-01	431	b	4	ICO-03	7	de
5	BS209	443	b	5	VAPA-03	8	de
6	NARI-01	487	b	6	ANCA-02	12	de
7	BOCADILLO-ALTO	500	b	7	SABO-01	13	de
8	NATU-07	519	b	8	NARI-01	14	de
9	PISANG-MAS	526	b	9	REST-01	14	de
10	NARI-01	529	b	10	NALLO-05	15	de

Tabla 2-4-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira

A continuación (Tabla 2-5-2), se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango multiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: días flor a cosecha,

materia seca cascara y pulpa, número de dedos y manos por racimo, peso total de racimo, manos pedúnculo, raquis, y bellota de accesiones tipo banano.

Días flor a cosecha/Banano

No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	PISANG-BERLIN	73,33	r
2	NAKITENGWA	86,50	qr
3	GUINEO-NEGRO	89,22	pqr
4	PALENBANG	91,50	pq
5	GUAYABO-A	106,00	op
6	ZEBRINA	110,33	no
7	DWARF-CAVENDISH	112,50	mno
8	GROS-MICHEL-COMUN	113,75	lmno
9	IC-2	115,00	iklmno
10	BANANO-CHICO	115,16	iklmno

Materia seca pulpa/Banano

1	TUU-GIA	36,52	a
2	FHIA-2	34,22	ab
3	NIYARMA-YIK	34,10	ab
4	PALEMBANG	33,02	bc
5	ZEBRINA	32,87	bc
6	BANANO-2	32,87	bc
7	IC-2	29,96	cd
8	TAFETAN-VERDE	29,78	cde
9	SABA	29,73	cde
10	PECIOLOS-OSCUROS	29,45	de

Número de manos racimo/Banano

1	GUAYABO-RAYADO	11,00	a
2	PAHANG	10,50	a
3	FHIA-23	10,33	a
4	FHIA-17	10,00	a
5	FHIA-25	10,00	a
6	GROS-MICHEL-COCOS	9,50	ab
7	FHIA-1	9,20	abc
8	NALLO-06	8,75	abcd
9	BANANO-CHICO	8,60	abcd
10	IC-2	8,40	abcde

Peso manos de racimo/Banano

1	FHIA-23	36145,00	a
2	PAHANG	35432,50	ab
3	GUAYABO-RAYADO	35020,00	abc
4	FHIA-1	33438,00	abc
5	SEREDOW	33303,33	abc
6	BANANO-CHICO	32930,00	abc
7	FHIA-3436-9	32272,00	abc
8	FHIA-25	31814,29	abc
9	GROS-MICHEL-COCOS	31813,33	abc
10	GROS-MICHEL-COMUN	29022,50	abc

Peso raquis/Banano

1	PALENBANG	503,60	g
2	PISANG-BERLING	532,70	g
3	IGITSIRI-INTUNTU	590,00	g
4	GUAYABO-RAYADO	747,50	fg

Materia seca cascara/Banano

No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	PAHANG	8,64	P
2	FHIA-343	9,85	op
3	BOCAD- CHILENO	10,14	nop
4	DWARF-CAVENDISH	10,23	lmnop
5	FHIA-2	10,39	lnmo
6	FHIA-17	10,91	klm
7	BANANO-INDIO	11,10	klmno
8	GRAN-ENANO	11,32	jklmno
9	PISANG-TONGAT	11,49	ijklmn
10	FHIA-23	11,60	ijklmn

Número de dedos por racimo/Banano

1	PAHANG	174,0	a
2	FHIA-23	167,3	a
3	FHIA-25	160,1	a
4	BANANO-ROJO	149,5	ab
5	GROS-MICHEL-COCOS	146,5	ab
6	FHIA-1	141,8	ab
7	NALLO-06	139,7	ab
8	FHIA-17	137,6	ab
9	SEREDOW	135,0	ab
10	BANANO-CHICO	133,6	ab

Peso total de racimo/Banano

1	FHIA-23	40251,67	a
2	PAHANG	38827,50	ab
3	GUAYABO-RAYADO	37750,00	abc
4	FHIA-1	37725,20	abc
5	GROS-MICHEL-COCOS	36605,12	abc
6	FHIA-3436-9	36562,06	abc
7	BANANO-CHICO	36310,92	abc
8	FHIA-25	35982,54	abc
9	SEREDOW	35423,88	abc
10	GROS-MICHEL-COM	32877,00	abc

Peso pedúnculo/Banano

1	IGITSIRI-INTUNTU	140,00	k
2	BANANO-SIN-CLASIF	200,00	k
3	PISANG-BERLING	253,50	jk
4	TUU-GIA	300,00	ijk
5	NAKITENGWA	324,40	ijk
6	PALENBANG	365,70	hijk
7	NIYARMA-YIK	367,80	hijk
8	GUINEO-NEGRO	632,90	ghijk
9	GRAN-ENANO	687,20	fghijk
10	GUAYABO-B	742,90	fghijk

Peso bellota/Banano

1	BANANO-RED-2	0,00	a
2	NALLO-06	0,00	a
3	BANANO-SIN-CLASIF	2,00	ab
4	MYSORE	9,95	ab

5	SEDA	750,00	fg	5	PALENBANG	11,46	ab
6	NAKITENGWA	790,00	fg	6	SEREDOW	33,33	bc
7	GUINEO-NEGRO	803,30	fg	7	PISANG-BERLING	34,67	cd
8	SABA	918,80	efg	8	GRAN-ENANO	45,17	de
9	PECIOLOS OSCUROS	920,00	efg	9	POYO	51,14	ef
10	YAGANBI	943,30	efg	10	SABA	53,63	efg

Tabla 2-5-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de banano en el CI Palmira

A continuación (Tabla 2-6-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango múltiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: días flor a cosecha, materia seca cascara y pulpa, número de dedos y manos por racimo, peso total de racimo, manos pedúnculo, raquis, y bellota de accesiones tipo platano.

Días flor a cosecha/Plátano				Materia seca cascara/Plátano			
No	Nombre de accesión	Media	Tukey	No	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	MAIA-MAOLI-RISARALDA	65,67	cde	1	MBOROKOU	9,13	a
2	MBOROKOU	80,25	bc	2	FHIA-21	9,29	a
3	MESSIATZO	84,00	bc	3	TANI	9,63	b
4	HONDUREÑO-ENANO	84,60	abc	4	FHIA-20	9,77	bc
5	MAIA-MAOLI	84,67	abcz	5	IITA	10,11	bcd
6	DOM. HARTON-TUMACO	85,33	abcz	6	DOMINICO-MUTANTE	10,13	bcde
7	HARTON-ROJO	85,83	abcyz	7	HAW	10,62	bcde
8	PISANG-CEILAN	86,00	abcyz	8	FHIA-22	10,63	cde
9	HARTON-MACHO	86,00	abcyz	9	FOUGAMOU	10,89	de
10	HARTON-TIGRE	87,00	abcyz	10	ELAT	11,07	def
Materia seca pulpa/Plátano				Número de dedos por racimo/Plátano			
1	AMOU-VERDE	45,78	a	1	DOMINICO-300	198,50	a
2	LA-MIEL	45,55	ab	2	FOUGAMU	186,00	ab
3	HARTÓN-SANTANDER	45,03	abc	3	NJOCK-KON	179,00	abc
4	DOMINICO-GUAICOSO	44,83	abcd	4	DOMINICO-TUMACO	167,67	abc
5	NIABANG	44,79	abcd	5	MARITU	154,46	bcd
6	DOMINICO-CAOBA	44,57	abcd	6	BENEDETTA	150,00	cde
7	HARTON-DEL-META	44,09	abcde	7	NIABANG	145,50	cdef
8	DOM.-HARTON-ROJO	44,06	abcde	8	DOMINICO-MUTANTE	127,00	defg
9	DOMINICO-MOCHO	44,06	abcde	9	HARTON-HABANO	119,00	defgh
10	KWA	44,04	abcde	10	POMPO/COMINO-RISAR.	117,00	efgh
Número de manos racimo/Plátano				Peso total de racimo/Plátano			
1	MARITU	12,40	a	1	DOMINICO-TUMACO	50709,33	a
2	DOMINICO-300	12,00	ab	2	DOMINICO-300	44960,00	a
3	FOUGAMU	11,50	ab	3	NJOCK-KON	42950,00	ab
4	NJOCK-KON	11,00	abc	4	IITA	31852,00	bc
5	DOMINICO-TUMACO	10,67	bc	5	FOUGAMU	30562,00	bcd
6	NIABANG	10,00	bcd	6	HARTON-HABANO	28360,00	bcde

7	POMPO-O-COMINO-RISARALDA	10,00	bcd	7	ELAT	27266,67	cde
8	DOMINICO-HARTON-ROJO	9,00	cde	8	MARITU	26470,00	cde
9	DOMINICO-MUTANTE	9,00	cde	9	NIABANG	25798,50	cde
10	HARTÓN-BOMBA-O-POPOCHO	9,00	cdef	10	AMOU-VERDE	25529,75	cde
Peso manos de racimo/Plátano				Peso pedúnculo/Plátano			
1	DOMINICO-TUMACO	45150,00	a	1	HIBRIDO-SABA1	20,00	g
2	DOMINICO-300	42435,00	a	2	MAIA-MAOLI-RISARALDA	105,00	fg
3	NJOCK-KON	38550,00	ab	3	MBINDI	144,80	efg
4	IITA	29384,00	bc	4	HIBRIDO-SABA2	208,20	efg
5	FOUGAMU	27175,00	bcd	5	HARTON-SANTANDER	225,00	defg
6	ELAT	25266,67	bcde	6	YANGAMBI	342,80	deefg
7	HARTON-HABANO	24480,00	bcdef	7	HARTON-BOMBA	370,00	defg
8	MARITU	24226,00	cdef	8	MAIA-MAOLI-QUINDIO	399,40	defg
9	AMOU-VERDE	22800,00	cdef	9	MESSIATZO	400,00	defg
10	POMPO-O-COMINO-RISARALDA	22175,00	cdef	10	3/4NAINE	425,00	cdefg
Peso raquis/Plátano				Peso bellota/Plátano			
1	PLANTAIN	30,00	t	1	DOMINICO-300	0,00	j
2	HONDUREÑO	150,00	st	2	DIBY	0,00	j
3	HARTON-CPMUN	22,50	rst	3	DOMINICO-HARTON-VIOTA	0,00	j
4	HARTON-CUBANO	250,00	qrst	4	HARTON-PEPO	0,00	j
5	HIBRIDO-SABA1	260,00	pqrst	5	DOMINICO-HARTON-ROJO	0,00	j
6	HARTON-PEPO	299,00	pqrst	6	DOMINICO-HARTON-COMUN	0,00	j
7	MAIA-MAOLI-RISARALDA	300,50	opqrst	7	ELAT	0,00	j
8	HARTON-TIGRE	314,00	opqrst	8	HARTON-COMUN	0,00	j
9	HARTON-MACHO	325,00	opqrst	9	HARTON-BIRRACIMO	0,00	j
10	3/4NAINE	333,30	opqrst	10	HARTON-ROJO-DEL-META	0,00	j

Tabla 2-6-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables fisicas en accesiones de platano en el CI Palmira

La Tabla 2-6-2, muestra las 10 mejores accesiones obtenidas por promedio de la prueba de Tukey del análisis ANOVA. Los descriptores que no presentaron diferencias significativas en este grupo de las 10 seleccionadas, que para el tipo bananito fueron: Numero de manos, Peso total de racimo, manos, pedúnculo, raquis y bellota. Para el tipo banano: MS Cascara, Numero de manos, Peso total de racimo, manos y pedúnculo. Para el tipo plátano: Días flor a cosecha, MS Pulpa, Peso pedúnculo, raquis y bellota. Estos descriptores son muy similares en toda la colección estudiada que no permiten discriminarlos por accesión.

La accesión de bananito que presenta diferencias significativas con respecto a las demás, en el descriptor Días flor a cosecha, es BS209, que registra 60 días en promedio. Así mismo, NARI-01, PISANG-MAS, SABO-04, VPA-01, SABO-02, ICO-03, NATU-09, y BS-209 difieren significativamente del resto para MS cascara con 13,52 a 14,78% considerados

como los mejores promedios superando a los demás bananitos. Para MS Pulpa, los materiales con mejor promedio ANOVA, son: BOCADILLO-ALTO (39,7%), ANVA-01 (39,3%), ANVA-02 (39%), SABO-04 (38,9%), SABO-01 (38,8%) y ICO-02 (38,6%), siendo diferentes significativamente del resto de accesiones; estos son considerados promisorios para procesos agroindustriales de transformación como dietas nutricionales y obtención de harinas por su mayor contenido de MS expresado en mayor rendimiento y. La variable Numero de dedos por racimo, equivalente a tamaño, el análisis de ANOVA reporta NALLO-04 (157 frutos), SAVE-07 (150), NATU-09 (136), SABO-02 (133), ICO-03 (133), ICO-02 (131), ANVA-03 (124), SAPI-08 (120).

Con respecto al grupo de los bananos (Tabla 15-2), en el descriptor Días flor a cosecha se destacan por los mayores valores promedios ANOVA: PISANG-BERLIN (73), NAKITENGWA (87), y GUINEO-NEGRO (89) diferentes significativamente al resto de las accesiones evaluadas. Igualmente, para MS pulpa los materiales que sobresalen por su alto contenido, son: TUU-GIA (36,5%), FHIA-02 (34,2) y NIYARMA-YIK (34,1), los cuales difieren de los demás materiales estadísticamente. Para el Número de dedos por racimo se destacan PAHANG (174 frutos), FHIA-23 (167), FHIA-25 (160), BANANO-ROJO (150), GROS-MICHEL-COCOS (147), FHIA-01, (142) y NALLO-06 (140), indicando los racimos con mayores tamaños entre los bananos. Los mayores pesos de raquis se obtuvieron con PALENBANG (503,6gr), PISANG-BERLING (532,7), IGITSIRI-INTUNTU (590), que difieren estadísticamente de las demás accesiones evaluadas. Para el peso de la bellota, se reportan las accesiones BANANO-RED-2 (0gr), NALLO-06 (0gr), BANANO-SIN-CLASIFICAR (2gr), MYSORE (10gr) y PALENBANG (11,5), los cuales difieren estadísticamente de los demás materiales. En el caso de BANANO RED 2 y NALLO 06 el aspecto de la bellota es degenerada por lo tanto no registró peso.

Al analizar las accesiones tipo Plátano (Tabla 2-6-2), sobresalen por su mayor contenido de Materia seca Cascara MBOUROUKOU 01 (9,1%) y FHIA-21 (9,3%), se diferencian de los demás materiales superando a cultivares comerciales como FHIA-20 y FHIA 22.

En el número de dedos y de manos, así como de peso total de racimo y de manos, variables que están estrechamente relacionadas, sobresalen las accesiones DOMINICO-300, DOMINICO-TUMACO y NJOCK-KON, por presentar los mayores valores que difieren estadísticamente de las demás accesiones evaluadas, así como MARITU y FOUGAMU.

Al analizar en conjunto los diferentes tipos de musáceas con respecto a la variable Dias flora a cosecha, se observó el siguiente orden de menor a mayor tiempo transcurrido para esta variable, así: bananito, BS-209 (60 días); **plátano, MAIA-MAOLI-RISARALDA (65)**; banano, PISANG-BERLIN (73); bananito, VAPA-01 (77); bananito SAVE-07 (80); **plátano, MBOROKOU-1, (80)**; bananito VAPA-03 (81); bananito ICO-03 (81); bananito VABU-03 (82); bananito PISANG.MAS (84), ver Anexo E.

- **Variables físicas de la mano dos**

La tabla 2-7-2 presenta el análisis de varianza ANOVA para variables: número de dedos mano2, peso cascara mano2, peso mano2, peso pulpa mano2, % de pupa mano2, tomando como fuente de variación las accesiones, el bloque y repeticiones. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R² y el coeficiente de variación CV% para cada variable.

Bananito

Fuente de Variación	Numero de dedos mano2	Peso cascara mano2	Peso mano2	Peso pulpa mano2	% de pupa mano2
Accesión	**	NS	NS	NS	*
Bloque	**	*	*	NS	NS
Repetición	*	**	**	**	NS
R ²	0,42	0,34	0,34	0,31	0,29
CV	14,16	34,20	37,87	42,06	11,30

Banano

Accesión	**	**	**	**	**
Bloque	**	**	**	**	NS
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS
R ²	0,47	0,65	0,63	0,58	0,40
CV	19,47	31,39	33,51	39,30	12,37

Plátano

Accesión	**	**	**	**	**
Bloque	**	**	**	*	NS
Repetición	NS	**	**	**	NS
R ²	0,80	0,69	0,63	0,58	0,61
CV	17,16	31,19	32,77	37,69	10,63

** Diferencia estadística altamente significativa (P<0,01); * Diferencia estadística significativa (P<0,05); NS Diferencia estadística no significativa; CV Coeficiente de Variación.

Tabla 2-7-2 Resumen del análisis de varianza para variables físicas de la mano dos de germoplasma de musáceas conservado en el C.I. Palmira, por tipo.

El análisis de varianza ANOVA (Tabla 2-7-2), en el tipo bananito para las variables tomadas en la mano2: Numero de dedos y % de pupa, indican que hay diferencias significativas con respecto a la totalidad de las accesiones, Por el contrario, no se observaron diferencias estadísticas para las variables Peso de mano2, de cascara2, y de pulpa2, demostrando la baja variabilidad entre las accesiones para estos descriptores. Para los tipos banano y plátano, todas las variables evaluadas presentan diferencias estadísticas altamente significativas confirmando la variabilidad de las accesiones dentro de cada tipo. Los coeficientes de regresión y el porcentaje del coeficiente de variación son similares para estos tipos de musáceas.

A continuación (Tabla 2-8-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango múltiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: numero dedos mano2, peso cascara2, mano2, Peso pulpa2, % de pupa2 de accesiones tipo bananito.

Numero de dedos mano2/Bananito				Peso cascara mano2/Bananito			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	NALLO-04	21,50	a	1	VABU-03	303,90	c
2	SABO-02	21,29	a	2	NARI-01	350,90	bc
3	ICO-03	21,20	a	3	VAPA-03	357,00	bc
4	ICO-02	21,17	a	4	NARI-02	357,50	bc
5	SAVE-07	20,67	ab	5	ANVA-02	358,80	bc
6	NATU-09	20,63	ab	6	SAVE-06	384,60	bc
7	VABU-02	20,50	ab	7	BOCADILLO-ALTO	386,60	bc
8	ANVA-03	20,40	ab	8	SABO-01	391,80	bc
9	SABO-04	20,20	ab	9	VAPA-02	394,50	bc
10	SAPI-08	20,20	ab	10	NATU-07	399,90	bc

Peso mano2/Bananito				Peso pulpa mano2/Bananito			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	ICO-03	2203,06	a	1	ICO-03	1577,30	a
2	ICO-02	2029,70	ab	2	ICO-02	1457,33	ab
3	SABO-03	1972,98	abc	3	SABO-03	1438,33	abc
4	VABU-02	1925,00	abcd	4	NATU-09	1335,35	abc
5	NATU-09	1866,00	abcd	5	NALLO-04	1288,50	abcd
6	NALLO-04	1830,75	abcde	6	SAPI-08	1271,04	abcd
7	SAPI-08	1820,44	abcde	7	BOCADILLO-COMÚN	1233,41	abcd
8	BOCADILLO-COMÚN	1770,27	abcde	8	SABO-05	1205,70	abcd
9	SABO-05	1753,74	abcde	9	PISANG-MAS	1186,24	abcd
10	SABO-02	1723,31	abcde	10	SABO-02	1177,3	abcd

% de pupa mano2/Bananito			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	SAVE-07	82,33	a
2	BOCADILLO-ALTO	72,13	ab
3	SABO-03	71,65	abc
4	NATU-09	71,11	bc
5	SAVE-06	71,07	bc
6	VAPA-02	70,95	bc

7	VABU-01	70,65	bc
8	PISANG-MAS	70,58	bc
9	ICO-02	70,53	bc
10	ICO-03	70,48	bc

Tabla 2-8-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira

La Tabla 2-8-2 indica que los materiales SAVE-07 (82,3%), BOCADILLO-ALTO (72,1%), y SABO-03 (71,7%), difieren estadísticamente para el descriptor porcentaje de pulpa, los demás descriptores de esta Tabla no presentan diferencias entre accesiones. Se corrobora el hecho de la baja variabilidad encontrada entre accesiones de bananitos.

A continuación (Tabla 2-9-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango múltiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: número dedos mano2, peso cascara2, mano2, Peso pulpa2, % de pupa2 de accesiones tipo banano.

Numero de dedos mano2/Banano				Peso cascara mano2/Banano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	PAHANG	24,50	a	1	PISANG-BERLING	254,40	p
2	NALLO-06	21,75	ab	2	IGITSI-INTUNTU	279,70	p
3	GUAY.-ROJO ESPL.	19,00	bc	3	PALENBANG	325,50	op
4	BANANO-RED-2	18,00	bcd	4	BANANO-SIN-CLAS.	420,10	nop
5	YANGAMBI-KM5	18,00	bcd	5	BOCAD. CHILENO	575,1	nop
6	BANANO-INDIO-CS	17,67	bcd	6	TUU-GIA	613,40	mnop
7	BANANO-CHICO	17,60	cd	7	YANGAMBI	672,80	lmnop
8	SABA	17,38	cd	8	PECIOLOS-OSCUROS	689,00	jklmn
9	POYO	16,71	cde	9	NAKITENGWA	694,50	lmnop
10	FHIA-23	16,67	cde	10	NIYARMA-YIK	733,90	jklmnop
Peso mano2/Banano				Peso pulpa mano2/Banano			
1	GUAY. ROJO-"ESPL.	7050,00	a	1	GUAY. ROJO-"ESPL.	4562,70	a
2	PAHANG	4866,58	b	2	PAHANG	2987,35	b
3	BANANO-ROJO	4606,90	bc	3	BANANO-ROJO	2807,30	bc
4	SEREDOW	4575,00	bc	4	SEREDOW	2702,47	bc
5	BANANO-CHICO	4379,40	bc	5	BANANO-CHICO	2615,72	bc
6	IC-2	4232,22	bc	6	GROS-MICHEL-COMUN	2596,93	bc
7	GROS-MICHEL-COMUN	4201,20	bc	7	NALLO-06	2520,68	bc
8	FHIA-23	4173,52	bc	8	IC-2	2491,66	bc
9	NALLO-06	4025,00	bcd	9	FHIA-23	2414,43	bc
10	GROS-MICHEL-COCOS	3933,33	bcd	10	FHIA-3436-9	2401,54	bc
% de pupa mano2/Banano							
1	PISANG-BERLING	71,50	a				
2	BANANO-SIN-CLAS.	66,23	ab				
3	BANANO-RED-1	65,08	ab				
4	GUAY. ROJO-"ESPL.	64,70	abc				
5	BANANO-RED-2	64,00	abcd				
6	NALLO-06	62,70	abcd				

7	POYO	62,26	bcd
8	GUAYABO-A	62,20	bcd
9	GUAYABO-RAY.	62,00	bcd
10	PIGMEO	62,00	bcd

Numero de dedos mano2/Plátano				Peso cascara mano2Plátano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	HARTON-HABANO	22,00	a	1	PISANG-CEILAN	41	a
2	DOMINICO-300	21,00	a	2	HIBRIDO-SABA1	76	ab
3	MARITU	21,00	a	3	PLANTAIN-17	150	ab
4	NJOCK-KON	19,00	ab	4	MBINDI	477	abc
5	BENEDETTA	18,40	ab	5	HIBRIDO-SABA2	486	abcd
6	ELAT	18,00	ab	6	HARTON-SANTANDER	538	bcde
7	FOUGAMU	18,00	ab	7	HARTON-CUBANO	634	cde
8	NIABANG	17,50	abc	8	HARTON-BIRRACIMO	731	cde
9	PA-03-22	17,43	bc	9	HARTON-PEPO	761	cdef
10	DOMINICO-TUMACO	17,33	bc	10	HONDUREÑO-ENANO	782	cdef
Peso mano2/Plátano				Peso pulpa mano2/Plátano			
1	ELAT	5534	a	1	ELAT	3307	a
2	DOMINICO-300	5350	ab	2	DOMINICO-300	3097	ab
3	DOMINICO-TUMACO	5107	ab	3	DOMINICO-TUMACO	3001	ab
4	ORISHELLE	4700	abc	4	ORISHELLE	2780	abc
5	HARTON-HABANO	4400	abcd	5	HARTON-HABANO	2573	abcd
6	DOMINICO-MUTANTE	3955	bcde	6	HARTÓN-LIBERAL	2407	bcd
7	CACHACO-SIN-BELLOTA	3738	cde	7	DOMINICO-MUTANTE	2373	bcde
8	DOMINICO-GUAICOSO	3427	cdef	8	CACHACO-SIN-BELLOTA	2215	bcde
9	HARTÓN-LIBERAL	3408	cdef	9	MAIA-MAOLI-QUINDIO	2043	cdef
10	FHIA-20	3398	cdef	10	DOMINICO-HARTON-VIOTA	1984	cdefg
% de pupa mano2/Plátano							
1	MAIA-MAOLI-QUINDIO	77,84	a				
2	MAIA-MAOLI-RISARALDA	75,50	ab				
3	NEY-POOVAN	71,87	abc				
4	MAIA-MAOLI	70,60	bcd				
5	MANZANO	69,45	bcd				
6	YANGAMBI-3	68,97	bcde				
7	MARITU	68,74	bcde				
8	HARTÓN-BOMBA-O-POPOCHO	67,65	bcdef				
9	FOUGAMU	66,95	bcdefg				
10	POMPO-O-COMINO-RISARALDA	66,30	bcdefgh				

Tabla 2-9-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de banano y plátano en el CI Palmira

En el grupo de bananos la evaluación de la mano2 (Tabla 2-9-2), muestra que el descriptor Número de dedos se destaca PAHANG (25 frutos) y NALLO-06 (22) con diferencias estadísticas según el ANOVA para medias de Tukey. En el peso de cascara mano2,

sobresale como el mejor promedio PISANG-BERLING (254 gr). Para peso mano2 y peso de la pulpa2 superan a los demás materiales el GUAYABO-ROJO-“ESPLENDOR.” Con 7,050 gr y 4,563 gr respectivamente. Para porcentaje de pulpa PISANG-BERLING (71,5%), BANANO-SIN-CLASIFICAR (66,2%), BANANO-RED-1 (65,1%), GUAYABO-ROJO-“ESPLENDOR.” (64,7%), BANANO-RED-2 (64%) y NALLO-06 (62,7%) tienen los mejores promedios.

El ANOVA para el tipo plátanos (Tabla 2-9-2), en el descriptor Número de dedos mano2, las accesiones que se destacan al reportar el mayor número de frutos, equivalente al tamaño de la mano2, son HARTON-HABANO (22 **frutos**), DOMINICO-300 (21), MARITU (21), NJOCK-KON (19), BENEDETTA (18), ELAT (18), FOUGAMU (18) y NIABANG (17 **frutos**). Para la variable Peso cascara mano2 sobresalen PISANG-CEILAN (41,0gr), HIBRIDO-SABA1, (76,8), PLANTAIN-17 (150 gr), MBINDI (477,9gr) e HIBRIDO-SABA2 (486,9gr). El Peso mano2, sobresalen ELAT (5534,9 **gr**), DOMINICO-300 (5350,4), DOMINICO-TUMACO (5107,8), ORISHELLE (4700), HARTON-HABANO (4400). En Peso pulpa mano2 se reportan ELAT (3307**gr**), DOMINICO-300 (3097), DOMINICO-TUMACO (3001), ORISHELLE (2781), HARTON-HABANO (2574). Mientras que para Porcentaje de pupa mano2, MAIA-MAOLI-QUINDIO (77,8%), MAIA-MAOLI-RISARALDA (75,5%) y NEY-POOVAN (71,9%) superan a los demás materiales evaluados.

A continuación (Tabla 2-10-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango múltiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: número dedos mano2, peso cascara2, mano2, Peso pulpa2, % de pupa2 de accesiones tipo plátano.

Fuente de Variación	Días flor a cosecha	MS cascara	MS pulpa	Nº dedos por racimo	Nº manos racimo	Peso total de racimo	Peso manos de racimo	Peso pedúnculo
Accesión	**	**	**	*	NS	NS	NS	*
Bloque	NS	NS	**	**	**	**	**	NS
Repetición	NS	NS	NS	**	**	**	**	**
R2	0,52	0,92	0,94	0,45	0,36	0,42	0,41	0,32
CV	9,77	4,89	3,23	25,69	19,05	37,79	40,21	61,87
Banano								
Accesión	**	**	**	**	**	**	**	**
Bloque	NS	*	**	*	NS	**	**	**
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R2	0,76	0,83	0,73	0,54	0,61	0,62	0,63	0,53
CV	10,11	10,08	8,81	29,05	18,21	39,08	39,67	55,48
Plátano								

Accesión	**	**	**	**	**	**	**	*
Bloque	**	NS	NS	**	**	**	**	NS
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R2	0,78	0,89	0,95	0,79	0,75	0,65	0,64	0,33
CV	13,71	7,12	4,07	28,02	14,91	39,70	41,90	73,93

Tabla 2-10-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira

Al analizar las variables de la mano2 frente a las del racimo, se observan ciertas equivalencias en accesiones que comparten diferencias estadísticas en el rango de promedios de ANOVA. Al comparar las accesiones destacadas en el descriptor tamaño de racimo (DOMINICO-300, DOMINICO-TUMACO y NJOCK-KON, MARITU y FOUGAMU) con respecto a tamaño de mano2 (HARTON-HABANO, DOMINICO-300, MARITU, NJOCK-KON, BENEDETTA, ELAT, FOUGAMU y NIABANG), se observa que cuando el indicador se evalúa a través del racimo se discrimina con mayor precisión, por rango de medias. Para las accesiones DOMINICO-300, NJOCK-KON, MARITU y FOUGAMU, cualquiera de estos descriptores refleja el comportamiento de la variable. Igualmente se observa para los demás descriptores registrados a partir de la mano2 o a partir de racimo. Lo anterior presume la necesidad de diseñar investigaciones para precisar el número de la mano que mejor represente las variables físicas enunciadas en este aparte.

- **Variables físicas de fruto**

La tabla 2-11-2 presenta el análisis de varianza ANOVA para variables: número de dedos mano2, peso cascara mano2, peso mano2, peso pulpa mano2, % de pupa mano2, tomando como fuente de variación las accesiones, el bloque y repeticiones. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R2 y el coeficiente de variación CV% para cada variable.

La tabla 2-11-2 presenta el análisis de varianza ANOVA para variables físicas: días flor a cosecha, materia seca cascara, materia seca pulpa, número de dedos por racimo, número de manos racimo, peso total de racimo, peso manos de racimo, peso pedúnculo, peso raquis, y peso bellota; tomando como fuente de variación las accesiones, el bloque y repeticiones. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R2 y el coeficiente de variación CV% para cada variable.

Bananito

Fuente de Variación	Arco externo del dedo	Arco interno del dedo	Peso cascara dedo central	Peso pulpa dedo central	Peso dedo central	Diámetro dedo
Accesión	NS	NS	**	NS	NS	NS
Bloque	**	*	NS	*	*	NS
Repetición	**	**	*	**	**	NS
R ²	0,39	0,35	0,44	0,36	0,37	0,23
CV	14,40	14,52	30,34	34,09	31,13	77,49
Banano						
Accesión	**	**	**	**	**	**
Bloque	**	**	NS	NS	**	NS
Repetición	NS	*	NS	NS	NS	NS
R ²	0,78	0,75	0,73	0,61	0,70	0,37
CV	11,30	12,75	21,95	32,15	24,36	79,44
Plátano						
Accesión	**	**	**	**	**	**
Bloque	**	**	NS	NS	NS	NS
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ²	0,80	0,77	0,74	0,44	0,54	0,45
CV	12,08	13,76	27,18	71,25	47,78	92,77

** Diferencia estadística altamente significativa ($P < 0,01$); * Diferencia estadística significativa ($P < 0,05$); NS Diferencia estadística no significativa; CV Coeficiente de Variación.

Tabla 2-11-2 Resumen del análisis de varianza para variables físicas del fruto para germoplasma de musáceas conservado en el C.I. Palmira, por tipo.

Las accesiones de banano y plátano registran diferencias altamente significativas en todas las variables de la Tabla 2-11-2, indicando que al menos una de las accesiones difiere significativamente de las demás para cada tipo. En las tipo bananito la única variable que reporta diferencias significativas es peso de la cascara del dedo, las demás variables no registran diferencias significativas.

Las accesiones tipo banano y plátano mostraron las mejores regresiones para la mayoría de las variables evaluadas de la Tabla 2-11-2, indicando que éstas variables están íntimamente relacionadas con la variabilidad genética evaluada a través de la prueba ANOVA, excepto para diámetro del dedo en banano; mientras que en plátano, diámetro, peso de la pulpa y del dedo. Lo anterior, concuerda con los resultados de Morales, *et al* (1998), quien evaluó la longitud y perímetro de frutos, observando tasas de crecimiento progresivas entre clones para la variable días de flor a cosecha.

El análisis del coeficiente de variación %CV, indica que la variables arco externo e interno del dedo o fruto, no presentan altos coeficientes a diferencia de las demás variables. Probablemente estos descriptores no están influenciados por variables externas,

ambientales o de manejo. Los altos valores del CV reportados en los pesos de cascara, pulpa y dedo, así como de diámetro del dedo pueden ser justificados por el efecto de variables de manejo que refleja varias cosechas a través del tiempo, con variaciones climáticas, estrés hídrico y labores agronómicas no oportunas e incidencia de disturbios fitosanitarios afectando el comportamiento productivo, en especial el desarrollo del fruto.

A continuación (Tabla 2-12-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango múltiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: Arco externo e interno del dedo central, peso cascara y pulpa del dedo central, peso del dedo central, y diámetro del dedo central de accesiones tipo bananito.

Arco externo del dedo/Bananito				Arco interno del dedo/Bananito			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	SABO-01	10,550	d	1	VABU-03	8,300	e
2	VABU-03	10,630	d	2	VAPA-03	8,430	de
3	ANVA-02	10,650	d	3	SABO-01	8,670	cde
4	VAPA-03	10,800	d	4	NARI-02	8,750	cde
5	SARI-10	10,860	d	5	NATU-07	8,900	cde
6	BOCAD. DEL CHOCO	11,050	d	6	NALLO-05	8,910	cde
7	ANVA-03	11,200	cd	7	SABO-04	9,000	bcde
8	NALLO-05	11,210	cd	8	ANVA-03	9,000	bcde
9	NARI-02	11,220	cd	9	SAVE-06	9,000	bcde
10	VAPA-02	11,250	cd	10	ANVA-02	9,025	bcde
Peso cascara dedo central/Bananito				Peso pulpa dedo central/Bananito			
1	VAPA-03	13,000	d	1	ICO-03	72,680	a
2	ANVA-02	18,950	cd	2	SABO-05	72,425	a
3	VABU-03	19,150	cd	3	SABO-03	70,800	a
4	NARI-01	20,150	bcd	4	BS209	67,450	ab
5	NARI-02	20,275	bcd	5	NATU-09	65,450	ab
6	SABO-01	20,367	bcd	6	ICO-02	64,900	ab
7	VAPA-02	20,375	bcd	7	BOCADILLO-COMÚN	64,429	ab
8	SARI-10	20,757	bcd	8	SAVE-07	62,100	abc
9	NATU-07	20,467	bcd	9	PISANG-MAS	61,588	abc
10	NALLO-05	20,757	bcd	10	SAPI-08	61,48	abc
Peso dedo central/Bananito				Diámetro dedo/Bananito			
1	SABO-05	106,250	a	1	VABU-03	12,100	a
2	ICO-03	103,440	ab	2	REST-01	8,400	ab
3	BS209	101,750	ab	3	SABO-02	6,263	bc
4	SABO-03	101,125	abc	4	NATU-10	5,784	bc
5	VABU-02	94,050	abcd	5	NATU-07	5,150	bc
6	BO-COMU	93,371	abcd	6	BS209	4,100	bc
7	ICO-02	93,033	abcde	7	BO-ALTO	4,063	c
8	NATU-09	91,938	abcde	8	SAPI-08	4,000	c
9	SAPI-08	90,300	abcde	9	SAVE-07	3,967	c
10	SABO-02	88,97	abcde	10	NATU-09	3,925	c

Tabla 2-12-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira

Seis nuevos descriptores (Tabla 2-12-2), fueron analizados para el dedo o fruto de las accesiones de bananito, arco interno y externo, peso de la cascara y de la pulpa, peso total y diámetro. Se seleccionaron los 10 mejores materiales de menor arco y cascara en el fruto, así como mayor pulpa, diámetro y peso del fruto. Se observa que tanto para arco interno y externo, peso de la cascara, de la pulpa y del dedo no se registran diferencias significativas entre los 10 mejores seleccionados, siendo SABO-01, VABU-03, VAPA-03 y Bocadoillo chileno, como los mejores promedios para cada indicador. Mientras que la variable diámetro del dedo reporta a VABU-03 y REST-01 como las accesiones con mayor diámetro diferentes estadísticamente de manera significativa para la prueba de media de Tukey con valores de 12,1 y 8,4 cm en promedio.

A continuación (Tabla 2-13-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango múltiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: Arco externo e interno del dedo central, peso cascara y pulpa del dedo central, peso del dedo central, y diámetro del dedo central, de accesiones tipo banano

Arco externo del dedo/Banano				Arco interno del dedo/Banano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	IGITSIRI-INTUNTU	10,050	o	1	IGITSIRI-INTUNTU	7,650	n
2	PISANG-BERLING	10,367	o	2	PISANG-BERLING	8,500	mn
3	PALENBANG	12,429	no	3	PALENBANG	8,780	mn
4	YANGANBI	13,000	mno	4	YANGAMBI	9,460	lmn
5	BOCADILLO-CHILENO	13,87	mn	5	BOCADILLO-CHILENO	10,75	klm
6	PECIOLOS-OSCUROS	14,625	lmn	6	PECIOLOS-OSCUROS	12,000	jkl
7	BANANO-SIN-CLASIF.	15,233	lmn	7	BANANO-SIN-CLASIF.	12,260	jkl
8	GUINEO-NEGRO	16,217	ijklmn	8	GUINEO-NEGRO	12,430	ijk
9	FHIA-2	17,440	ijkl	9	NAKITENGUWA	12,650	hij
10	NAKITENGWA	17,750	hijkl	10	MATACABALLO	12,700	hij
Peso cascara dedo central/Banano				Peso pulpa dedo central/Banano			
1	MATACABALLO	0,000	p	1	GUAY. ROJO- "ESPLEN."	237,500	a
2	PISANG-BERLING	17,800	op	2	GUAYABO-RAYADO	207,500	ab
3	PALENBANG	20,230	op	3	BANANO-RED-1	198,800	ab
4	IGITSIRI-INTUNTU	30,800	no	4	GROS-MICHEL-COMUN	169,175	bc
5	YANGAMBI	37,830	mno	5	BANANO-ROJO	169,050	bcd
6	BANANO-SIN-CLASIF.	40,370	mno	6	FHIA-3436-9	166,920	bcd
7	BOCADILLO-CHILENO	44,38	mnopqr	7	BANANO-CHICO	151,320	bcd

8	PECIOLOS-OSCUROS	48,740	lmnopq	8	GRAN-ENANO	150,233	bcd
9	TUU-GIA	54,500	klmnop	9	VALERY	144,643	bcd
10	NAKITENGWA	55,500	hijklmno	10	IC-2	144,160	bcde
Peso dedo central/Banano				Diámetro dedo/Banano			
1	GUAY.-ROJO-"ESPLEND	371,100	a	1	SEDA	19,200	a
2	GUAYABO-RAYADO	308,400	ab	2	MATACABALLO	15,450	a
3	BANANO-RED-1	306,100	ab	3	GUAYABO-B	13,600	a
4	FHIA-3436-9	284,520	b	4	BANANO-RED-1	13,417	a
5	GROS-MICHEL-COMUN	280,000	b	5	GUAYABO-RAYADO	13,100	ab
6	BANANO-ROJO	278,400	b	6	GUAY. ROJO-"ESPLEN."	6,100	bc
7	SEREDOW	273,800	b	7	BANANO-ROJO	6,050	bc
8	MATACABALLO	271,400	bc	8	GUAYABO-A	5,600	bc
9	BANANO-CHICO	254,720	bc	9	TAFETAN-VERDE	4,986	c
10	GRAN-ENANO	251,867	bc	10	BANANO-RED-2	4,900	c

Tabla 2-13-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de banano en el CI Palmira

Para las accesiones tipo banano (Tabla 2-13-2), a diferencia de bananito, el análisis reporta diferencias significativas entre los 10 mejores seleccionados conforme a la prueba de ANOVA utilizando la prueba de promedios de Tukey ($P < 0,01$ de significancia). Para arco interno y externo del fruto se destacan IGITSIRI-INTUNTU, PISANG-BERLING, PALENBANG y YANGANBI KM5, como las accesiones en que la fruta tiene menor arco, frutos más rectos. Para la variable menor peso de la cascara se diferencian significativamente, MATACABALLO, PISANG-BERLING y PALENBANG. Por otra parte, las accesiones tipo banano que registran los mayores y mejores pesos de pulpa del fruto son GUAYABO-ROJO-"ESPLENDOR", GUAYABO-RAYADO y BANANO-RED-1. El diámetro del fruto tuvo un comportamiento diferente al de pulpa del fruto, destacándose SEDA, MATACABALLO, GUAYABO-B, BANANO-RED-1 y GUAYABO-RAYADO

A continuación (Tabla 2-14-2) se detallan las diferencias estadísticas separadas por rango multiple de Tukey, conforme al ANOVA para las variables físicas: Arco externo e interno del dedo central, peso cascara y pulpa del dedo central, peso del dedo central, y diámetro del dedo central, de accesiones tipo plátano

Arco externo del dedo/Plátano				Arco interno del dedo/Plátano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	PISANG-CEILAN	10,000	b	1	PISANG-CEILAN	7,000	z
2	HIBRIDO-SABA1	10,500	b	2	HIBRIDO-SABA1	7,000	z

3	YANGAMBI	13,070	bz	3	YANGAMBI	9,080	yz
4	PERRENQUE	13,600	bz	4	MBINDI	10,130	xyz
5	HIBRIDO-SABA2	13,650	bz	5	PA-03-22	10,210	xyz
6	NEY-POOVAN	13,710	bxz	6	HIBRIDO-SABA2	10,730	wxyz
7	MBINDI	13,830	bxz	7	POMPO-O-COMINO	11,000	vwxyz
8	PA-03-22	14,280	bwxz	8	NEY-POVAN	11,000	vwxyz
9	POMPO-O-COMINO	14,500	bvwxz	9	PLANTAIN	11,800	uvwxy
10	MARITU	15,060	bvwxz	10	PERRENQUE	12,260	tuvwxy
Peso cascara dedo central/Plátano				Peso pulpa dedo central/Plátano			
1	HIBRIDO-SABA1	12,200	r	1	HARTÓN-LIBERAL	465,360	a
2	MBINDI	24,920	qr	2	MAIA-MAOLI-QUINDIO	379,471	ab
3	HIBRIDO-SABA2	27,280	pq	3	MAIA-MAOLI-RISARALDA	332,883	b
4	NEY-POOVAN	28,840	opqr	4	MBOUROU-KOU-1	275,129	bc
5	YANGAMBI	29,720	opqr	5	DOMINICO-HARTON-ROJO	230,500	bcd
6	HARTON-SANTANDER	38,400	nopqr	6	ORISHELLE	227,600	bcd
7	MARITU	42,220	mnopqr	7	HARTON-PEPO	210,629	cd
8	MANZANO	44,300	lmnopqr	8	HARTÓN-BOMBA	200,000	cde
9	HARTON-CUBANO	47,100	lmnopqr	9	HARTON-COMUN	185,800	cde
10	PA-03-22	47,630	klmnopqr	10	ELAT	178,933	cde
Peso dedo central/Plátano				Diámetro dedo/Plátano			
1	HARTÓN-LIBERAL	570,780	a	1	MUSA-BALBISIANA-	35,600	a
2	MAIA-MAOLI-QUINDIO	490,243	ab	2	PLANTAIN-17	32,000	a
3	HARTON-PEPO	459,171	abc	3	LIBERAL	29,100	ab
4	MBOUROU-KOU-1	438,457	bc	4	HARTÓN-BOMBA	27,300	ab
5	MAIA-MAOLI-RISARALDA	431,600	bcd	5	HARTON-HABANO	22,400	abc
6	DOM.-HARTON-ROJO	400,000	bcde	6	DOMINICO-HARTON-ROJO	19,075	bcd
7	ORISHELLE	391,700	bcdef	7	HARTON-BIRRACIMO	17,233	bcde
8	HARTON-COMUN	317,133	cdefg	8	HARTON-COMUN	15,875	cde
9	ELAT	306,767	cdefgh	9	MAQUEÑO-SARDY	15,467	cdef
10	HARTON-BIRRACIMO	300,650	cdefghi	10	DOMINICO-NEGRO	12,325	defg

Tabla 2-14-2 Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables físicas en accesiones de bananito en el CI Palmira.

La Tabla 2-14-2, Arco interno y externo, y Peso de cascara del fruto no registran diferencias significativas para los promedios en las 10 mejores accesiones analizadas por separación de medias de Tukey ANOVA ($P < 0.01$). Para las 10 mejores accesiones por peso de la pulpa del dedo para los de mayor peso por tipo de plátano evaluado son HARTÓN-LIBERAL y MAIA-MAOLI-QUINDIO, con promedios de 465 y 380 gramos respectivamente, mientras que al analizar el peso total del fruto, se incluye HARTON-PEPO, con 459 gramos. Para el descriptor diámetro del dedo o fruto no se observaron diferencias altamente significativas para MUSA-BALBISIANA (36cm), PLANTAIN-17 (32cm), LIBERAL (29cm), HARTÓN-BOMBA-O-POPOCHO (27cm), y HARTON-HABANO (22cm).

2.7.4 Relacion Pulpa / Cascara (P/C)

El comportamiento de la variabilidad de la matriz de datos para las variables relacionadas con el índice de poscosecha P/C, se definió a través de los análisis de varianza (ANOVA), para cada grupo de datos organizados por tipo, genoma y accesión. La tabla 2-15-2 presenta los resultados del ANOVA para los diferentes grupos conformados a partir de la matriz de datos general. No se observaron diferencias significativas entre las accesiones de bananitos, pero si entre bananos y platanos. Igualmente se registran diferencias significativas ($P < 0,05$) entre Tipos, Genomas y Accesiones de musáceas, indicando que la variabilidad observada es alta, a diferencia de los bananitos. A través de este indicador, se evidencia la estrecha variabilidad genética para los tipo bananito del banco de germoplasma del CI Palmira.

Relacion Pulpa : Cascara, para las accesiones agrupadas para ANOVA para Bananito					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de media	F-Valo	Pr > F
Accesión	35	9.1414	0.2612	1.21	0.2096 NS
Bloque	2	1.3332	0.6666	3.1	0.0477 *
Reptición	3	2.7456	0.9152	4.26	0.0063 **
Error	161	34.6101	0.2150		
Total	201	47.9315			
R2	0.27				
CV%	20.26				
ANOVA para Banano					
Accesión	39	11.0148	0.2824	2.47	<.0001**
Bloque	3	0.2274	0.0758	0.66	0.5767NS
Reptición	3	0.3031	0.1010	0.88	0.4517NS
Error	171	19.5886	0.1146		
Total	216	30.8876			
R2	0.36				
CV%	21.73				
ANOVA para Platano					
Accesión	77	84.4893	1.0973	13.65	<.0001*
Bloque	3	0.7566	0.2522	3.14	0.0259*
Reptición	3	0.1347	0.0449	0.56	0.6428NS
Error	268	21.5444	0.0804		
Total	351	110.5236			
R2	0.80				
CV%	18.08				
ANOVA para Tipos de Musaceas					
Accesión	2	79.4201	39.7100	165.3	<.0001**
Bloque	3	2.9068	0.9689	4.03	0.0073**
Reptición	3	1.8197	0.6066	2.53	0.0565NS
Error	770	184.9600	0.2402		
Total	778	270.6200			
R2	0.316				
CV%	28.100				

ANOVA para Genoma					
Accesión	10	78.5406	7.8541	32.2	<.0001**
Bloque	3	2.5070	0.8357	3.43	0.0168*
Reptición	3	1.8714	0.6238	2.56	0.0541NS
Error	762	185.84	0.2438841		
Total	778	270.62			
R2	0,31				
CV%	28,31				
ANOVA para Accesiones					
Accesión	153	185.947	1.2153	9.59	<.0001**
Bloque	3	1.4581	0.486	3.84	0.0097*
Reptición	3	1.4328	0.4776	3.77	0.0106NS
Error	619	78.4328	0.1267		
Total	778	270.62			
R2	0.71				
CV%	20.4				

Tabla 2-15-2. Analisis de Varianza por fuente de variación para Tipo, Genoma y Accesiones del banco de germoplasma de Corpoica C.I. Palmira.

Los coeficientes de variación hallados para los ANOVA anteriores, son considerados adecuados. Estos resultados son consistentes con los aportes de Haddad *et al.*, (1992), Arcila *et al.*, (2000), Morales *et al.*, (2000), quienes señalan que aspectos como la época de cosecha, condiciones climáticas y manejo influyen en la variabilidad de indicadores relacionadas con la floración, racimo y frutos.

Importante destacar el alto coeficiente de determinación $R^2=0,80$ para el tipo platano, destacando que el índice de P/C, denotando un alto grado de asociación y dependencia del índice de P/C con el de variabilidad genética expresada a través de descriptores morfológicos del fruto, en especial peso de pulpa del fruto y peso de cascara. Se observa mayor variabilidad en platano, seguido de las accesiones ($R^2=0,71$), banano, genoma, tipos cercanos y banaitos a 0,30 de R^2 , considerados de bajo nivel de asociación.

La tabla 2-16-2, permite visualizar el agrupamiento a partir del ANOVA, utilizando el rango múltiple de medias de Tukey con una probabilidad superior al 95% de significancia estadística. No se observan diferencias estadísticas para bananito, no obstante se destaca el bananito SABO-03 como la mejor relación P/C, con valores superiores a las dos unidades ($P/C=2,8$). Los Tipo Platano, MAIA MAOLI-QUINDIO con 3.50, MAIA MAOLI-RISARALDA (3.27), HARTON-TUMACO (2.8), NEY POOVAN (2.67) y MAIA MAOLI (2.52), los cuales presentan diferencias altamente significativas ($P<0,01$), superan a los demás platanos estadísticamente. Algunos de los materiales evaluados por Haddad, *et al.*, 1992, y más

recientemente por Arcila, *et al.*, (2000), señalan relaciones P/C cercanas a 2,0 en la etapa de madurez de cosecha, en estudios realizados sobre materiales como Harton enano, Guineo, Cachaco, y Dominico Harton, en trabajos realizados en la zona central cafetera de Colombia.

para BANANITO			para BANANO		
SABO-03	2.81	a	PISAN-BERLING	2.217	a
BOCADILLO-ALTO	2.65	a	BANANO-SIN-CLASIFICAR	1.933	ab
NATU-09	2.61	a	BANANO ROJO "ESPLENDOR"	1.85	abc
NALLO-05	2.54	a	BANANO-RED-	1.8	abc
ICO-02	2.53	a	SEREDOW	1.783	abc
ICO-03	2.52	a	NALLO-06	1.75	abc
PISANG-MAS	2.51	a	FHIA-3436	1.72	abc
NALLO-04	2.51	a	BOCADILLO-CHILENO	1.7	abc
para PLATANO			IGITSIRI INTUNTU	1.7	abc
MAOLI-QUINDIO	3.5	a	PALEMBANG	1.7	abc
MAOLI-RISARALDA	3.27	ab	por ACCESIONES - Tukey P<0,05		
HARTON-TUMACO	2.8	abc	MAOLI-QUINDIO	3.5	a
NEY-POOVAN	2.67	abcd	MAOLI-RISARALDA	3.267	ab
MAOLI	2.52	abcde	HARTON-TUMACO	2.8	abc
por GENOMAS - Tukey P<0,05			SABO-03	2.8	abc
AB	2.671	a	NEY-POOVAN	2.671	abcd
AA	2.17	ab	BOCADILLO-ALTO	2.65	abcde
AAB	1.637	bc	NATU-09	2.613	abcdef
DESC	1.596	bc	NALLO-05	2.543	abcdefg
AAA	1.576	bc	ICO-02	2.533	abcdefg
AABB	1.388	bc	ICO-03	2.52	abcdefg
Aneuploide	1.38	bc	por TIPOS - Tukey P<0,05		
ABB	1.378	bc	Bananito	2.3	a
AAAA	1.377	bc	Platano	1.6	b
BB	1.3	c	Banano	1.5	b
AAAB	1.261	c			

Tabla 2-16-2. Niveles de agrupamiento para Tipo, Genoma, Accesion, mediante separación de rangos con prueba múltiple de medias.

Al analizar las medias estadísticas y agrupamientos por medio de Tukey (P<0,05), se destacan por altos valores P/C, mayor proporción de pulpa que cascara, mayor concentración de carbohidratos y otros compuestos en la pulpa, y con mayor potencialidad

para procesos agroindustriales los siguientes: Entre todas las accesiones sobresale el plátano MAIA MAOLI QUINDIO con 3,5; la mejor accesión de bananito que reportó valores de 2,80 fue SABO-03; mientras que para el caso de bananos fue Pisang Berling con 2,22; y entre genomas el de mayor relación P/C fueron los diploides AA y AB, con diferencias estadísticas significativas del resto de los demás genomas, como se aprecia en la tabla 2-16-2.

Es importante destacar las necesidades de la agroindustria, demandando materia prima con bajo porcentajes de cascarilla, indicativo de rendimientos y rentabilidad. A pesar de que en Colombia los materiales con mayor uso industrial son Dominico-Harton y Harton con porcentajes de cascara entre 35 - 39%; 61 - 65% de pulpa (Dufour *et al.*, 2008; Gilbert *et al.*, 2009; Hoyos-Leyva, *et al.*, 2013; Giraldo, *et al.*, 1998). En este sentido, las accesiones reportadas con valores de $P/C > 1,66$ cumplen ampliamente con este requisito. Lo anterior demuestra que en el banco de germoplasma hay alto número de materiales promisorios con fines agroindustriales.

2.7.5 Determinación de materia seca (%MS) de accesiones del banco de germoplasma de musáceas

Los análisis estadísticos reportan diferencias altamente significativas ($Pr < 0.001$) a partir del ANOVA, entre accesiones y no significativas entre bloques para el contenido de materia seca de pulpa y cáscara (Tabla 2-17-2). Estos resultados indican que por lo menos una accesión del banco de germoplasma de musáceas difiere en contenido de MS (%).

Relación MS% entre Pulpa : Cascara, en las accesiones agrupadas ANOVA para Bananito					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Accesión	35	9.1414	0.2612	1.21	0.2096 NS
Bloque	2	1.3332	0.6666	3.1	0.0477 *
Reptición	3	2.7456	0.9152	4.26	0.0063 **
Error	161	34.6101	0.2150		
Total	201	47.9315			
R2	0.27				
CV%	20.26				

ANOVA para Banano					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Accesión	39	11.0148	0.2824	2.47	<.0001**
Bloque	3	0.2274	0.0758	0.66	0.5767NS

Reptición	3	0.3031	0.1010	0.88	0.4517NS
Error	171	19.5886	0.1146		
Total	216	30.8876			
R2	0.36				
CV%	21.73				
ANOVA para Platano					
Accesión	77	84.4893	1.0973	13.65	<.0001*
Bloque	3	0.7566	0.2522	3.14	0.0259*
Reptición	3	0.1347	0.0449	0.56	0.6428NS
Error	268	21.5444	0.0804		
Total	351	110.5236			
R2	0.80				
CV%	18.08				
ANOVA para Tipos de Musaceas					
Accesión	2	79.4201	39.7100	165.32	<.0001**
Bloque	3	2.9068	0.9689	4.03	0.0073**
Reptición	3	1.8197	0.6066	2.53	0.0565NS
Error	770	184.9600	0.2402		
Total	778	270.6200			
R2	0.316				
CV%	28.100				
ANOVA para Genoma					
Accesión	10	78.5406	7.8541	32.2	<.0001**
Bloque	3	2.5070	0.8357	3.43	0.0168*
Reptición	3	1.8714	0.6238	2.56	0.0541NS
Error	762	185.84	0.2438841		
Total	778	270.62			
R2	0,31				
CV%	28,31				
ANOVA para Accesiones					
Accesión	153	185.947	1.2153	9.59	<.0001**
Bloque	3	1.4581	0.486	3.84	0.0097*
Reptición	3	1.4328	0.4776	3.77	0.0106NS
Error	619	78.4328	0.1267		
Total	778	270.62			
R2	0.71				
CV%	20.4				

Tabla 2-17-2. Niveles de agrupamiento y separación de rangos con prueba múltiple de medias de Tukey ($P < 0,05$) para MS% con respecto a la relación Pulpa : Cascara, para Tipo, Genoma y Accesion,

Los promedios más altos en MS en pulpa fueron: Amou-Verde (45.8%), La-Miel (45.5%), Hartón-Santander (45.0%), Dominico-Guaicoso (44.8%), Niabang (44.79%) y Dominico-Caoba (44.6%), ver Tabla 2-18-2, superando a clones comerciales como Dominico-Harton-Comun (43,1%), Dominico-Negro (42,3%), Harton-Pepo (40,0%), Mbourou-Kou1 o África (36,6%), FHIA-21 (35.6%), FHIA-20 (31.9%), Cachaco (31.9%), Dwarf-Cavendish (27,3%) y FHIA-23 (20,9%). Estos resultados coinciden con estudios anteriores en plátanos sembrados en los municipios de Padilla y Guachené, (Cauca), según Castellanos *et al.*, (2011), donde se reporta 39.6% de MS para Hartón y para clones FHIA-20, Cachaco, África y FHIA-21 contenidos de MS inferiores, y a su vez difieren para el clon Dominico Hartón el cual fue reportado con 39.6%. Estudios realizados por Hoyos *et al.* (2011) muestran el contenido de MS para África 36.76%, Cachaco Espermo, Cachaco Sin Bellota y Saba, con 35.08, 34.83, y 31.85% respectivamente, lo cual corrobora los encontrados en la presente investigación.

Agrupamiento por Rango múltiple de medias de Tukey para BANANITO			para BANANO		
SABO-03	2.80	a	PIS-BERL	2.217	a
BOC-ALTO	2.65	a	BAN-S-CL	1.933	ab
NATU-09	2.61	a	“ESPLEND	1.850	abc
NALLO-05	2.54	a	BAN-RED-	1.800	abc
ICO-02	2.53	a	SEREDOW	1.783	abc
ICO-03	2.52	a	NALLO-06	1.750	abc
PIS-MAS	2.50	a	FHIA-343	1.720	abc
NALLO-04	2.50	a	BOC-CHIL	1.700	abc
para PLATANO			IGITSIRI	1.700	abc
MAOLI-QU	3.50	a	PALEMBAN	1.700	abc
MAOLI-RI	3.27	ab	por GENOMAS - Tukey P<0,05		
HAR-TUMA	2.80	abc	AB	2.671	a
NEY-POOV	2.67	abcd	AA	2.170	ab
MAOLI	2.52	abcde	AAB	1.637	bc
MANZANO	2.35	bcdef	DESC	1.596	bc
HART-BOM	2.35	bcdef	AAA	1.576	bc
YANG-3	2.33	bcdefg	AABB	1.388	bc
MARITU	2.20	cdefgh	Aneuploi	1.380	bc
FOUGAMU	2.00	cdefghi	ABB	1.378	bc
para TIPOS de Musaceas - Tukey P<0,05			AAAA	1.377	bc
Bananito	2.3	a	BB	1.300	c
Platano	1.6	b	AAAB	1.261	c
Banano	1.5	b			

para ACCESIONES - Tukey P<0,05		
MAOLI-QU	3.500	a
MAOLI-RI	3.267	ab
HAR-TUMA	2.800	abc
SABO-03	2.800	abc
NEY-POOV	2.671	abcd
BOC-ALTO	2.650	abcde
NATU-09	2.613	abcdef
NALLO-05	2.543	abcdefg
ICO-02	2.533	abcdefg
ICO-03	2.520	abcdefg

Tabla 2-18-2. Niveles de agrupamiento y separación de rangos con prueba múltiple de medias de Tukey (P<0,05) para MS% con respecto a la relación Pulpa : Cáscara, en cada Tipo, Genoma y Accesoión,

De acuerdo con Lemaire (1997), la industria de frituras busca materias primas con altos contenidos de MS, por las razones expuestas anteriormente. En este sentido Amou-Verde, La-Miel, Hartón-Santander, Dominico-Guaicoso, Niabang y Dominico-Caoba, pueden ser considerados como promisorios para uso en la industria de frituras al superar los clones comerciales.

Los valores más bajos de MS en pulpa son registrados en la Tabla 2-18-2. Se destacan: FHIA-23 (20,9%), FHIA-17 (22,6%) y Guineo-Negro (23,3%) y la accesión Tani con el porcentaje más bajo (12.63%). En cáscara los contenidos más altos, en promedio, para MS, se encontraron en: Save-06 (25.6%), Tafetan-Verde (25.45%), Pompo-Comino (22.86%), Niabang (21.3%) y Dominico-Caoba (19.23%), accesiones importantes al presentar potencialidad para el suplemento en dieta de animales. Los valores más bajos se registraron en: Pahang (8.64%), Mbourou-Kou-1 (9.1%), FHIA-21 (9.2%), Tani (9.6%) y FHIA-20 (9.7%). Ver Tabla 2-18-2. Los anteriores resultados tienden a concordar con los reportados por Duque *et al.* (2011), quien señala que los valores de MS en pulpa oscilan entre 13 y 46%, mientras que en cáscara entre 9 y 26%.

Entre tipos de musáceas comestibles (Plátanos, Bananos y Bananitos), el contenido de materia seca de pulpa registra diferencias altamente significativas (Pr<0.001) y no significativas entre bloques (Tabla 2-18-2), así mismo para porcentaje de cáscara (2-18-2).

Al contrastar los diferentes tipos de musáceas, el análisis de %MS en pulpa para tipo bananos de postre tienen contenidos menores que los plátanos de cocción. Es necesario evaluar a profundidad la accesión Tani (genoma diploide BB, tipo plátano, subgrupo *Musa balbisiana*), que a pesar de tener la genómica del tipo plátano, por sus contenidos de %MS (12.63%), se aleja notoriamente del comportamiento de este tipo genómico. Igualmente para los bananito y banano se debe profundizar estudios en las accesiones que se reportan por fuera del grupo (Tuu-Gia, BS-209, Save-06 y Save-07).

En el análisis de %MS de la cáscara, los tipo bananito presentan promedios de 15.94 de %MS, seguido por plátanos con 14.88% y bananos con 12.94% (Tabla 2-18-2).

2.8 Conclusiones

Con respecto a los objetivos del Capítulo 2, se concluye que:

- El banco de germoplasma de musáceas, caracterizado físicamente, presenta alta variabilidad entre tipos, genomas y accesiones. Se identificaron atributos físicos discriminantes. Los tipos plátano y banano presentaron mayor variabilidad, mientras que el tipo bananitos fueron los de menor variabilidad observada.
- La cuantificación, clasificación y ordenamiento de la diversidad y variabilidad física se pudo explicar a través de los descriptores altamente discriminantes evaluados,
- La evaluación física, basada en atributos cuantitativos diferenciadores, permitió cuantificar la variabilidad genética entre accesiones por encima del 30%, de la variabilidad observada, aportando valor agregado significativo, al conocimiento y comprensión de la diversidad y variabilidad genética del banco de musáceas.

Algunos resultados concluyentes, son los siguientes:

- Las accesiones tipo Ornamental se agrupan en el periodo más bajo de floración a cosecha. *Musa basjoo*, puede ser considerado como material promisorio ornamental al registrar la mayor etapa de floración a cosecha.
- Las accesiones evaluadas, tipo bananito, presentan en general el menor periodo de flor a cosecha, seguida por las accesiones tipo plátano y por último las tipo banano. Bananito BS-209 y MAIA MAOLI QUINDIO con 60 y 65 días de flor a cosecha como las más precoces.

- Musáceas comestibles, caso Maia maolí Quindío, (plátano) y VAPA-01, (bananito), son considerados promisorios desde el punto de vista precocidad en el periodo de flor a cosecha, que servirá de base para nuevas investigaciones.
- La caracterización física de los racimos para los tipos comestibles de musáceas, ha permitido destacar accesiones como, FHIA-23 al presentar el mayor peso por racimo y Maia-Maoli-Risaralda por comportamiento superior en las variables peso de dedo central, contenido de pulpa y diámetro central del fruto, materiales promisorios para la agroindustria por su gran llenado de fruto.
- La accesión Mbourou-Kou-1 o África registró el mayor promedio en las variables de longitud del fruto, arco externo e interno.
- Las características físicas de racimo fueron muy variables entre todas las accesiones evaluadas. De acuerdo con los análisis de varianza por lo menos una accesión del banco de germoplasma de musáceas es diferente en 18 variables evaluadas (diferencias altamente significativas).
- El contenido de materia seca en pulpa y cáscara indican diferencias altamente significativas entre las accesiones y tipos de musáceas evaluados. AMOU-Verde, La-MIEL, HARTÓN-Santander, DOMINICO-Guaicoso, NIABANG y DOMINICO-Caoba son catalogados como promisorios para industria de frituras por sus altos contenidos de %MS.
- El material TANI se aleja del resto de accesiones evaluadas al presentar el porcentaje de MS en pulpa más bajo (12.63%), equiparable al tipo bananos.
- SAVE-06, TAFETAN-Verde, POMPO o COMINO, NIABANG y DOMINICO-Caoba son accesiones importantes al presentar potencialidad para el suplemento en dieta de animales por el alto contenido de MS en cáscara.
- El porcentaje de MS en pulpa es mayor que en el %MS en cáscara para todas las accesiones y todos los tipos de musáceas. Lo anterior toma importancia de acuerdo con los hábitos de consumo y la relación con el %MS.

2.9 Recomendación:

- Una mayor profundización con análisis multivariados permitirán generar importantes criterios de selección para vida poscosecha, selección de nuevos materiales por características del fruto.

-
- Con base en los resultados de variables físico químicas se observa que las introducciones tipo bananito no aportan significativamente a la variabilidad poblacional.
 - Se recomienda caracterizar molecularmente estas accesiones para descartar posibles duplicados y replantear nuevas colectas que le aporten variabilidad genética al banco.
 - En los análisis de variables físicas es recomendable analizar las interacciones del indicador Relación %MS Pulpa : %MS Cascara, para determinar las contribuciones efectivas en el fruto que deben ser confirmadas con las relaciones %Pulpa y %Cascara en fresco.
 - Evaluar la acumulación de grados de calor acumulado con el fin de determinar los requerimientos térmicos que demanda cada accesión en la formación del racimo, así como otras variables climáticas, precipitación, brillo solar y humedad relativa sobre el efecto del llenado del fruto, tiempo de flor a cosecha, y materia seca acumulada entre otras variables físicas descriptivas en función de las diferentes accesiones con que cuenta el banco de germoplasma.

Bibliografía

Arcila M.I. 1997. Cambios físico químicos durante la maduración de los frutos del clon dominico harton

Arcila, M.I., Giraldo G., Belalcazar S., Cayon G., Mendez JC.1998, Comportamiento poscosecha de los platanos dominico harton y FHIA 21 en diferentes presentaciones

Arcila M.I., Giraldo G., Celis F.E., Duarte J. 2000. Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físicas y químicas durante la maduración del fruto de platano Dominico-Harton en la región cafetera central. En: Postcosecha y agroindustria del platano en el eje cafetero de Colombia. Eds. Cayon, G., Giraldo, G., Arcila M.I. Corpoica, Comité Cafeteros Quindio, UniQuindio, Asiplat, Colciencias. Armenia, Quindio, 101-132pp.

Becerra A. J.P., 1999. Caracterización fenológica del plátano Dominico (AAB). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. 88p.

Belalcazar C. S., Lozada Z. E., Valencia M, J.A., 1991.La planta y el fruto. En: El Cultivo del platano en el trópico. Eds. Belalcazar C. S., pp.43-90

Belalcázar C. S., Valencia M. J.A., Arcila P. M.I., García R. H. 1994. Evaluación de materiales comerciales de plátano y banano, bajo condiciones de la zona cafetera central. En: Mejoramiento de la producción del cultivo de plátano. Ed. Belalcazar S., Jaramillo O., Blanco *et al.*, 2009.

Caicedo A. A., Enríquez V. A.L., Rodríguez H. E., Muñoz R. O.J. 2013. Banco de germoplasma de musáceas de Colombia (Corpoica, ICA, MADR): Actividades de Investigación. II Congreso latinoamericano y del caribe de plátanos y bananos Colombia, 2013.

Castellanos G. F.J., Aguirre JCL. 2011 Caracterización física del fruto en variedades de platano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. En:

Cayon, D.G.; Giraldo G., G.; Arcila P., M.I. (eds). 2000. Postcosecha y agroindustria del platano en el eje cafetero de Colombia. Universidad del Quindio, ASIPLAT, Comité Departmental de Cafeteros de Quindio, Colciencias, Fudesco, Armenia, Colombia. 270p.

Dadzie. B.K., Orchard J.E. 1997. Evaluación rutinaria de poscosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Guía Técnica de Inibap. 2. FHIA, ODA, NRI, IPGRI, INIBAP. 76p.

Dufour, D.; Giraldo, A.; Gibert, O.; Sánchez, T.; Reynes, M.; González, A.; Fernández, A.; y Díaz, A. 2008. Propiedades físico-químicas y funcionales de los bananos de postre, plátanos de cocción y FHIA híbridos: preferencia varietal de los consumidores en Colombia. In: Borja, J. S.; Nogales, C.; Orrantía, C.; Paladines, R.; Quimi, V.; Tazan, L. (eds.). CD- Proceedings, Acorbat 2008, XVIII International Meeting, November 11-14/2008, Guayaquil, Ecuador. Pp. 33

Gilbert. O., Dufour. D., Giraldo. A., Sanchez. T., Reynes. M., Pain. J-P., Gonzalez. A., Fernandez. A., Dia A. 2009. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 1. Morphological and compositional characterization of cultivated Colombian musaceae (*Musa* sp) in relation to consumer preferences. *Journal Agriculture: Food chemistry*. 2009, (57): 7857-7889p.

Giraldo. G. 2000. Conservación e industrialización del plátano. En: Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Eds. Cayon, G., Giraldo, G., Arcila, M.I. Armenia, Quindío. Corpoica, Colciencias, Uniquindio, Asiplat y Comité de Cafeteros del Quindío. 187-178pp.

Hoyos-Leyva J.D., Jaramillo-Jiménez P.A., Dufour D., Sanchez T., Lucas Aguirre J.C. 2012. Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa* spp.) *Acta Agronómica*, 61 (3) : p. 214-229.

IPGRI-INIBAP/CIRAD. 1996. Descriptors for Banana (*Musa* spp). International Plant Resources Institute, Rome, Italy/International Network for the improvement of Banana and Lemaire (1997),

Madrigal-Ambriz, L.V., Alanís-Guzmán M.G., Justo-Bautista, M., García D.C.L., Vázquez Galindo J., Rodríguez-Pérez, M. A., Moreno, R.V.H. 2015. Producción y Caracterización Físico-química de Harinas de Bananos FHIA-17, FHIA-23 y Plátano FHIA-20, para su incorporación en panificación. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas UANL, Instituto de Ciencias Agrícolas U de Guanajuato. 9p.

Morales H., Belalcazar S., Cayon G. 2000. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico química de los frutos de cuatro clones comerciales de musáceas. En: Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Eds. Cayon, G., Giraldo, G., Arcila M.I. Corpoica, Comité Cafeteros Quindío, UniQuindío, Asiplat, Colciencias. Armenia, Quindío, 59-70 pp.

Morales O. H., Belalcazar C. S., Cayon S. G., 1998. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico química de los frutos en cuatro clones comerciales de musáceas. En: Seminario Internacional sobre producción de plátano. Armenia Quindío Colombia, 4-8 mayo 1998. Memorias Proceedings.

SAS, 2010. Statistical Analysis System. Versión 9.3 SAS Institute.

Wiliams H. J., Aristizabal L. M. 2003. Caracterización del crecimiento y producción de híbridos y cultivariedades de plátano en Colombia. INIBAP. InfoMusa - Vol. 12 - N°2

Paginas web visitadas.

<http://connection.ebscohost.com/c/articles/31551242/genetic-relationship-among-subspecies-musa-acuminata-colla-a-genome-consisting-edible-cultivated-bananas-assayed-issr-markers> (Racharmak)

http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=567127 (Hoyos-Leyva)

<http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>

<http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>

<http://www.biodiversityinternational.org/>

<http://www.biodiversityinternational.org/researchportfolio/conservation-use-of-bananas-tree-crops/banana/>

http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Musalogue__nbsp_a_catalogue_of_Musa_germplasm_131.pdf

http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Musalogue_704.pdf

http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/324caracterizacion_platano.pdf

http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/09/PROEC_AS2013_BANANO.pdf

<http://www.promusa.org/Sistema+de+nomenclatura+para+los+bananos+cultivados>

http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/27833/28079

<http://www.siembra.gov.co/>

http://www.uco.es/master_nutricion/nb/Vaclavik/almidones.pdf

https://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2010215155849_CARTILLA_Cadenas_productivas_%202009.pdf

http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Musalogue_704.pdf

https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Informe_2013_2014_Final.pdf

http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Epidemiologia-Agricola/Manuales-Tecnicos-Viveristas/Manuales/M_MUSACEAS_FT.aspx

3. Capítulo 3: Evaluación química de frutos de accesiones del banco de germoplasma de musáceas del centro de investigación Palmira de Corpoica

Resumen

La caracterización química del banco de germoplasma de musáceas del estado colombiano, se realizó sobre 60 accesiones agrupadas en plátanos (20), bananos (20), y bananitos (20), de las 185 del banco. Se emplearon los protocolos que utiliza el laboratorio de Raíces, tuberculos y bananas del CIAT para la determinación de almidones, ácidos orgánicos y azúcares, a partir de muestras de harinas y almidón de muestras tomadas a partir de racimos cosechados y procesados inicialmente en el laboratorio de calidad de frutas del CI Palmira. La información se analizó con el programa estadístico SAS. Los ANOVA confirman la variabilidad genética que hay entre tipos y accesiones de musáceas. Se registran diferencias significativas para grados Brix y %Cenizas en los tres tipos de musáceas, destacándose: VABU-02, BOCADILLO-común y SABO-02 en grados brix, así como ICO-02, SARI-10, SABO-02, SAPI-08 y ANVA-02 para %Cenizas en bananitos. Para bananos sobresalen estadísticamente: Niyarma Yik en grados brix y GROS Michel, FHIA-3436-9 y FHIA-02 en %Cenizas, con respecto a los demás materiales evaluados. En plátano, los mayores contenidos se presentaron en HARTON-Macho para %Cenizas, y en PA03-22, DOMINICO-harton común, POMPO, FHIA-21, FOUGAMU y PERRENQUE en grados brix. En almidones, los mayores contenidos de Amilopectina, con diferencias significativas fueron: BOCADILLO-alto (bananito), con 85,99%. Para bananos sobresalen: GUAYABO-B, FHIA-23, BANANO-2, NALLO-06, POYO, SEREDOW, NAKITENGWA, MYSORE, SABA y PIGMEO, con valores que fluctúan entre 80,4 y 76,6%. En plátanos, los contenidos de amilopectina se observaron en MBINDI, HAW, GAEP-1, DOMINICO mutante, NEY-POOVAN, DOMINICO-Harton-viotá, y HARTON Rojo, con porcentajes entre 76,8 y 74,2%. Los mayores contenidos para bananito se observaron en el BS209 con los mayores

contenidos de ácido Malico (21,9%), y ácido Cítrico (21,5%); ácido Succínico (NATU-10, 19,1%). En bananos difieren significativamente: para ácido Malico (NIYARMA-Yik, 18,8%), ácido cítrico (FHIA-01, 18,2%) y ácido Succínico (BANANO-2, 27,5%). En plátano, a diferencia de los otros tipos, presenta altos contenidos, significativos, de los ácidos: Oxálico (MBOUROUKOU-1, 13,6%), Malico (MAIA MAOLI Quindío, 24,6%), Cítrico (BENEDETTA, 21,3%), y Succínico (YANGAMBI, 27,7%). Las mayores concentraciones de azúcares, con diferencias estadísticas para bananito fueron para BS209: Sacarosa, 125,1%; Fructosa, 103,6%; y Glucosa, 92,8%. Los mayores contenidos, significativos, para banano se presentaron en PALEMBANG, con 70,5% de Sacarosa, y 82,3% de Glucosa. En plátano se registraron en FOUGAMÚ con 157,9% de Fructosa, y 110,3% de Glucosa. En general, se destaca la importancia de evaluar los contenidos de amilopectina, ácidos y azúcares en la colección con fines de investigación, nutrición y agroindustria.

Palabras claves: almidón, amilosa, amilopectina, ácidos orgánicos, azúcares.

Abstract

The chemical characterization of Musa germplasm bank of the Colombian state, was conducted on 60 accessions grouped in bananas (20), bananas (20) and bananitos (20) of the 185 bank. Laboratory protocols lab roots, tubers and bananas CIAT to determine starches are used, organic acids and sugars, from samples of flour and starch samples taken from grapes harvested and processed initially in the laboratory quality fruits CI Palmira. The information was analyzed using the SAS statistical software. ANOVA confirmed the genetic variability between types and accessions Musa. Significant differences for Brix and% Ash in the three types of Musa are recorded, highlighting: VABU-02, sandwich-common SABO-02 brix degrees, as well as ICO-02, SARI-10, SABO-02, SAPI- 08 and ANOVA-02% ash bananitos. To excel statistically bananas: Niyarma Yik in brix degrees and Gros Michel, FHIA-3436-9 and FHIA-02% Ash, with respect to other materials evaluados. En banana, the highest contents were presented in HARTON-Macho% Ash and in PA03-22, Dominico Harton common, Pompo, FHIA-21 and PERRENQUE FOUGAMU in degrees brix. In starches, higher content of amylopectin, with significant differences were SANDWICH-high (bananito), with 85,99%. For banana stand: GUAYABO-B, FHIA-23 BANANA-2, NALLO-06, UPPORTING, SEREDOW, Nakitengwa, Mysore, SABA and Pygmy, with values ranging between 80.4 and 76.6%. In bananas, amylopectin content were observed in MBINDI, HAW, GAEP-1 mutant DOMINICO, NEY-Poovan Dominico-Harton-Viotá and HARTON Red, with percentages between 76.8 and 74.2%. Older bananito content were observed in the BS209 with higher content of malic acid (21.9%) and citric acid (21.5%); succinic acid (NATU-10, 19.1%). In bananas differ significantly: for malic acid (Niyarma-Yik, 18.8%), citric acid (FHIA-01, 18.2%) and succinic acid (BANANA-2, 27.5%). On banana, unlike the other types, it presents high levels, significant acids: Oxalic (Mbouroukou-1, 13.6%), malic (MAIA MAOLI Quindio, 24.6%), citric (BENEDETTA, 21, 3%), and succinic (YANGAMBI, 27.7%). The highest concentrations of sugars, with statistical differences for bananito were to BS209: Sucrose 125.1%; Fructose 103.6%; and glucose, 92.8%. Older content, significant for bananas presented in Palembang, with 70.5% Sucrose and Glucose 82.3%. In banana were recorded in FOUGAMÚ with 157.9% fructose, and 110.3% glucose. In general, the importance of evaluating the contents of amylopectin, acids and sugars in the collection for research, nutrition and agribusiness stands.

Keywords: starch, amylose, amylopectin, organic acids, sugars

3.1 Introducción

Conocer los diferentes atributos de calidad para cada una de las accesiones del banco de germoplasma de musáceas del C.I. Palmira, y determinar su potencialidad con fines diferentes al consumo en postre o de cocción (Proecuador, 2014), hacen parte del valor agregado que las evaluaciones químicas pueden generar al banco de germoplasma.

Las musáceas son fuente importante de carbohidratos, en especial almidones, dentro de la dieta alimentaria de los colombianos, al ser consideradas la cuarta fuente de energía, después del maíz, arroz y trigo (FAO, 2010). Lo anterior, determina su potencialidad para el aprovechamiento en ciertos procesos industriales. Su ingestión está relacionada con la reducción del índice glicémico y prevención de algunas enfermedades además del contenido de almidón, que varía entre 50 y 60%, siendo la principal reserva alimenticia de las musáceas y en general de la mayoría de los vegetales (Torres *et al.*, 2005; Bello-Pérez *et al.*, 2006; Guilbot *et al.*, 1985; Singh *et al.*, 2005).

Poco énfasis se ha dado a la caracterización poscosecha y cualidades organolépticas de las accesiones de los BG (Dadzie y Orchard, 1997). Investigaciones realizadas en las últimas décadas, han incrementando el interés por conocer las propiedades físicas, químicas y funcionales de las harinas y almidones de musáceas (Bello *et al.*, 1999). El color es uno de los factores que inicialmente se han estudiado debido a que mejor definen la apariencia de un alimento, entre ellos, el pardeamiento enzimático de la pulpa, causado por la acción de la enzima Polifenoloxidasa (PPOs), sobre los fenoles contenidos en el fruto, causando pérdidas de calidad poscosecha, (García *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2009).

La evaluación de las características de calidad poscosecha, como sólidos solubles totales, pH, Acidez titulable y contenido de cenizas, es importante en estudios de evaluación sensorial para la selección de nuevos clones, de uso comercial, información que es útil para trabajos de mejoramiento. (Mejía *et al.*, 2013).

3.2 Estado del arte

Siendo las musáceas, banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*), componentes importantes de la dieta humana, como alimento cocido o como fruta fresca, en casi todos los países del mundo (Douglas, *et al.*, 2002). Estos productos son una excelente fuente de alimento, y en algunas regiones del mundo, como África, son el componente principal de la

dieta humana. El banano es fuente de fibra, posee bajo contenido de sodio, y es la fuente más rica de vitamina B6 y potasio lista para consumir (Chandler, 1995).

Los criterios de cosecha determinan la calidad del fruto. No obstante, no existen criterios objetivos reconocidos universalmente para determinar cuando cosechar los bananos, bananos de cocción o plátanos, según FHIA, NRI, INIBAP, IPGRI (2003). Sin embargo, en la mayoría de las plantaciones y fincas, los criterios de cosecha, pueden ser cualquiera de los siguientes: apariencia visual, angularidad de los dedos, puntas de los primeros dedos cambian color o se tornan negras, color de la cáscara y de la pulpa, firmeza de la pulpa, sólidos solubles totales, humedad y materia seca) son aspectos básicos en la determinación de la calidad de la fruta. La selección de nuevos materiales por sus características de cosecha y poscosecha se han definido tiempo atrás, brindando información que permite la comparación de materiales en el proceso de selección de nuevas variedades (Palmer, 1971, Dadzie y Orchard, 1997).

No obstante, en la actualidad se conoce que en el proceso de maduración del fruto, por ejemplo, los mayores cambios ocurren en el almidón, la acidez y los compuestos nitrogenados. El almidón se acumula hasta los 100 días flor a cosecha, de ahí se hidroliza hasta los 110 a 130 días. El contenido de azúcar aumenta desde el 1% a los 120 días hasta 4% a los 130 días, siendo la sacarosa el azúcar primario, la glucosa y la fructosa se forman después. (Palmer, 1971).

Los contenidos de agua y sólidos en plátanos son del 75 y 25% respectivamente, de los sólidos un 80% son azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa). La acidez titulable en frutos inmaduros es elevada, disminuyendo constantemente hasta los 90 a 100 días, luego decrece. El pH de la pulpa baja de 5,4 en estado preclimaterico hasta 4,5 en posclimaterico. Los principales ácidos orgánicos en la pulpa de plátano son málico, cítrico, oxálico y tartárico También se han encontrado otros ácidos como glicólico, piroglutámico y succínico en menores cantidades (Marriot y Palmer 1980). Entre el 20-25% de la pulpa del plátano verde es almidón, el azúcar en la pulpa verde es de 1 a 2% y aumenta entre 15 y 20% cuando madura, la cascara verde tiene cerca del 3% de almidón (Palmer, 1977).

3.2.1 Ácidos orgánicos, Azúcares, pH, Acidez titulable y Cenizas.

En términos generales, la composición del fruto, al momento de la cosecha, puede estar conformado por agua (66,2%), hidratos de carbono (30,7%), proteínas (1,3%), grasa (0,3%), fibra (1,1%), vitaminas y ceniza (0,8%), (Belalcazar *et al* 1991). No obstante, estudios realizados en laboratorio sobre la composición físico química del racimo de platano Dominico Harton, tabla 2-19-3, clon ampliamente difundido en la zona central cafetera, plantea la necesidad de desarrollar este tipo de investigaciones con las accesiones del banco de germoplasma (Belalcazar *et al* 1991, Cayon, *et al.*, 2000; Cayon y Bolaños, 1999; Arcila *et al.*, 2000).

Componente	Raquis Fresco	Frutos en Verde	
		Pulpa	Cascara
M.S. (%)	42	42,9	43,4
Humedad (%)	58	57,1	56,6
Almidon (%)	6	80,0	52,0
Azúcares Totales (%)	0,93	0,75	3,3
Acido Malico (%)		0,7	1,0
°Brix (%)		6,0	

Fuente: Cayon, *et al.*, 2000

Tabla 3-1-3 Composición físico química del racimo de platano Dominico Harton (Cayon, *et al* 2000)

Aunque aspectos como la época de cosecha, influye en la composición físico química del fruto, según lo reportado por Cayon *et al.*, (2000). Los cambios de mayor significancia están relacionados con: transformación del almidon en azúcar, cambio de color, proporción pulpa/cascara, firmeza de la pulpa, SST, acidez y pH, humedad en la cascara y pulpa, y producción de etileno (Palmer, 1971). Estas variables han sido estudiadas al comparar un fruto verde y uno maduro. Igualmente la identidad y concentración de los azúcares varían en los distintos frutos dependiendo de la variedad, estado de desarrollo y nutrición, según Hodson, 1996, en Cayon *et al.*, (2000). La gran mayoría de los materiales regionales y los que hacen parte del banco de germoplasma, carecen de esta información. En la actualidad se toma como información el cambio de color del apice de primeros dedos del fruto, llenado del fruto y desaparición de aristas y la formación cilíndrica del fruto (Morales, *et al.*, 1998).

Con respecto a la presencia de ácidos orgánicos en el fruto de plátano o banano, éstos son esenciales para el mantenimiento del balance del azúcar/ácido, que le confiere a los frutos un sabor agradable durante la maduración, y pueden ser considerados parte de la reserva energética del fruto ya que normalmente son degradados y convertidos en azúcar (Wills, *et al*, en Cayon *et al.*, (2000).

En plátano, la importancia de concentrar mayor cantidad de ácido málico en los frutos está relacionado como sustrato respiratorio en la síntesis de compuestos celulares. Los principales ácidos son málico, cítrico y oxálico, cuyos niveles se aumentan durante la maduración, siendo mayor el oxálico en frutos verdes, mientras que en frutos maduros es mayor el ácido málico (Palmer, 1971). En plátano, al contrario de la mayoría de los frutos, los niveles de ácidos orgánicos aumentan durante la maduración. Un ejemplo de ello es el plátano Dominico Harton que en estado verde contiene 0,7% de ácido málico y 1,5% en estado maduro (Cayon, *et al.*, (2000).

Estudios similares para otros cultivares de plátano, fueron realizados por Morales *et al.*, (1998), observando que a los 140 días después de floración, los contenidos de azúcares totales hallados fueron de 39.4% para Dominico Harton; 29.76%, para Cachaco, y 24.18% para Guineo. Así mismo, los contenidos de cenizas fueron 0.96%, en Dominico Harton, 1.05% en Guineo, y 0.90% en Cachaco.

En el año 2012, se evaluó la CCM de Fedepaltano (Hoyos-Leyva *et al*, 2012), enfocando los análisis con base en los requerimientos de la industria de frituras, y centrando la atención sobre variedades con altos contenidos de materia seca (MS%) y menores contenidos de agua. Las variedades seleccionadas demuestran menor tiempo de cocción por bajos contenidos de agua en la fruta fresca, (en el proceso de cocción el agua es desplazada por el aceite) consumiendo menor energía como lo expone Lemaitre, (1997), citado por Hoyos-Leyva (2012).

Dufour *et al* (2008) y Gilbert *et al* (2009), concuerdan con los resultados hallados por Hoyos-Leyva *et al*, (2012), con respecto a los contenidos de MS% y contenido de pulpa en 20 variables analizadas. Es un hecho reconocido que los valores de MS% están relacionados con las formas de consumo, por lo tanto los estudios anteriores reafirman que los bananos para postre tienen contenidos menores de MS que los plátanos de cocción.

3.2.2 Almidones

Es la principal fuente de almacenamiento de energía en los vegetales, ya que se encuentra en grandes cantidades en las diversas variedades como, granos de cereales, que contienen hasta el 60 y 75% de su peso seco, también está en contenido en otras especies como tubérculos, 17 a 23%; semillas de leguminosas y algunas frutas (muesáceas), La concentración varía con la especie, pero también con el estado de madurez (Atwell, 1999).

Siendo los almidones parte de la dieta humana, suministrando entre el 70 al 80% de calorías, es el polisacárido más utilizado en la industria alimentaria como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante). Está constituido por dos moléculas: amilosa y amilopectina, conectadas por uniones glicosídicas. La amilosa, cadena lineal de glucosa, es responsable de la gelificación del producto al enfriarse, permitiendo conservar la forma, moldeándose, mientras que la amilopectina, presenta cadenas muy ramificadas, y es responsable del espesamiento, sin formar gel, sin moldearse (Vaclavick, 2002; Kasemsuwan y Jane, 1994; Hizukuri *et al.*, 1981).

Para el caso de las musáceas comestibles, el carbohidrato predominante en el fruto verde es el almidon, cuyo contenido es del 48% de la MS o del 12,7% del peso fresco según Ffoulkes *et al.*, 1978, citado por Cayon *et al.*, (2000). Simmonds, (1966), indica que los platanos (AAB y ABB), contienen mayor contenido de almidon y acidos organicos que los bananos, siendo el genoma B el que da esta característica. Estudios han permitido establecer que el platano Harton contiene 23,3% de almidon (Cardeñosa, 1954). No obstante los tejidos de la cascara también contienen almidon, alrededor del 3% del peso fresco. Los platanos son cosechados en madurez fisiológica y durante la maduración disminuye el almidon y aumentan los azucares fructosa, glucosa y sacarosa (Hubbard, *et al.*, citados por Cayon, *et al.*, 2000).

Hoys-Leyva, *et al.*, (2014), evaluaron los almidones en 20 materiales suministrados por Fedeplatano (Chinchiná, Caldas), evaluando diferentes variables físico químicas inherentes al procesamiento de pulpa y obtención de almidones. Variables como gelatinización de las harinas en el RVA, viscosidad, inestabilidad del gel, fragmentación, facilidad de cocción, entre otros aspectos, permitieron destacar los materiales FHIA-17, ICAFHIA-110, Cachaco Sin Bellota, Yangambi Km3, Pisang Ceylan y África 1, como las menos susceptibles a la retrogradación, con altos valores en viscosidad. Además de estas variedades, Mbindi y

Cachaco Espermo, con mayor facilidad de cocción respecto a las demás. Son estos los primeros estudios realizados a la CCM, duplicado del banco de germoplasma de musáceas del estado colombiano.

La retrogradación de amilosa y amilopectina en dispersiones acuosas o soluciones, son de gran relevancia para la industria alimentaria, ya que son las principales razones del deterioro de los productos ricos en almidón, deterioro que se ve reflejado en cambios de textura durante su almacenamiento. (Mestres *et al.*, 1988; Salinas, *et al.*, 2003), La amilosa tiene una gran tendencia a retrogradar, por lo que es considerada la principal causa de deterioro a corto plazo. La proporción de amilosa:amilopectina y la estructura de las moléculas determinan las características reológicas y funcionales del almidón (Jane y Chen, 1992).

3.3 Planteamiento del problema

El banco de germoplasma de musáceas del estado colombiano, localizado en el C.I. Palmira de Corpoica, fue parcialmente caracterizado por métodos moleculares, requiere de la caracterización morfológica, física, y **química**, que permita cuantificar la diversidad y variabilidad genética existente, para las condiciones del CI Palmira. El desconocimiento de estos atributos de valor de opción impide iniciar procesos de investigación en mejoramiento, manejo agronómico e imposibilitando determinar las potencialidades productivas, agroindustriales y alimenticias en procesos de transformación de harinas y almidones.

3.4 Planteamiento de la hipótesis

El banco de germoplasma de musáceas del CI Palmira de Corpoica, reúne una amplia variabilidad genética con atributos químicos diferenciables que deben ser estudiados para trasladar el valor de conservación/existencia al valor de opción y utilización, cuya estimación real depende de estudios de caracterización química y la valoración de los componentes intrínsecos.

3.5 Objetivos

3.5.1 Objetivo general

Contribuir a la fenotipificación del banco de germoplasma de musáceas del Centro de Investigación Palmira de Corpoica a través de **variables químicas** con la finalidad de conocer la variabilidad genética con valor actual y potencial para promover una mayor utilización y un uso eficiente de la diversidad genética contenida en la colección.

3.5.2 Objetivo específico

- Caracterizar parcialmente las accesiones del banco de germoplasma del C.I. Palmira a través de variables químicas que permitan diferenciar accesiones por su composición química.
- Cuantificar la diversidad genética entre accesiones del banco de germoplasma de musáceas del C.I. Palmira, utilizando variables químicas medibles para establecer el número mínimo de variables capaces de cuantificar la diversidad entre las accesiones.
- Contribuir a la validación de la composición de la variabilidad genética expresada a través de variables químicas como base del premejoramiento de musáceas.

3.6 Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en las instalaciones del Centro de Investigación Palmira de Corpoica. Ver ítem 1.6.1, (Localización); 1.6.2. (Selección de accesiones del banco de germoplasma); 1.6.3. (Diseño estadístico); y 1.6.4. (Manejo agronómico), pues este capítulo comparte los mismos aspectos descritos para los capítulos anteriores de donde se tomaron las muestras para desarrollar los análisis de laboratorio en las instalaciones de Corpoica y del CIAT.

La evaluación química del banco de germoplasma de musáceas se realizó para 60 accesiones de las cuales 20 fueron de plátano, 20 de banano y 20 de bananitos.

3.6.1 Evaluación química

Los análisis se realizaron a partir de 60 muestras tomadas del banco de germoplasma de musáceas del CI Palmira, 20 de plátano, 20 de banano y 20 de bananito. Las harinas fueron procesadas en el laboratorio de Corpoica CI Palmira, siguiendo la metodología de Dadzie y Orchard (1997) difundidas por FHIA e INIBAP. A continuación se hace una breve descripción de la metodología empleada. Todas las muestras fueron analizadas para determinar pH, °Brix, acidez titulable y %Cenizas.

Siguiendo los protocolos del laboratorio de Raíces, tubérculos y bananos del CIAT, bajo la coordinación del Dr. Dominique Dufour, se realizaron las determinaciones para almidones (Amilosa y Amilopectina), ácidos orgánicos (málico, Cítrico, Oxálico, Cis-Aconítico, Trans-Aconítico, Succínico y Fumarico), y azúcares (Rafinosa, Sacarosa, Glucosa, y Fructosa).

- **Preparación de la muestra:** Se utilizaron racimos del banco de germoplasma de Musáceas. Se licuaron 30 g. de pulpa en 90 ml de agua destilada, por 2 min. La mezcla final fue filtrada para la evaluación de los grados brix siguiendo la guía técnica INIBAP (Dadzie y Orchard, 1997).
- **Sólidos Solubles Totales (SST):** el contenido de SST se realizó con refractómetro digital (PAL-1) expresados como grados Brix (°Brix). Los SST están compuestos por azúcares, ácidos, sales, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Los azúcares forman el principal componente de los SST, expresando el % de azúcar en la muestra.
- **°Brix:** los grados brix se tomaron directamente con refractómetro digital, colocando una gota en suspensión de la muestra, diluida en proporción 1:1, por lectura directa.
- **pH:** La acidez o alcalinidad de una muestra, se determinó utilizando un potenciómetro modelo 744 meter metrohm.
- **La acidez:** se obtuvo por titulación con reacción ácido base. Los resultados se expresaron en gamos de ácido málico/100gr pulpa.
- **Contenido de ceniza (%):** Se obtuvo mediante la diferencia de peso fresco y seco después de someter la muestra a 600°C en una mufla. Este método analítico estima el contenido de material mineral presente en la muestra incluyendo metales, sales y trazas de elementos minerales. Los datos se obtuvieron según metodología de guía técnica INIBAP (Dadzie *et al.*, 1997).

Todas las variables fueron determinadas sobre pulpa verde obtenida de racimos en madurez de cosecha. La investigación se realizó bajo el diseño de BCA con base en el diseño de siembra en campo. Consta de cinco repeticiones, tres unidades por accesión por repetición y bloqueo de acuerdo al terreno en donde se encuentra establecido el banco. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.3 (SAS Institute, 2010).

3.6.2 Variables de almidón

Se utilizaron racimos de 60 accesiones del Banco de Germoplasma de Musáceas, establecido en CORPOICA Centro de Investigación Palmira, Valle del Cauca.

- **Preparación de las muestras.** Para la cosecha se observaron los frutos hasta que las aristas de estos se redujeran y el color verde de la primera mano iniciara con una tonalidad amarilla (cercano al índice de cosecha en verde), según la guía técnica INIBAP (Dadzie y Orchard, 1997).
- **Obtención de las Harinas:** se utilizó pulpa de la segunda mano del racimo, cortada en rodajas y secada en horno a 40°C, por 72 horas, siguiendo protocolo de Dufour *et al.* (2009).
- **Extracción del Almidón:** Se empleó la metodología reportada por Dufour *et al.* (2009). Pulpa de la segunda mano del racimo fue licuada durante un minuto, tamizada con agua destilada y el almidón fue separado en una centrifuga a 7.000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente en varios lavados del producto. El almidón fue secado en horno a 40°C durante 48 horas, empacado y conservado en cuarto frio a 7°C.
- **Análisis químico de almidon, acidos organicos y azucares:** los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de raíces, tuberculos y bananas del CIAT, bajo la coordinación del Dr. Dominique Dufour, siguiendo la metodología desarrollada por: Dufour *et al.*, (2013); y evaluada por Gilbert *et al.*, (2009); Hoyos-Leyva *et al.*, (2012). La metodología desarrollada fué: a partir de un racimo en madurez fisiológica con primeros síntomas visibles de maduración, se tomó la mano², se retiraron los dedos, se picó la pulpa, se pesó, almacenó a 0-10°C, la pulpa se licuó en agua destilada, se filtró en tamiz calibre 200-270 mesh para separar fibras y semillas, se dejó en reposo 8-12 horas para decantar el almidon, retirando el sobrenadante por

centrifugación a 7000 rpm por 10-15 minutos a 25°C, el almidón obtenido se colocó en horno a 40°C por 48 horas, para finalmente llevarlo al laboratorio de análisis de amilosa y amilopectina.

- **Análisis químicos de harinas:** se realizaron procedimientos de laboratorio por parte del CIAT generando datos o registros para ácidos orgánicos y azúcares. Los resultados fueron presentados en % para los ácidos orgánicos (Oxálico, Cis-aconítico, cítrico, málico, Trans-aconítico, succínico, y fumárico), y de azúcares (Rafinosa, Sacarosa, Glucosa y Fructosa).
- **Análisis de datos:** Todos los resultados fueron sometidos a análisis de varianza ANOVA y las diferencias estadísticas por el rango múltiple de medias a través de la prueba de Tukey ($P < 0,01$).

3.7 Resultados y discusión

3.7.1 Análisis de variabilidad de descriptores

La tabla 3-2-3 presenta el análisis de varianza ANOVA para variables químicas acidez, pH, °brix y %Ceniza, tomando como fuente de variación las accesiones, el bloque y repeticiones. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R^2 y el coeficiente de variación CV% para cada variable.

Bananito

Fuente de Variación	de	Acidez	pH	°Brix	Ceniza
Accesión		**	**	**	**
Bloque		**	NS	NS	**
Repetición		NS	NS	NS	NS
R^2		0,72	0,46	0,58	0,67
CV		42,01	5,88	21,62	15,94

Banano

Accesión		**	**	**	**
Bloque		**	**	**	NS
Repetición		NS	NS	NS	NS
R^2		0,56	0,44	0,73	0,54
CV		40,39	6,19	20,92	20,94

Plátano

Accesión		**	**	**	**
Bloque		**	**	NS	NS
Repetición		NS	NS	NS	NS
R^2		0,88	0,67	0,75	0,71

CV 33,45 6,02 23,29 17,95

** Diferencia estadística altamente significativa (P<0,01); * Diferencia estadística significativa (P<0,05); NS Diferencia estadística no significativo; CV Coeficiente de Variación.

Tabla 3-2-3 Resumen del análisis de varianza, por tipo de musáceas, para variables químicas evaluadas en el germoplasma del C.I. Palmira.

El análisis de varianza (Tabla 3-2-3), corrido en el paquete estadístico SAS para las variables químicas del germoplasma presentó diferencias estadísticas altamente significativas para los tres tipos (bananito, banano y plátano), para todas las variables evaluadas, indicando que por lo menos una de las accesiones en cada tipo, presento valores diferentes en acidez, pH, °Brix y %Ceniza. Se determinaron coeficientes de regresión para los tres tipos de musáceas, en los descriptores Acidez, pH, °Brix y Cenizas. Las accesiones tipo plátano mostraron las mejores regresiones para las variables evaluadas, indicando que éstas variables están íntimamente relacionadas con la variabilidad genética evaluadas a través de la prueba ANOVA.

El coeficiente de variación, %CV, para Acidez, observado en los tres tipos de musáceas fue superior frente a las demás variables evaluadas. La variación puede provenir de registros de diferentes cosechas desfasadas en el punto de madurez fisiológica (inadecuado llenado del fruto al momento de cosecha, desconocimiento del punto óptimo de madurez), cambios ambientales que afectaron el desarrollo y época de cosecha, y por ultimo posibles mutaciones al interior de cada accesión replicada en los diferentes bloques.

Acidez/Bananito				pH/Bananito			
No.	Nombre de accesión	Media	Tuk ey	No.	Nombre de accesión	Media	Tuk ey
1	NARI-01	0,034	e	1	SABO-02	4,800	d
2	VAPA-01	0,038	e	2	VAPA-03	4,850	cd
3	BOCAD. CHOCO	0,043	e	3	BOCADILLO-COMUN	4,900	bcd
4	NATU-09	0,043	e	4	SAPI-08	4,910	bcd
5	ANVA-03	0,044	e	5	SAVE-07	5,190	abcd
6	NATU-08	0,045	e	6	BOCADILLO-ALTO	5,230	abcd
7	PISANG-MAS	0,045	e	7	ICO-03	5,280	abcd
8	ICO-02	0,046	e	8	SABO-04	5,300	abcd
9	NATU-07	0,047	e	9	VAPA-02	5,305	abcd
10	VABU-01	0,050	e	10	NATU-10	5,307	abcd

°Brix/Bananito				Cenizas/Bananito			
1	VABU-02	6,700	a	1	ICO-02	1,577	a
2	BOCADILLO-COMÚN	6,400	ab	2	SARI-10	1,565	ab
3	SABO-02	6,113	abc	3	SABO-02	1,468	ab
4	ICO-03	5,400	bcd	4	SAPI-08	1,433	abc
5	SAVE-07	5,325	bcd e	5	ANVA-02	1,427	abc
6	VAPA-02	5,250	bcd ef	6	NALLO-05	1,323	bcd
7	SAPI-09	5,186	cdef	7	SAVE-07	1,320	bcd e
8	ANVA-01	5,111	def	8	SAPI-09	1,252	cde
9	NARI-02	4,950	defg	9	NATU-09	1,248	cde
10	SABO-05	4,567	defg	10	SABO-03	1,197	cdef

Tabla 3-3-3. Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables químicas en accesiones de bananito en el CI Palmira.

El agrupamiento por prueba de medias de Tukey indica que las diez accesiones con menor porcentaje de acidez y pH, no difieren estadísticamente entre ellas, a diferencia de las variables °Brix y %Cenizas (Tabla 3-3-3). Las accesiones VABU-02, BOCADILLO COMÚN y SABO-02 reportan el mayor contenido de °Brix y difieren significativamente de las demás accesiones. Para el porcentaje de cenizas las accesiones ICO-2, SARI-10, SABO-02, SAPI-08 y ANVA-02 registran los mayores promedios con diferencias estadísticas significativas con respecto al resto de accesiones evaluadas. Estos materiales constituyen potencial agroindustrial por sus altos contenidos de Brix y cenizas en verde o inmaduro.

Acidez/Banano				pH/Banano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	PALENBANG	0,047	d	1	SEREDOW	4,840	c
2	TUU-GIA	0,050	d	2	GROS-MICHEL-COMUN	4,890	bc
3	PAHANG	0,051	d	3	ESPLENDOR	4,940	bc
4	FHIA-343	0,052	d	4	GRAN-ENANO	5,090	bc
5	VALERY	0,055	d	5	GUAYABO-A	5,090	bc
6	BANANO-2	0,055	d	6	YANGAMBI	5,140	abc
7	BANANO-INDIO	0,056	d	7	GROS_MICHEL-ENANO	5,140	abc
8	MYSORE	0,057	d	8	SABA	5,140	abc
9	SEDA	0,059	d	9	IC-2	5,170	abc
10	VABU-04	0,060	d	10	BANANO-CHICO	5,170	abc

°Brix/Banano				Cenizas/Banano			
1	NIYARMA-YIK	7,263	a	1	GROS-MICHEL-ENANO	1,708	a
2	GUAY.-ROJO-ESPL.	5,300	b	2	FHIA-3436-9	1,481	ab
3	GROS-MICHEL-ENANO	5,267	b	3	FHIA-2	1,440	abc
4	GRAN-ENANO	5,100	bc	4	NALLO-06	1,360	bcd
5	BANANO-RED-1	4,500	bc	5	PALEMBANG	1,347	bcd
6	GROS-MICHEL-COMUN	4,400	bc	6	VALERY	1,300	bcde

7	SEREDOW	4,357	bc	7	PIGMEO	1,289	bcde
8	GROS-MICHEL-COCOS	4,343	bc	8	GUAY.-ROJO-“ESPL.	1,243	bcde
9	SABA	4,309	bc	9	MYSORE	1,171	cde
10	PISANG-BERLING	4,200	bcd	10	NIYARMA-YIK	1,152	cde

Tabla 3-4-3. Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables químicas en accesiones de banano en el CI Palmira.

En la prueba de Tukey, para las accesiones tipo banano (Tabla 3-4-3), en las variables Acidez y pH se muestran las 10 accesiones con menor valor, sin diferencias significativas entre ellas. En las variables °Brix y %Cenizas si se reportan diferencias significativas. La accesión NIYARMA YIK presenta el mayor contenido de °Brix y difiere significativamente de las demás accesiones de banano. El mayor porcentaje de cenizas se obtuvo en las accesiones GROS MICHEL ENANO, FHIA-3436-9, FHIA-02, con diferencias estadísticas significativas con respecto al resto de accesiones evaluadas. Estos materiales tipo banano constituyen, igualmente, potencial agroindustrial por sus altos contenidos de °Brix y cenizas en estado de fruto verde.

Acidez/Plátano				pH/Plátano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	DOMINICO-HARTON-TUMACO	0,025	h	1	DOMINICO-HARTON-COMUN	4,546	o
2	AMOU-ROJO	0,030	h	2	DOMINICO-HARTON-ROJO	4,690	o
3	AMOU-VERDE	0,030	h	3	KWA	4,733	no
4	HARTON-CUBANO	0,030	h	4	PA-03-22	4,927	mno
5	NIABANG	0,030	h	5	MBINDI	4,960	lmno
6	HARTON-MACHO	0,033	gh	6	DIBI	5,130	lmno
7	HARTON-ROJO-DEL-META	0,033	gh	7	HAW	5,140	lmno
8	DOMINICO-HARTON-VIOTA	0,034	gh	8	MARITU	5,180	hilmno
9	HARTON-BIRRACIMO	0,034	gh	9	DOMINICO-GUAICOSO	5,186	hilmno
10	HARTON-COMUN	0,080	gh	10	POMPO-O-COMINO	5,200	ghilmno
°Brix/Plátano				Cenizas/Plátano			
1	PA-03-22	7,575	a	1	HARTON-MACHO	2,357	a
2	DOMINICO-HARTON-COMUN	7,200	ab	2	MAIA-MAOLI-QUINDIO	1,896	b
3	POMPO-O-COMINO	6,600	abc	3	FIGUE-FAMILIE	1,778	bc
4	FHIA-21	6,300	abc	4	HARTON-DEL-META	1,737	bcd
5	FOUGAMU	6,300	abc	5	MBOUROU-KOU-1	1,690	bcde
6	PERRENQUE	6,300	abc	6	DOMINICO-HARTON-COMUN	1,663	bcdef
7	BENEDETTA	6,000	bc	7	DOMINICO-GUAICOSO	1,637	bcdef
8	DIBY	5,275	cd	8	DOMINICO-MOCHO	1,576	cdef
9	PV-0344	5,180	cd	9	DOMINICO-HARTON-VIOTA	1,523	cdefg
10	KWA	5,100	cde	10	DOMINICO-NEGRO	1,470	cdefgh

Tabla 3-5-3. Agrupamiento por prueba de medias de Tukey para variables químicas en accesiones de plátano en el CI Palmira

Para las accesiones tipo plátano (Tabla 3-5-3), la prueba de Tukey, arroja resultados similares a los encontrados en los demás tipos con respecto a las variables Acidez y pH. En las variables °Brix y %Cenizas si se reportan diferencias significativas. Las accesiones PA-03-22, DOMINICO-HARTON-COMUN, POMPO-O-COMINO, FHIA-21, FOUGAMU Y PERRENQUE presentan el mayor contenido de °Brix y difieren significativamente de las demás accesiones de plátano. El mayor porcentaje de cenizas lo reporta la accesión Hartón Macho con diferencias estadísticas significativas con respecto al resto de accesiones evaluadas. Estos materiales tipo plátano constituyen, de manera similar a los anteriores tipos, potencial agroindustrial por sus altos contenidos de °Brix y cenizas en estado de fruto verde.

3.7.2 Variables de almidón

El análisis de las muestras de harinas y almidones fue realizado en el laboratorio de raíces, tubérculos y bananos del CIAT, bajo la dirección del Dr. Dominic Dufour, en donde se analizaron un total de 60 muestras, discriminadas por tipo de musáceas, 20 para bananito, 20 de banano y 20 de plátano, con un diseño estadístico completamente al azar CAA, con dos bloques y un máximo de cuatro repeticiones por proceso. El análisis estadístico se realizó con el programa SAS (Tabla 3-6-3).

Fuente de Variación	Bananito		Banano		Plátano	
	Amilopectina (%)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)	Amilosa (%)
Accesión	**	**	**	**	**	**
Repetición	NS	NS	NS	NS	*	*
R2	0,88	0,88	0,89	0,89	0,88	0,88
CV	2,8	7,05	2,49	7,01	2,22	5,21

Tabla 3-6-3 Resumen del análisis de varianza para variables de almidón en germoplasma de musáceas de Corpoica C.I. Palmira

El ANOVA (Tabla 3-6-3), para las dos variables más importantes en el análisis de almidón (amilosa y amilopectina), registró diferencias estadísticas altamente significativas entre accesiones para los tres tipos de musáceas. Se observó un alto coeficiente de determinación R^2 superior a 80% para las dos componentes del almidón analizados: Lo anterior, permite afirmar que el modelo estadístico utilizado es confiable conforme a los datos obtenidos en laboratorio. Así mismo el análisis del coeficiente de variación %CV refleja mayor precisión para la variable de respuesta amilopectina para todos los tipos de musáceas evaluados.

La Tabla 3-7-3 describe los resultados de la prueba de rangos múltiples de Tukey demostrando que de las 20 accesiones analizadas, difiere estadísticamente de las demás con respecto al contenido de Amilopectina, BOCADILLO ALTO con 85.99%, mientras que las accesiones que se destacan estadísticamente por sus valores de medias diferentes significativamente por su contenido de Amilosa son: SAVE-07 (33,8%), VAPA-01 (33,3%), VABU-02 (31,9%), SABO-05 (31,7%), BS-209 (31,7%), SAPI-08 (31,4%), NATU-10 (30,5%), ANVA-03 (30,4%), NARI-01 (29,9%) y ANVA-02 (29,7%).

Amilopectina (%) / Bananito				Amilosa (%) / Bananito			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	BOCA-ALT	85,99	a	1	SAVE-07	33,75	a
2	BOCA-CHI	77,63	b	2	VAPA-01	33,34	ab
3	BOCA-COM	76,20	bc	3	VABU-02	31,94	abc
4	NARI-02	74,53	bcd	4	SABO-05	31,72	abc
5	SAVE-06	73,83	bcde	5	BS-209	31,67	abc
6	SABO-02	73,35	bcdef	6	SAPI-08	31,36	abcd
7	SABO-01	72,63	bcdef	7	NATU-10	30,49	acde
8	ICO-03	72,44	bcdef	8	ANVA-03	30,43	abcde
9	REST-01	72,34	bcdef	9	NARI-01	29,91	abcdef
10	SABO-04	72,18	bcdef	10	ANVA-02	29,66	abcdef
19	ANVA-02	70,33	dfhi	19	SABO-04	27,82	cdefg
20	NARI-01	70,09	defghi	20	REST-01	27,66	cdfeg
21	ANVA-03	69,57	efghi	21	ICO-03	27,55	cdefg
22	NATU-10	69,51	efghi	22	SABO-01	27,36	cdefg
23	SAPI-08	68,64	fghi	23	SABO-02	26,65	defgh
24	BS209	68,33	ghi	24	SAVE-06	26,16	efgh
25	SABO-05	68,28	ghi	25	NARI-02	25,46	fgh
26	VABU-02	68,06	ghi	26	BOCA-COM	23,80	gh
27	VAPA-01	66,66	hi	27	BOCA-CHI	22,36	h
28	SAVE-07	66,25	i	28	BOCA-ALT	14,00	i

Tabla 3-7-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de almidón en germoplasma de bananito de Corpoica C.I. Palmira

Para el tipo banano, se observa en la Tabla 3-8-3 que el agrupamiento por separación de medias de Amilopectina en la prueba de Tukey, difieren estadística y significativamente las accesiones: GUAYABO-B (80,4%), FHIA-23 (79,5%), BANANO-2 (78,8%), NALLO-06 (78,5%), POYO (78,5), SEREDOW (78,0%), NAKITENG (77,4%), MYSORE (77,0%), SABA (76,7%), PIGMEO (76,7%). El comportamiento para Amilosa en el tipo banano, con el criterio de agrupamiento anterior, son: GUINEO-NEGRO (32,2%), PALEMBAN (32,1%), BANANO-RED (32,0%), GUAYABO-A (32,0%), YANGAMBI KM5 (31,6%), FHIA-02 (30,0%), GUAYABO-RAYADO (28,7%), BANANO-COMESANTAO (28,6%) y TAFETAN-(28,0%),

Amilopectina(%) / Banano				Amilosa(%) / Banano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	GUAYABO-B	80,38	a	1	GUINEO-N	32,18	a
2	FHIA-23	79,48	ab	2	PALEMBAN	32,09	a
3	BANANO-2	78,77	ab	3	BANANO RED	31,99	a
4	NALLO-06	78,46	ab	4	GUAYABO-A	31,99	a
5	POYO	78,45	ab	5	YANGAMBI	31,62	ab
6	SEREDOW	77,98	ab	6	FHIA-2	29,96	abc
7	NAKITENGUA	77,41	abc	7	GUA-RAYA	28,65	abcd
8	MYSORE	76,97	abcd	8	BANANO-C	28,55	abcd
9	SABA	76,72	abcd	9	TAFETAN-	27,99	abcde
10	PIGMEO	76,63	abcde	10	FHIA-1	27,59	bcdef
19	FHIA-1	72,41	egfhi	19	PIGMEO	23,36	ifghij
20	TAFETAN-	72,00	fghij	20	SABA	23,27	ghij
21	BANANO-C	71,45	ghij	21	MYSORE	23,03	ghij
22	GUA-RAYA	71,35	ghij	22	NAKITENG	22,58	hij
23	FHIA-2	70,03	hij	23	SEREDOW	22,02	ij
24	YANGAMBI	68,37	ij	24	POYO	21,54	ij
25	BAN-RED-	68,01	j	25	NALLO-06	21,53	ij
26	GUAY-A	68,01	j	26	BANANO-2	21,22	ij
27	PALEMBAN	67,91	j	27	FHIA-23	20,51	ij
28	GUINEO-N	67,81	j	28	GUAYA-B	19,62	j

Tabla 3-8-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de almidón en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira

La Tabla 3-9-3, registra el agrupamiento para plátanos evaluados por su contenido de Amilopectina (%), diferenciándose estadísticamente: M-BINDI (76,8%), HAW (76,2%), GAEP-1 (75,6%), DOMNICO-MUTANTE (75,4%), NEY-POOVAN (75,1%), HIBRIDO- (74,7%), DOMINICO-HARTON-VIOTÁ (74,2%), HARTON-ROJO (74,2). En igual sentido se pudo establecer entre las accesiones tipo plátano se destacan por su alto contenido de

Amilosa: CACHACO-SIN BELLOTA (37,2%), CURRARE-ENANO (36,7%), CACHACO-ENANO (35,9%), DOMINICO-ANCUYANO (34,9%) y CACHACO-COMUN (34,5%).

Amilopectina(%) / Plátano				Amilosa(%) / Plátano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	MBINDI	76,82	a	1	CACHA-SB	37,19	a
2	HAW	76,22	ab	2	CURRARE-	36,73	ab
3	GAEP-I	75,61	abc	3	CACH-ENA	35,89	abc
4	DOM-MUTA	75,35	abcd	4	DOM-ANCU	34,93	abcd
5	NEY-POOV	75,07	abcde	5	CACH-COM	34,47	abcde
6	HIBRIDO-	74,68	abcdef	6	HART-PEP	33,75	bcdef
7	D-HAR-VI	74,17	abcdefg	7	LIFONGO-	33,71	bcdef
8	HART-ROJ	74,16	abcdefg	8	FOUGAMU	33,22	cdefg
9	NAINE-¾	73,26	bcdefgh	9	MAIA-QUI	32,70	cdefh
10	PERRENQU	73,00	bcdefghi	10	DO-MAQUE	32,57	cdefh
44	POMPO-O-	72,76	bcdefghi	44	PERRENQU	27,00	pqrstuv
45	DO-MAQUE	67,42	pqrstu	45	NAINE-¾	26,73	pqrstuv
46	MAIA-QUI	67,29	pqrstu	46	HART-ROJ	25,84	qrstuvw
47	FOUGAMU	66,77	qrstu	47	D-HAR-VI	25,83	qrstuvw
48	LIFONGO-	66,29	rstuv	48	HIBRIDO-	25,32	rstuvw
49	HART-PEP	66,24	rstuv	49	NEY-POOV	24,93	stuvw
50	CACH-COM	65,53	stuvw	50	DOM-MUTA	24,65	tuvw
51	DOM-ANCU	65,06	tuvw	51	GAEP-I	24,39	uvw
52	CACH-ENA	64,11	uvw	52	HAW	23,77	vw
53	CURRARE-	63,27	vw	53	MBINDI	23,18	w

Tabla 3-9-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de almidón en germoplasma de bananito de Corpoica C.I.Palmira

Al comparar los tres tipos de musáceas analizadas para los dos componentes del almidón contenido en ellos, se observa que los mayores valores de Amilopectina se encuentran en un material de bananito BOCADILLO ALTO con 85,99%, seguido de seis materiales de banano (entre 80,4 y 78%). Las accesiones tipo plátano evaluadas inician con 76,8% como el valor más alto entre las accesiones para este tipo. Es destacable que las mayores concentraciones de amilopectina sobresalen los bananos con los mayores valores entre los tres tipos. Opuesto a lo observado en los contenidos de amilopectina, son los valores de amilosa los cuales se concentran principalmente en los tipo platano, en especial en el

subgrupo Bluggoe con las tres accesiones de CACHACO (común, espermo y sin bellota), junto a CURRARE ENANO, DOMINICO ANCUYANO y HARTON PEPO, con valores estadísticamente diferentes a las demás accesiones con porcentajes entre 37,2% de amilosa.

3.7.3 Variables de ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos presentes en la fruta de los tres tipos de musáceas evaluadas, (Tabla 3-10-3, Tabla 3-11-3, Tabla 3-12-3), contribuyen grandemente a la calidad poscosecha, ya que el sabor es principalmente un balance entre los contenidos de azúcar y de acidez, por lo tanto, la estimación poscosecha de acidez titulada que refleja la composición de los ácidos orgánicos, es importante en la evaluación del sabor de la fruta. En tal sentido, al estudiar los contenidos de ácidos orgánicos presentes en los tres tipos de musáceas expresados en las Tablas mencionadas anteriormente, se observa que se registran diferencias estadísticas altamente significativas al interior de las accesiones para los tres tipos.

Bananito							
Fuente de Variación	Ácido Oxálico	Acido Cis-aconítico	Ácido cítrico	Ácido málico	Acido Trans-aconítico	Ácido succínico	Ácido fumárico
Accesión	**	**	**	**	**	**	**
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99
CV	1,79	6,79	1,34	2,66	9,87	2,43	4,09
Banano							
Accesión	**	**	**	**	**	**	**
Repetición	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R2	0,91	0,85	0,99	0,90	0,97	0,97	0,98
CV	47,7	24,53	4,58	19,28	18,72	10,79	11,18
Plátano							
Accesión	**	**	**	**	**	**	**
Repetición	**	NS	NS	NS	NS	NS	**
R2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99
CV	3,94	6,20	2,24	2,59	9,03	3,29	4,80

Tabla 3-10-3 Resumen del análisis de varianza para ácidos orgánicos Corpoica C.I. Palmira

Los coeficientes de determinación R^2 expresan un ajuste elevado por encima del 90% para la mayoría de los ácidos orgánicos evaluados, a excepción del ácido cis-aconítico para banano con R^2 : 85%. De igual manera se observa que este ácido presenta el mayor coeficiente de variación entre todos los valores hallados (CV:24,5%), seguido del ácido málico con R^2 : 0,90 y CV:19,3% en bananos. Lo anterior significa que estos dos ácidos presentaron los menores ajustes de la variabilidad observada frente a la esperada, no obstante no afecta la sensibilidad del modelo estadístico.

La Tabla 3-10-3 expresa las diferencias estadísticas significativas agrupadas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey, demostrando que las accesiones que difieren de las demás accesiones para el tipo bananito son: Ácido oxálico, NATU-10, (5,68); Ácido cis-aconítico, SABO-01 (0,55); Ácido cítrico, BS-209 (21,51); Ácido málico, BS-209 (21,89); Ácido trans-aconítico, REST-01 (0,23) y NATU-09 (0,22); Ácido succínico, NATU-10 (19,13); Ácido fumárico, NATU-08 (0,37) y SABO-02 (0,36).

Ácido oxálico (%) / Bananito				Ácido cis-aconítico (%) / Bananito			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	NATU-10	5,68	a	1	SABO-01	0,55	a
2	SAVE-06	4,90	b	2	ICO-03	0,26	b
3	SABO-03	4,74	c	3	ANVA-02	0,26	b
4	SABO-02	4,37	d	4	BS209	0,24	bc
5	NATU-08	4,04	e	5	NARI-02	0,23	cd
6	PISANG-M	3,79	f	6	SAPI-08	0,22	de
7	REST-01	3,30	g	7	ANVA-03	0,21	e
8	NARI-01	3,02	h	8	NATU-09	0,20	e
9	VAPA-02	3,01	h	9	NATU-07	0,17	f
10	VABU-02	2,47	i	10	SABO-04	0,17	gf
19	ICO-03	0,95	q	19	SARI-10	0,11	i
20	BS209	0,65	r	20	NARI-01	0,10	i
21	NATU-07	0,58	r	21	NATU-08	0,08	j
22	VABU-03	0,50	s	22	VAPA-01	0,08	j
23	BOCA-CHI	0,36	t	23	SABO-05	0,07	j
24	NARI-02	0,34	t	24	NATU-10	0,00	k
25	SABO-01	0,24	u	25	SABO-02	0,00	k
26	SAPI-08	0,00	v	26	PISANG-M	0,00	k
27	SABO-04	0,00	v	27	SAVE-06	0,00	k
28	ANVA-02	0,00	v	28	SABO-03	0,00	k
Acido Citrico / Bananito				Acido Malico / Bananito			
1	BS209	21,51	a	1	BS209	21,89	a
2	ANVA-02	18,98	b	2	SAPI-08	13,39	b
3	BOCA-ALT	16,94	c	3	SABO-05	12,06	c
4	SAPI-08	16,48	d	4	ANVA-02	11,52	d
5	SABO-05	15,24	e	5	NATU-09	8,75	e
6	ICO-03	11,61	f	6	VABU-02	8,35	fg

7	SARI-10	10,99	g	7	SABO-03	8,11	fg
8	BOCA-COM	10,97	g	8	BOCA-COM	7,93	g
9	NATU-09	10,40	h	9	SABO-02	7,55	hi
10	VAPA-01	9,92	j	10	SAVE-06	7,47	hi
19	VAPA-02	6,33	no	19	REST-01	4,74	n
20	NALLO-05	6,27	no	20	ANVA-03	4,60	n
21	SABO-02	6,04	o	21	NATU-08	4,53	n
22	SABO-04	5,54	p	22	NATU-10	3,55	o
23	NARI-01	5,14	q	23	NATU-07	3,33	o
24	NATU-08	4,68	r	24	NARI-01	3,18	op
25	NATU-10	4,10	s	25	NALLO-05	2,82	p
26	NATU-07	3,31	t	26	SABO-04	2,07	q
27	SABO-03	2,82	u	27	VAPA-02	1,96	q
28	SABO-01	0,00	v	28	VABU-03Succinico	1,78	q
Acido Trans-aconitico				Acido Succinico / Bananito			
1	REST-01	0,23	a	1	NATU-10	19,13	a
2	NATU-09	0,22	a	2	PISANG-M	18,54	b
3	VAPA-02	0,18	b	3	SABO-05	17,78	c
4	PISANG-M	0,16	bc	4	VAPA-01	17,65	c
5	BS209	0,15	cd	5	NATU-09	16,86	d
6	VAPA-01	0,13	de	6	REST-01	16,29	e
7	SABO-05	0,13	de	7	ICO-03	11,49	f
8	SAPI-08	0,13	de	8	NALLO-05	11,21	fg
9	NATU-10	0,11	ef	9	VAPA-02	11,13	fg
10	SABO-04	0,11	ef	10	VABU-02	10,74	g
19	SARI-10	0,07	hi	19	SARI-10	7,62	kl
20	ANVA-03	0,05	ij	20	ANVA-03	7,15	lm
21	NARI-02	0,05	ij	21	BOCA-ALT	7,08	m
22	BOCA-ALT	0,05	ij	22	ANVA-02	7,05	m
23	BOCA-CHI	0,05	ij	23	BOCA-COM	6,78	mn
24	NATU-08	0,04	j	24	SABO-02	6,70	mn
25	BOCA-COM	0,03	j	25	NARI-02	6,33	no
26	NATU-07	0,03	j	26	SABO-04	6,26	no
27	SABO-02	0,03	j	27	NATU-08	5,85	o
28	SABO-01	0,00	k	28	NATU-07	3,73	p
Ácido fumárico(%)/ Bananito							
1	NATU-08	0,37	a				
2	SABO-02	0,36	a				
3	NARI-01	0,34	b				
4	SABO-01	0,32	bc				
5	NALLO-05	0,32	bc				
6	BOCA-COM	0,31	cd				
7	SARI-10	0,30	de				
8	SAVE-07	0,29	e				
9	NATU-10	0,25	f				
10	SAVE-06	0,22	g				
19	ICO-03	0,12	ij				
20	VAPA-02	0,10	jk				
21	SAPI-08	0,10	jk				
22	SABO-05	0,10	k				
23	VAPA-01	0,10	k				
24	ANVA-02	0,07	l				
25	NATU-07	0,06	l				
26	NATU-09	0,06	l				
27	SABO-04	0,05	l				

28	VABU-03	0,00	m	
----	---------	------	---	--

Tabla 3-11-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de ácidos orgánicos en germoplasma de bananito de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios en miligramo de ácido/gramo B.S. de harinas

Diferencias significativas agrupadas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey, fueron observadas en los análisis de laboratorio para ácidos orgánicos en los tipo banano (Tabla 3-11-3), demostrando que las accesiones que difieren estadísticamente de las demás accesiones para cada ácido evaluado, para Ácido oxálico, DWARF CAVENDISH, (3,53) y FHIA-23 (2,79); Ácido cis-aconítico, FHIA-01 y BANANO RED, 0.35 y 0.29 respectivamente; Ácido cítrico, FHIA-01 (18.15), BANANO CHICO (18.11) y FHIA-02, (17.68); Ácido málico, NIYARMA YIK, (18.88); Ácido trans-aconítico, BANANO-2, GUAYABO A, GUINEO NEGRO, con 0.35, 0.32 y 0.32 respectivamente; Ácido succínico, BANANO-2 (27.54); y Ácido fumárico para GUINEO NEGRO con 0.34. Se destacan las accesiones de banano GUINEO NEGRO, BANANO-2, FHIA-01, FHIA-02 y GROS MICHEL-COCOS como los cinco materiales de mejor promedio entre los 20 materiales evaluados para este tipo de musacea.

Ácido oxálico(%) / Banano				Ácido cis-aconítico(%) / Banano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	DWARF-CA	3,53	a	1	FHIA-01	0,35	a
2	FHIA-23	2,79	ab	2	BAN-RED-	0,29	ab
3	FHIA-25	1,98	bc	3	NAKITENG	0,25	bc
4	GROM-COC	1,77	cd	4	GUAYA-B	0,25	bc
5	POYO	1,77	cd	5	BANANO-2	0,24	bc
6	GUAY-A	1,74	cd	6	TAFETAN-	0,24	bc
7	SEREDOW	1,61	cde	7	GUINEO-N	0,23	bcd
8	BAN-RED-	1,52	cde	8	GROM-COC	0,23	bcd
9	TAFETAN-	1,19	cdef	9	GUA-RAYA	0,21	bcde
10	GUA-RAYA	1,18	cdef	10	FHIA-23	0,21	bcdef
19	FHIA-343	0,03	gh	19	NIYARMA-	0,16	cdefghi
20	GUAYA-B	0,03	gh	20	FHIA-2	0,15	cdefghi
21	SABA	0,03	gh	21	PALEMBAN	0,14	cdefghi
22	PIGMEO	0,03	gh	22	GUAY-A	0,13	defghi
23	NIYARMA-	0,03	gh	23	SABA	0,11	efghi
24	GROM-COM	0,03	gh	24	FHIA-343	0,10	fghi

25	MYSORE	0,02	gh	25	GRAN-ENA	0,09	ghij
26	BANANO-C	0,02	gh	26	PECIOLOS	0,08	hij
27	NALLO-06	0,02	gh	27	YANGAMBI	0,07	ij
28	PALEMBAN	0,00	h	28	POYO	0,00	j
Ácido cítrico(%)Banano				Ácido málico(%)Banano			
1	FHIA-01	18,15	a	1	NIYARMA-	18,88	a
2	BANANO-C	18,11	a	2	FHIA-343	14,40	b
3	FHIA-2	17,68	a	3	PALEMBAN	14,29	b
4	TAFETAN-	15,87	b	4	BANANO-C	12,22	bc
5	DWARF-CA	15,39	bc	5	GROM-COC	11,20	bcd
6	PIGMEO	15,37	bc	6	GUINEO-N	10,84	bcde
7	FHIA-25	15,12	bcd	7	PECIOLOS	10,53	bcdef
8	GUAYA-B	15,03	bcde	8	BAN-RED-	9,88	cdefg
9	FHIA-23	14,40	cdef	9	GROM-COM	9,79	cdefg
10	BANANO-2	14,05	efd	10	FHIA-2	9,52	cdefg
19	GUA-RAYA	10,85	i	19	MYSORE	6,74	fghi
20	BAN-RED-	9,59	j	20	GUAYA-B	6,47	fghi
21	FHIA-343	9,24	j	21	SEREDOW	6,45	fghi
22	PALEMBAN	9,04	jk	22	PIGMEO	6,05	ghijk
23	GRAN-ENA	8,07	kl	23	FHIA-25	5,90	ghijk
24	POYO	7,52	l	24	GUA-RAYA	5,49	hijk
25	GUAY-A	7,18	l	25	POYO	5,12	ijk
26	PECIOLOS	6,93	l	26	YANGAMBI	4,84	ijk
27	YANGAMBI	5,35	m	27	GUAY-A	2,84	jk
28	GROM-COC	0,00	n	28	GRAN-ENA	2,38	k
Ácido trans-acónico(%)Banano				Ácido succínico(%)Banano			
1	BANANO-2	0,35	a	1	BANANO-2	27,54	a
2	GUAY-A	0,32	a	2	GROM-COC	24,63	b
3	GUINEO-N	0,32	a	3	FHIA-2	19,50	c
4	GROM-COC	0,25	b	4	GUINEO-N	18,11	c
5	FHIA-2	0,19	c	5	FHIA-1	13,84	d
6	GRAN-ENA	0,16	cd	6	FHIA-343	12,01	de
7	FHIA-1	0,13	de	7	BANANO-C	11,43	ef
8	GUA-RAYA	0,11	ef	8	PIGMEO	10,77	efg
9	DWARF-CA	0,10	efg	9	GUAY-A	10,61	efgh
10	SEREDOW	0,10	efg	10	FHIA-23	10,15	efgh
19	SABA	0,06	ghij	19	GROM-COM	7,99	hijk
20	POYO	0,06	ghij	20	GUA-RAYA	7,30	ijkl
21	PECIOLOS	0,06	ghij	21	FHIA-25	6,85	jkl
22	BAN-RED-	0,05	hij	22	SEREDOW	6,66	jklm
23	NALLO-06	0,05	hij	23	NALLO-06	6,48	jklm
24	MYSORE	0,05	hij	24	GRAN-ENA	6,39	jklm

25	TAFETAN-	0,05	hij	25	DWARF-CA	5,70	klm
26	YANGAMBI	0,05	ij	26	PECIOLOS	5,23	lm
27	GROM-COM	0,04	ij	27	YANGAMBI	4,24	m
28	NIYARMA-	0,03	j	28	PALEMBAN	4,11	m
Ácido fumárico(%)Banano							
1	GUINEO-N	0,34	a				
2	BANANO-2	0,26	b				
3	GUA-RAYA	0,25	b				
4	BAN-RED-	0,23	bc				
5	SABA	0,20	cd				
6	PALEMBAN	0,20	cd				
7	YANGAMBI	0,19	de				
8	TAFETAN-	0,16	ef				
9	SEREDOW	0,14	fg				
10	GUAYA-B	0,13	fgh				
19	PIGMEO	0,09	ijk				
20	GROM-COC	0,09	ijk				
21	DWARF-CA	0,09	ijkl				
22	FHIA-23	0,09	ijkl				
23	POYO	0,08	ijkl				
24	NALLO-06	0,07	klm				
25	NIYARMA-	0,06	klm				
26	GRAN-ENA	0,06	lm				
27	GROM-COM	0,05	mn				
28	FHIA-2	0,02	n				

Tabla 3-12-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de ácidos orgánicos en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios de miligramo de ácido/gramo B.S. de harinas

Las musáceas clasificadas tipo plátano, fueron evaluadas igualmente en laboratorio para los ácidos enunciados anteriormente, observando diferencias significativas agrupadas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey. Se identifican como los de mejor media estadística los siguientes ácidos orgánicos (Tabla 3-13-3). Ácido oxálico, MBOUROUKOU-1 (13.62); Ácido cis-aconítico, FHIA-21 (0.30); Ácido cítrico, BENEDETTA (21.34); Ácido málico MAIA-MAOLI QUINDIO (24.61); Ácido trans-aconítico, YANGAMBI KM5, (0.18); Ácido succínico, YANGAMBI KM5 (27.74); y Ácido fumárico para YANGAMBI KM5 y MAIA MAOLI con 0.42 y 0.41 respectivamente. Se destacan las accesiones de banano GUINEO

NEGRO, BANANO-2, FHIA-01, FHIA-02 y GROS MICHEL-COCOS como los cinco materiales de mejor promedio entre los 20 materiales evaluados para este tipo de musácea.

Ácido oxálico(%) / Plátano				Ácido cis-acónico(%) / Plátano			
No.	Nombre de accesión	Media	Tukey	No.	Nombre de accesión	Media	Tukey
1	MBOUROU-	13,62	a	1	FHIA-21	0,30	a
2	CACHA-SB	7,64	b	2	GAEP-2	0,27	b
3	CACH-ENA	7,49	c	3	HIBRIDO-	0,26	bc
4	MAIA-QUI	7,34	d	4	HART-HAB	0,26	bc
5	M-MAOLI	6,55	e	5	MBINDI	0,25	c
6	CACH-ESP	6,42	e	6	PV-0344	0,24	d
7	CACH-COM	4,99	f	7	YANGAMBI	0,21	e
8	M-MA-RIS	4,48	g	8	D-H-TAME	0,20	ef
9	CURRARE-	4,06	h	9	RED-YADE	0,20	ef
10	DOM-MUTA	3,63	i	10	DOM-ANCU	0,19	fg
45	DIBY	0,03	w	45	LIFONGO-	0,05	qr
46	KWA	0,03	w	46	CACH-COM	0,04	r
47	PERRENQU	0,03	w	47	ROSE-DE-	0,02	s
48	HIBRIDO-	0,03	w	48	CACHA-SB	0,00	t
49	PV-0344	0,03	w	49	DOM-CAOB	0,00	t
50	FOUGAMU	0,02	w	50	MAIA-QUI	0,00	t
51	HART-HAB	0,00	w	51	PA-03-22	0,00	t
52	RED-YADE	0,00	w	52	MBOUROU-	0,00	t
53	HART-SAN	0,00	w	53	CACH-ENA	0,00	t
54	DOM-ANCU	0,00	w	54	CACH-ESP	0,00	t
Ácido cítrico(%) / Plátano				Ácido málico(%) / Plátano			
1	BENEDETT	21,34	a	1	MAIA-QUI	24,61	a
2	PV-0344	20,69	b	2	MBOUROU-	16,43	b
3	MAIA-QUI	20,21	c	3	FOUGAMU	15,83	c
4	MARITU	17,42	d	4	FHIA-110	14,98	d
5	FHIA-110	16,88	e	5	MBINDI	13,68	e
6	GAEP-2	16,78	e	6	BENEDETT	13,36	ef
7	HAW	13,78	f	7	HIBRIDO-	13,06	f
8	PA-03-22	13,70	f	8	GAEP-2	10,74	g
9	FIGUE-FA	13,62	f	9	HART-SAN	9,65	h
10	MBINDI	12,97	g	10	PA-03-22	9,34	hi
45	PERRENQU	5,94	vw	45	POMPO-O-	4,31	A
46	FHIA-20	5,75	w	46	HONDUREÑ	4,29	AB
47	CACH-ESP	5,70	w	47	FHIA-20	4,20	ABC
48	CURRARE-	5,67	w	48	BLANCO-S	4,13	BC
49	LIFONGO-	5,56	w	49	NAINE-¾	3,79	C
50	MBOUROU-	4,80	x	50	BEND-MOS	3,78	C
51	CACH-ENA	4,09	y	51	D-H-COMU	3,34	D
52	CACH-COM	3,73	y	52	D-H-TAME	3,01	D
53	MANZANO	1,28	z	53	LIFONGO-	2,30	E
54	DOM-CAOB	1,05	z	54	DOM-CAOB	0,92	F
Ácido trans-acónico(%) / Plátano				Ácido succínico(%) / Plátano			
1	YANGAMBI	0,18	a	1	YANGAMBI	27,74	a
2	DO-MAQUE	0,14	b	2	MBOUROU-	24,49	b
3	FIGUE-FA	0,13	c	3	CACHA-SB	23,12	c
4	FHIA-21	0,12	cd	4	MAIA-QUI	21,07	d
5	GAEP-2	0,12	cd	5	PA-03-22	19,37	e
6	BEND-MOS	0,12	cd	6	PELIPITA	19,23	e

7	BENEDETT	0,12	cde	7	BENEDETT	17,42	f
8	HART-SAN	0,12	cde	8	ROSE-DE-	17,31	f
9	RED-YADE	0,11	def	9	CACH-COM	15,90	g
10	M-MA-RIS	0,11	efg	10	BEND-MOS	14,88	h
45	HART-TIG	0,04	nop	45	HART-SAN	7,43	t
46	FHIA-20	0,04	opq	46	DOM-ENAN	7,30	t
47	NEY-POOV	0,03	pq	47	NIABANG	6,28	u
48	GAEP-I	0,03	pq	48	LA-MIEL	6,10	uv
49	D-HAR-VI	0,03	pq	49	NAINE-¾	5,98	uv
50	KWA	0,03	pq	50	DOM-ANCU	5,39	vw
51	CACH-COM	0,03	pq	51	FHIA-20	4,98	wx
52	CACH-ESP	0,03	pq	52	GAEP-I	4,64	wx
53	PERRENQU	0,02	q	53	D-HAR-VI	4,25	x
54	CACH-ENA	0,02	q	54	DOM-CAOB	0,71	y
Ácido fumárico(%)Plátano							
1	YANGAMBI	0,42	a				
2	M-MAOLI	0,41	ab				
3	RED-YADE	0,40	bc				
4	POMPO-O-	0,39	c				
5	NIABANG	0,36	d				
6	NAINE-¾	0,31	e				
7	LA-MIEL	0,30	ef				
8	DO-MAQUE	0,30	efg				
9	BLANCO-S	0,30	efg				
10	HAW	0,29	fgh				
45	HIBRIDO-	0,07	tuvw				
46	CACH-ENA	0,07	uvwx				
47	GAEP-I	0,06	vwx				
48	LIFONGO-	0,06	wx				
49	HART-ROJ	0,05	x				
50	MARITU	0,03	y				
51	DOM-CAOB	0,02	yz				
52	BENEDETT	0,02	yz				
53	MBOUROU-	0,01	z				
54	FIGUE-FA	0,01	z				

Tabla 3-13-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de ácidos orgánicos en germoplasma de platano de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios de miligramo de ácido/gramo B.S. de harinas

Filtrando los mayores valores, seleccionados del agrupamiento estadístico por rango de Tukey, las mayores concentraciones del ácidos orgánicos evaluados según el presente estudio se encuentran en los siguientes tipo/accesiones: Acido Oxálico: plátano **MBOUROUKOU-1** (13.62); Acido Cis-Aconítico: bananito **SABO-01** (0.55); Acido Cítrico: bananito **BS-209** (21.51); Acido málico: plátano **MAIA MAOLI QUINDIO** (24.61); Acido trans-Aconítico: banano **BANANO-2** (0.4); Acido Succínico: banano **BANANO-2** (28); Acido Fumárico: plátano **YANGAMBI KM5** (0.42).

3.7.4 Variables de azúcares

El análisis de varianza para los azúcares orgánicos Rafinosa, Sacarosa, Glucosa y Fructosa, detallados en las Tablas 3-14-3, 3-15-3 y 3-16-3, presentan diferencias estadísticas significativas para todas las accesiones al interior de cada uno de los tipos de musáceas evaluados. Los coeficientes de determinación expresan un excelente ajuste del modelo de las variables independientes con respecto a las variables de respuesta (azúcares orgánicos), con valores de R² superior al 94% en todas las variables evaluadas.

Bananito				
Fuente de Variación	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
Accesión	**	**	**	**
Repetición	NS	NS	NS	NS
R ²	0,99	0,99	0,99	0,99
CV	3,36	3,22	2,61	1,80
Banano				
Accesión	**	**	**	**
Repetición	NS	NS	NS	NS
R ²	0,96	0,94	0,99	0,99
CV	5,09	5,16	6,68	3,67
Plátano				
Accesión	**	**	**	**
Repetición	NS	NS	**	**
R ²	0,99	0,99	0,99	0,99
CV	6,57	8,00	3,72	3,14

Tabla 3-14-3 Resumen del análisis de varianza para variables de azúcares de harinas en germoplasma de musáceas de Corpoica C.I. Palmira

Lo anterior, permite afirmar que el modelo estadístico utilizado es confiable conforme a los datos obtenidos en laboratorio. Así mismo el análisis del coeficiente de variación %CV refleja alta precisión para todos las variables de respuesta (azúcares orgánicos).

Las Tablas 3-15-3, 3-16-3 y 3-17-3 permiten analizar los agrupamientos obtenidos por la prueba de rangos múltiples de Tukey para los tipos bananito, banano y plátano, al interior de cada tipo entre accesiones para la variable de respuesta porcentaje de azúcares (rafinosa, glucosa, sacarosa y fructosa), expresado en miligramo de azúcares/gramo B.S. de harinas.

Rafinosa(%) <i>Bananito</i>			Sacarosa(%) <i>Bananito</i>		
No.	Nombre de accesión	Media Tukey	No.	Nombre de accesión	Media Tukey
1	VAPA-02	4,99 b	1	BS209	125,10 a
2	NATU-10	4,21 c	2	SAPI-08	23,36 b
3	NATU-08	3,95 d	3	ANVA-02	17,29 c
4	SAVE-06	3,85 de	4	ICO-03	16,00 d
5	SABO-03	3,76 ef	5	BOCADILLO-COMUN	13,66 e
6	SABO-02	3,65 f	6	NATU-08	8,91 f
7	ANVA-02	3,41 g	7	VAPA-01	7,52 g
8	PISANG-MAS	2,97 h	8	NARI-02	3,66 h
9	REST-01	2,56 i	9	SABO-05	3,51 h
10	SAVE-07	1,40 m	10	NALLO-05	0,86 ik

Glucosa(%) <i>Bananito</i>			Fructosa(%) <i>Bananito</i>		
No.	Nombre de accesión	Media Tukey	No.	Nombre de accesión	Media Tukey
1	BS209	92,79 a	1	BS209	103,64 a
2	ANVA-02	75,64 b	2	ANVA-02	87,93 b
3	SAPI-08	73,39 c	3	SAPI-08	77,54 c
4	ICO-03	51,10 d	4	ICO-03	58,34 d
5	BOCADILLO-COMUN	21,28 e	5	NARI-02	24,41 f
6	ANVA-03	20,94 e	6	ANVA-03	24,28 f
7	NARI-02	18,24 f	7	SABO-04	24,22 f
8	SABO-04	15,99 gh	8	BOCADILLO-COMUN	23,89 f
9	BOCADILLO-ALTO	15,52 hi	9	SABO-01	22,75 g
10	SAVE-06	6,11 o	10	SAVE-06	8,89 n

Rafinosa(%) <i>Banano</i>			Sacarosa(%) <i>Banano</i>		
No.	Nombre de accesión	Media Tukey	No.	Nombre de accesión	Media Tukey
1	DWARF-CAVENDISH	10,95 a	1	PALEMBAN	70,47 a
2	SEREDOW	10,04 a	2	YANGAMBI KM5	46,63 b
3	FHIA-25	8,15 b	3	BANANO-RED-	34,45 c
4	FHIA-23	2,13 c	4	TAFETAN-ROJO	33,93 c
5	GUAYABO-A	1,96 c	5	MYSORE	20,61 d
6	BANANO-RED-	1,89 cd	6	BOCADILLO-CHILENO	17,44 d
7	GROS MICHEL-COCOS	1,42 cd	7	FHIA-1	14,53 de
8	BANANO-2	0,94 cd	8	FHIA-25	11,48 def
9	GRAN-ENANO	0,75 cd	9	FHIA-343	8,69 def
10	GUAYABO-RAYADO	0,61 cd	10	SEREDOW	8,20 def

Glucosa(%) <i>Banano</i>			Fructosa(%) <i>Banano</i>		
No.	Nombre de accesión	Media Tukey	No.	Nombre de accesión	Media Tukey
1	PALEMBAN	82,34 a	1	NIYARMA-	93,01 a
2	NIYARMA-YIK	80,25 a	2	PALEMBAN	90,95 b

3	BANANO-COMUN	52,65	b	3	BANANO-C	72,94	c
4	FHIA-343	29,00	c	4	BOCADILLO-CHILENO	39,55	d
5	GROS MICHEL-COMUN	18,51	d	5	FHIA-343	37,61	d
6	BOCADILLO-CHILENO	16,63	d	6	GROS MICHEL-COMUN	26,77	e
7	SABA	14,46	e	7	NALLO-06	23,26	f
8	NALLO-06	13,75	ef	8	SABA	22,73	f
9	FHIA-25	13,74	ef	9	FHIA-1	19,51	g
10	SEREDOW	13,11	efg	10	GUAYABO-B	16,62	h

Rafinosa(%)Plátano				Sacarosa(%)Plátano			
1	MBOUROU-KOW	11,15	a	1	MBINDI	48,45	a
2	CACH-ENA	6,77	b	2	DOMINICO-MUTANTE	18,83	b
3	FHIA-110	6,63	bc	3	HAW	11,22	c
4	BENEDETT	6,50	c	4	YANGAMBI KM5	10,94	c
5	CACH-ESP	5,86	d	5	MAIA MAOLI RISARALDA	8,73	d
6	MAIA-QUI	5,78	d	6	CURRARE-	6,01	e
7	M-MAOLI	5,67	d	7	MAIA-MAOLI	5,97	e
8	YANGAMBI	4,10	e	8	MAIA-MAOLI QUINDIO	4,65	f
9	CACHACO-COMUN	3,83	f	9	HIBRIDO	4,18	f
10	MAIA-MAOLI-RISARALDA	3,56	g	10	FHIA-20	3,58	g

Glucosa(%)Plátano				Fructosa(%)Plátano			
1	FOUGAMU	110,28	a	1	FOUGAMU	157,98	a
2	BENEDETTA	96,98	b	2	BENEDETTA	110,04	b
3	FHIA-110	80,32	c	3	FHIA-110	93,29	c
4	HARTON-SANTANDER	42,24	d	4	HARTON-SANTANDER	55,05	d
5	GAEP-2	41,12	d	5	GAEP-2	51,39	e
6	HARTON-HABANO	29,08	e	6	HART-HABANO	37,29	f
7	PERRENQUE	24,32	f	7	MBINDI	31,81	g
8	CACHACO-COMUN	23,38	g	8	PERRENQUE	30,40	h
9	MBINDI	22,95	g	9	HIBRIDO-	28,95	i
10	HIBRIDO-	22,11	g	10	HAW	28,46	i

Tabla 3-15-3 Agrupamiento de promedios Tukey para variables de azúcares en germoplasma de plátano de Corpoica C.I.Palmira, valores promedios de miligramo de azúcares/gramo B.S. de harinas

Se destacan las siguientes accesiones para el tipo bananito por presentar diferencias significativas con respecto a las demás accesiones del mismo tipo: Rafinosa, VAPA-02

(4.99mg/gr); Sacarosa BS-209 (125,1mg); Glucosa, BS-209 (92,8mg); Fructosa BS-209 (103,6mg).

Para el tipo banano se diferencian estadísticamente de las demás accesiones los siguientes azúcares orgánicos expresados en mg/gr de harina: Rafinosa, DWARF CAVENDISH (10,95mg) y SEREDOW (10,04mg); para Sacarosa: PALEMBANG (70,47mg). Los contenidos de azúcar glucosa hallados fueron: PALEMBANG (82,34mg) y NIYARMA YIK (80,25mg); y finalmente para Fructosa NIYARMA YIK (93,01mg).

Para el tipo plátano sobresalen por su promedio estadísticamente significativo los azúcares: Rafinosa MBOUROUKOU-1 (11,15mg); Sacarosa MBINDI (48,45mg); Glucosa FOUGAMU (110,28mg) y Fructosa FOUGAMU (157,98); superiores para cada azúcar entre 20 accesiones evaluadas con tal finalidad.

A continuación se presentan las Tablas 3-16-3, 3-17-3 y 3-18-3, las cuales relacionan los coeficientes de correlación para las variables químicas (compuestos de almidón, ácidos y azúcares orgánicos), presentes en bananitos, bananos y plátanos. Se observa correlación negativa altamente significativas ($P < 0,01$), para las variables: amilosa y amilopectina de -1,00 lo cual genera una ecuación lineal en la cual los valores observados son similares a los esperados obtenida a partir del 100% de almidón analizado. Correlaciones negativas y altamente significativas para ácidos: oxálico y cis-aconítico con una probabilidad de -0,72%; ácido oxálico con glucosa y fructosa con niveles de correlación negativa altamente significativa de 0,44 y -0,46 respectivamente.

Otras correlaciones se presentaron entre el ácido cítrico y el ácido málico, así como con los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa presentando correlaciones positivas, altamente significativas con valores de 0,59, 0,69 y 0,69 respectivamente. De igual forma se registran correlaciones altamente significativas entre el ácido málico y los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa con valores de 0,78, 0,70 y 0,69 respectivamente. Correlaciones $P < 0,0001$ entre el ácido trans-aconítico y los ácidos succínico correlación positiva del 70% y el ácido fumarico correlación negativa del 54%. Finalmente se observan correlaciones positivas y altamente significativas entre los azúcares: sacarosa, glucosa y fructosa.

Para el tipo banano se observan correlación inversa o negativa, altamente significativa entre amilopectina y sacarosa ($p < 0,0001$; -0,52), así como con amilosa y sacarosa con valores similares a los encontrados para amilopectina y sacarosa. Por otra parte, el ácido oxálico

presenta valores de 0,71 ($P < 0,0001$), con el azúcar rafinosa. Igual comportamiento al observado en bananito entre el ácido málico y los azúcares glucosa y fructosa, con correlaciones altamente significativas y valores de 69 y 71% porcentaje de asociación entre estas dos variables, como se ha venido presentando anteriormente. Para banano también se observó correlación entre el ácido trans-aconítico y el ácido succínico (0,71). A diferencia de bananito solo se registra correlación entre glucosa y fructosa al 98% de asociación ($P < 0,0001$).

Para plátano se reportan correlaciones entre ácido oxálico y cis-aconítico con relaciones inversas de -0,54 ($P < 0,0001$), como también con el ácido succínico y el azúcar rafinosa con valores de 38% y 73% respectivamente. El ácido cis-aconítico se halla correlacionado negativamente con el azúcar rafinosa (-0,37). Nuevamente se observa correlación del ácido cítrico con el ácido málico como se presentó en banano, con valores positivos de 0,54; así mismo se hallan correlaciones con los azúcares glucosa y fructosa (42 y 40% respectivamente). Mientras que el ácido málico se correlaciona con el ácido succínico y los azúcares rafinosa, glucosa y fructosa, con valores intermedios de 0,46; 0,38; 0,43 y 0,44 respectivamente. A pesar de registrar valores bajos en sus contenidos, las correlaciones, son positivas y altamente significativas se presentan entre el ácido trans aconítico y el ácido succínico, como también entre la glucosa y la fructosa con valor de 99% de asociación, indicando que están estrechamente correlacionados

Tabla 3-16-3 Coeficientes de correlaciones para variables químicas en germoplasma de bananito de Corpoica C.I.Palmira

	Amilopectina	Amilosa	Oxálico	Cis aconítico	Cítrico	Málico	Trans-aconítico	Succínico	Fumárico	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
Amilopectina	1.00	-1.00	-0.06	0.05	0.07	-0.21	-0.28	-0.28	0.14	0.22	-0.14	-0.08	-0.03
		<.0001 **	0.66 NS	0.69 NS	0.60 NS	0.11 NS	0.03 NS	0.03 NS	0.30 NS	0.09 NS	0.30 NS	0.54 NS	0.82 NS
			0.06	-0.05	-0.07	0.21	0.28	0.28	-0.14	-0.22	0.14	0.08	0.03
	Amilosa	1.00	0.667 NS	0.693 NS	0.601 NS	0.115 NS	0.034 NS	0.035 NS	0.301 NS	0.098 NS	0.300 NS	0.546 NS	0.822 NS
				-0.72	-0.36	-0.19	0.17	0.43	0.37	0.43	-0.28	-0.50	-0.54
	Oxálico	1.00	<.0001 **	0.00 NS	0.15 NS	0.21 NS	0.00 NS	0.00 NS	0.00 NS	0.00 NS	0.03 NS	<.0001 **	<.0001 **
				0.07	0.14	-0.14	-0.3	-0.09	-0.39	0.22	0.44	0.46	
	Cis-aconítico	1.00	0.56 NS	0.26 NS	0.26 NS	0.01 NS	0.46 NS	0.00 NS	0.08 NS	0.00 NS	0.00 NS	0.00 NS	
			0.73	0.34	0.07	-0.27	-0.10	0.59	0.69	0.69			
	Cítrico	1.00	<.0001 **	0.009 NS	0.5936 NS	0.0428 NS	0.4525 NS	<.0001 **	<.0001 **	<.0001 **			
	Málico	1.00	0.22	0.09	-0.03	-0.12	0.78	0.70	0.69				
			1.00	0.1029 NS	0.5177 NS	0.8304 NS	0.3725 NS	<.0001 **	<.0001 **	<.0001 **			
	Trans-aconítico	1.00	0.70	-0.54	0.07	0.16	0.07	0.05					
			<.0001 **	<.0001 **	0.5927 NS	0.2315 NS	0.5912 NS	0.725 NS					
				-0.27	0.09	-0.07	-0.26	-0.28					
Succínico	1.00	0.037 NS	0.5245 NS	0.59 NS	0.0468 NS	0.0342 NS							

Continuacion.

		0.09	0.01	-0.13	-0.13
Fumárico	1.00	0.5094 NS	0.9312 NS	0.3377 NS	0.3465 NS
			-0.15	-0.14	-0.06
Rafinosa	1.00	0.2612 NS	0.2916 NS	0.633 NS	
			0.76	0.76	
Sacarosa	1.00		<.0001 **	<.0001 **	
				0.99	
			Glucosa	1.00	<.0001 **
				Fructosa	1.00

NS: Valores de correlación no significativos estadísticamente. **: Valores de correlaciones altamente significativas estadísticamente.

Tabla 3-17-3 Coeficientes de correlaciones para variables químicas en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira

	Amilopectina	Amilosa	Oxálico	Cis- aconítico	Cítrico	Málico	Trans- aconítico	Succínico	Fumárico	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
Amilopectina	1.00	-1.00	0.07	-0.13	0.25	-0.18	-0.18	0.03	-0.37	0.09	-0.52	-0.14	-0.13
		<.0001 **	0.58 NS	0.31 NS	0.06 NS	0.17 NS	0.18 NS	0.82 NS	0.00 NS	0.49 NS	<.0001 **	0.29 NS	0.34 NS
			-0.07	0.13	-0.25	0.18	0.18	-0.03	0.37	-0.09	0.52	0.14	0.13
	Amilosa	1.00	0.58 NS	0.31 NS	0.06 NS	0.17 NS	0.18 NS	0.82 NS	0.00 NS	0.49 NS	<.0001 **	0.29 NS	0.34 NS
				0.00	-0.08	-0.39	0.21	-0.01	-0.06	0.71	-0.12	-0.33	-0.41
		Oxálico	1.00	0.98 NS	0.54 NS	0.00 NS	0.11 NS	0.96 NS	0.67 NS	<.0001 **	0.35 NS	0.01 NS	0.00 NS
					0.34	0.23	0.06	0.28	0.35	0.01	0.15	-0.09	-0.08
			Cis aconítico	1.00	0.00 NS	0.08 NS	0.63 NS	0.03 NS	0.00 NS	0.96 NS	0.24 NS	0.48 NS	0.55 NS
						0.02	-0.14	0.00	-0.10	0.16	-0.18	0.10	0.17
				Cítrico	1.00	0.89 NS	0.29 NS	0.98 NS	0.44 NS	0.23 NS	0.16 NS	0.44 NS	0.19 NS
Continuacion							-0.17	0.21	0.09	-0.25	0.22	0.69	0.71
					Málico	1.00	0.20 NS	0.11 NS	0.48 NS	0.06 NS	0.09 NS	<.0001 **	<.0001 **
								0.71	0.25	0.06	-0.33	-0.31	-0.33
						Transa conítico	1.00	<.0001 **	0.05 NS	0.66 NS	0.01 NS	0.01 NS	0.01 NS
									0.16	-0.20	-0.33	-0.21	-0.19
							Succínico	1.00	0.24 NS	0.12 NS	0.01 NS	0.11 NS	0.16 NS

			-0.09	0.40	-0.06	-0.02
Fumárico	1.00	0.51	0.00	0.64	0.86	
		NS	NS	NS	NS	
			-0.05	-0.09	-0.18	
Rafinosa	1.00	0.72	0.51	0.16		
		NS	NS	NS		
			0.34	0.31		
Sacarosa	1.00	1.00	0.00	0.01		
			NS	NS		
				0.98		
			Glucosa	1.00		
					<.0001	
					**	
				Fructosa	1.00	

NS: Valores de correlación no significativos estadísticamente. **: Valores de correlaciones altamente significativas estadísticamente.

Tabla 3-18-3 Coeficientes de correlaciones para variables químicas en germoplasma de banano de Corpoica C.I.Palmira

	Amilopectina	Amilosa	Oxálico	Cis- aconítico	Cítrico	Málico	Trans- aconítico	Succínico	Fumárico	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
Amilopectina	1.00	-1.00	-0.29	0.33	0.16	-0.04	-0.12	-0.25	0.08	-0.25	0.32	-0.03	-0.04
		<.0001 **	0.00 NS	0.00 NS	0.09 NS	0.70 NS	0.21 NS	0.00 NS	0.43 NS	0.00 NS	0.00 NS	0.74 NS	0.69 NS
			0.29	-0.33	-0.16	0.04	0.12	0.25	-0.08	0.25	-0.32	0.03	0.04
	Amilosa	1.00	0.00 NS	0.00 NS	0.09 NS	0.70 NS	0.21 NS	0.00 NS	0.43 NS	0.00 NS	0.00 NS	0.74 NS	0.69 NS
				-0.54	-0.31	0.27	-0.29	0.38	-0.11	0.73	-0.03	-0.24	-0.24
	Oxálico	1.00	<.0001 **	0.00 NS	0.00 NS	0.00 NS	<.0001 **	0.24 NS	<.0001 **	0.76 NS	0.01 NS	0.01 NS	0.01 NS
					0.33	-0.06	0.32	-0.29	0.29	-0.37	0.31	0.23	0.23
	Cis-aconítico	1.00		0.00 NS	0.51 NS	0.00 NS	0.00 NS	0.00 NS	<.0001 **	0.00 NS	0.01 NS	0.01 NS	0.01 NS
					0.54	0.34	0.23	-0.16	-0.03	0.10	0.42	0.40	
	Cítrico	1.00	<.0001 **	0.00 NS	0.01 NS	0.10 NS	0.73 NS	0.28 NS	<.0001 **	0.01 NS	<.0001 **	<.0001 **	
					0.00	0.46	-0.25	0.38	0.23	0.43	0.44		
	Málico	1.00	0.96 NS	<.0001 **	0.00 NS	<.0001 **	0.01 NS	<.0001 **	0.01 NS	<.0001 **	<.0001 **	<.0001 **	
					0.38	0.16	-0.05	-0.01	0.04	0.03			
	Trans-aconítico	1.00	<.0001 **	0.102 NS	0.6272 NS	0.887 NS	0.6714 NS	0.7733 NS					
				-0.04	0.35	0.00	-0.06	-0.07					
Succínico	1.00	0.65 NS	0.00 NS	0.98 NS	0.55 NS	0.49 NS							

Continuacion

			-0.13	0.13	-0.15	-0.13
Fumárico	1.00	0.17 NS	0.18 NS	0.13 NS	0.18 NS	
				-0.09	0.15	0.10
Rafinosa	1.00	0.34 NS	0.12 NS	0.04	0.31 NS	
					0.60 NS	0.99
Sacarosa	1.00		0.70 NS			
				Glucosa	1.00	<.0001 **
					Fructosa	1.00

NS: Valores de correlación no significativos estadísticamente. **: Valores de correlaciones altamente significativas estadísticamente.

3.8 Conclusiones

Con respecto a los **objetivos** del Capítulo 3, se concluye que:

- La caracterización y evaluación química del fruto de las musáceas del CI Palmira (platanos, bananos y bananitos), reflejó variabilidad en los contenidos y aportes de compuestos químicos expresados en almidones, ácidos orgánicos y azúcares.
- La cuantificación de la diversidad y variabilidad genética de las accesiones que conforman el banco, se evaluó y cuantificó a través de sus atributos químicos, como pH, °Brix, acidez titulable y %Cenizas, para tipos y accesiones de musáceas.
- La composición de la variabilidad genética permitió identificar materiales promisorios para la agroindustria, investigación y productores en general.

Algunos **resultados** concluyentes, son los siguientes:

- Se registran diferencias significativas para grados Brix y %Cenizas en los tres tipos de musáceas, destacándose: VABU-02, BOCADILLO-común y SABO-02 en grados brix, así como ICO-02, SARI-10, SABO-02, SAPI-08 y ANVA-02 para %Cenizas en bananitos.
- Para bananos sobresalen estadísticamente: Niyarma Yik en grados brix y GROS Michel, FHIA-3436-9 y FHIA-02 en %Cenizas, con respecto a los demás materiales evaluados.
- En plátano, los mayores contenidos se presentaron en HARTON-Macho para %Cenizas, y en PA03-22, DOMINICO-harton común, POMPO, FHIA-21, FOUGAMU y PERRENQUE en grados brix.
- Los contenidos de amilosa y amilopectina evaluados presentan diferencias significativas entre accesiones al interior de cada tipo de musácea estudiado, evidenciando alta variabilidad química en el banco de germoplasma.
- En almidones, los mayores contenidos de Amilopectina, con diferencias significativas fueron: BOCADILLO-alto (bananito), con 85,99%.
- Para bananos sobresalen: GUAYABO-B, FHIA-23, BANANO-2, NALLO-06, POYO, SEREDOW, NAKITENGWA, MYSORE, SABA y PIGMEO, con valores que fluctúan entre 80,4 y 76,6%.

- En platanos, los contenidos de amilopectina se observaron en MBINDI, HAW, GAEP-1, DOMINICO mutante, NEY-POOVAN, DOMINICO-Harton-viotá, y HARTON Rojo, con porcentajes entre 76,8 y 74,2%.
- Los mayores contenidos para bananito se observaron en el BS209 con los mayores contenidos de ácido Malico (21,9%), y ácido Cítrico (21,5%); ácido Succínico (NATU-10, 19,1%).
- En bananos difieren significativamente: para ácido Malico (NIYARMA-Yik, 18,8%), ácido cítrico (FHIA-01, 18,2%) y ácido Succínico (BANANO-2, 27,5%).
- En platano, a diferencia de los otros tipos, presenta altos contenidos, significativos, de los ácidos: Oxálico (MBOUROUKOU-1, 13,6%), Malico (MAIA MAOLI Quindío, 24,6%), Cítrico (BENEDETTA, 21,3%), y Succínico (YANGAMBI, 27,7%).
- Las mayores concentraciones de azúcares, con diferencias estadísticas para bananito fueron para BS209: Sacarosa, 125,1%; Fructosa, 103,6%; y Glucosa, 92,8%.
- Los mayores contenidos, significativos, para banano se presentaron en PALEMBANG, con 70,5% de Sacarosa, y 82,3% de Glucosa.
- En platano se registraron en FOUGAMÚ con 157,9% de Fructosa, y 110,3% de Glucosa.

3.9 Recomendaciones

- Con base en los contenidos de materia seca (%), porcentaje de almidón (contenidos de amilosa y amilopectina), peso fresco de pulpa y cascara, y peso del racimo, priorizar las demandas específicas para cada tipo de musácea.
- En general, se destaca la importancia de continuar evaluando los contenidos de amilopectina, ácidos y azúcares en la colección con fines de investigación, nutrición y agroindustria, a fin de establecer potencialidades de acuerdo a las necesidades.

Bibliografía

Belalcazar C. S., Lozada Z. E., Valencia M, J.A., 1991. La planta y el fruto. En: El Cultivo del platano en el trópico. Eds. Belalcazar C. S., pp.43-90

Cardeñosa, R. 1954. El genero musa en Colombia. Platanos, bananos y afines. Pacífico, Cali.

Cayon y Bolaños, 1999. Efecto de la remoción de hojas sobre la distribución de elementos minerales en el racimo del clon Dominico-Harton. En: 6to Congreso de biodiversidad. Villavicencio, 14-16 Julio 1999.

Cayon, D.G.; Giraldo G., G.; Arcila P., M.I. (eds). 2000. Postcosecha y agroindustria del platano en el eje cafetero de Colombia. Universidad del Quindío, ASIPLAT, Comité Departamental de Cafeteros de Quindío, Colciencias, Fudesco, Armenia, Colombia. 270p.

Chandler, S. 1995. The nutritional value of bananas. In Gowen, S. Ed. Bananas and Plantains. London, Chapman & Hallp. 468-480 pp.

Dadzie. B.K., Orchard J.E. 1997. Evaluacion rutinaria de poscosecha de hibridos de bananos y platanos: criterios y métodos. Guia Tecnica de Inibap. 2. FHIA, ODA, NRi, IPGRI, INIBAP. 76p.

Dufour, D.Gilbert, O., Giraldo, A., Sanchez, T., Reynes, M., Pain, J.P., GonzaleZ A., Fernandez, A., DiaZ A. 2009. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 2. thermal and functional characterization of cultivated colombian musaceae (musa sp.) J. Agric. Food Chem. 2009, 57, 7870–7876. DOI:10.1021/jf900235a

Dufour, D.; Giraldo, A.; Gibert, O.; Sánchez, T.; Reynes, M.; González, A.; Fernández, A.; y Díaz, A. 2008. Propiedades físico-químicas y funcionales de los bananos de postre, plátanos de cocción y FHIA híbridos: preferencia varietal de los consumidores en Colombia. In: Borja, J. S.; Nogales, C.; Orrantia, C.; Paladines, R.; Quimi, V.; Tazan, L. (eds.). CD- Proceedings, Acorbat 2008, XVIII International Meeting, November 11-14/2008, Guayaquil, Ecuador. Pp. 33

Gilbert. O., Dufour. D., Giraldo. A., Sanchez. T., Reynes. M., Pain. J-P., Gonzalez. A., Fernandez. A., Dia A. 2009. Diferentiation between cooking bananas and dessert bananas. 1. Morphological and compositional characterization of cultivared colombian musaceae

(Musa sp) in relation to consumer preferences. Journal Agriculture: Food chemistry. 2009, (57): 7857-7889p.

Marriot, J.; Palmer, J. K. Bananas: physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. CRC Critical Review in Food Science and Nutrition, Boca Raton, v. 13, n. 1, 1980.

Morales O. H., Belalcazar C. S., Cayon S. G., 1998. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico química de los frutos en cuatro clones comerciales de musaceas. En: Seminario Internacional sobre producción de plátano. Armenia Quindío Colombia, 4-8 mayo 1998. Memorias Proceedings.

Palmer J. K. 1971. The banana. pp. 65-101. In. The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2. Hulme A. A. (ed.).Academia Press London

PROEcuador. 2014. Instituto de promoción de exportaciones e inversiones. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones.

Simmonds, N.W. 1966.Bananas. 2nd. Ed. Longman, London.

Vaclavik V.A. 2002. Fundamentos de las ciencias de los alimentos. Capítulo 4. Ed. Acribia. 147p.

4. Conclusiones y recomendaciones generales

4.1 Conclusiones finales

- El banco de germoplasma de musáceas, de Corpoica CI Palmira, conformado por platanos, bananos, bananitos y ornamentales, reportó alta variabilidad entre tipos, genomas y accesiones, observada a través de la caracterización y evaluación morfológica, física y química.
- La cuantificación, clasificación y ordenamiento de la diversidad y variabilidad morfológica del banco se pudo explicar a través de descriptores altamente discriminantes hallados, reduciendo en dos terceras partes el número de descriptores capaces de expresar la variabilidad presente en el banco.
- La variabilidad genética caracterizada y evaluada a través de descriptores morfológicos, permitió la conformación de tres cluster o agrupamientos del banco que reúnen toda la variabilidad genética de musáceas.
- Los descriptores utilizados para evaluar la composición de la diversidad y variabilidad genética de musáceas, aportan valor agregado significativo, a su conocimiento y comprensión. El uso de éstos con el apoyo de programas de estadística multivariada, permitió identificar atributos morfológicos, físicos y químicos, altamente discriminantes.

4.2 Recomendaciones

- A través de caracterizaciones morfológicas, físicas y químicas, analizadas integralmente, se recomienda continuar con estudios moleculares con el fin de integrar todo el conocimiento de la caracterización del banco para la investigación y desarrollo de nuevos productos mejoramiento.
- Se evidencia la necesidad de ampliar la base genética a través de colectas o nuevas introducciones, con el fin de disponer de genes que le aporten variabilidad, en

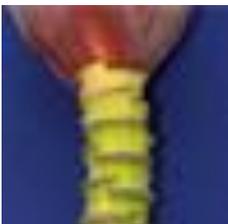
especial para la colección de bananitos que presentan mayor homogeneidad, siendo necesario integrar la caracterización molecular.

A. Anexo: Características morfológicas de la planta, flor, racimo y frutos para los dos tipos clásicos representativos de *M. acuminata* (AAA), y *M. balbisiana* (AAB)

Carácter	<i>Musa acuminata</i>		<i>Musa balbisiana</i>	
Color del pseudotallo		Más o menos densamente marcado con manchas de color pardo o negro		Manchas ligeras o inexistentes
Canal Peculiar		Margen erecto o dilatado, con alas escariosas por debajo, sin abrazar el pseudotallo		Margen cerrado, sin alas por debajo, abrazando el pseudotallo
Pedúnculo		Por lo general, el pelo pubescente		Glabro
Pedicelos		Cortos		Largos

154 Caracterización y evaluación morfológica, física y química de introducciones del banco de germoplasma de musáceas en el Centro de Investigación Corpoica Palmira

Óvulos		Dos hileras regulares en cada lóculo		Cuatro hileras irregulares en cada lóculo
Hombro de bráctea*		Por lo general alto (cociente < 0.28)		Por lo general bajo (cociente > 0.30)
Enrollamiento de la bráctea		La bráctea se repliega y enrolla hacia atrás después de abrirse		La bráctea se levanta pero no se enrolla
Forma de la bráctea		Lanceolada estrechamente aovada, aguzándose abruptamente a partir del hombro		Ampliamente aovada sin aguzarse abruptamente
Ápice de la bráctea		Agudo		Obtuso
Color de la bráctea		Rojo, púrpura mate o amarillo en la parte exterior; rosado, púrpura mate o amarillo en la parte interior		Púrpura-parduzco bien definido en la parte externa; carmesí brillante en el interior

Atenuación del color		El color interno de la bráctea se atenúa hasta llegar al amarillo en dirección de la base		El color interior de la bráctea es continuo hasta la base
Cicatrices de la bráctea		Prominentes		Apenas prominentes
Sépalo libre de la flor masculina		Ondulado en forma variable por debajo de la punta		Muy rara vez ondulado
Color de la flor masculina		Blanco cremoso		Con un tinte rosado variable
Color del estigma		Anaranjado o amarillo intenso		Amarillo cremoso

B. Anexo: CODEX ALIMENTARIUS PARA BANANO, FAO, 1997

<http://www.codexalimentarius.org> Enmienda 2005. CODEX STAN 205-1997

CODEX STAN 205

Página 5 de 5

ANEXO

LISTA DE LOS PRINCIPALES GRUPOS, SUBGRUPOS Y CULTIVARES DE BANANOS (PLÁTANOS) PARA POSTRE

Grupos	Subgrupos	Cultivares Principales
AA	Sweet-fig	Sweet-fig, Pisang Mas, Amas Date, Bocadillo
AB	Ney Poovan	Ney Poovan, Safet Velchi
AAA	Cavendish	Dwarf Cavendish
		Giant Cavendish
		Lacatan
		Poyo (Robusta)
	Williams	
	Americani	
	Valery	
	Arvis	
	Gros Michel	Gros Michel
		Highgate
	Pink Fig	Pink Fig
		Green pink Fig
	Ibota	
AAB	Apple Fig	Apple Fig, Silk
	Pome (prata)	Pacovan
		Prata Ana
	Mysore	Mysore, Pisang Ceylan, Gorolo

C. Anexo: Area, producción, rendimiento y exportaciones de musáceas. 2013

MADR-AGRONET, 2015. AGRONET. Estadísticas. Sistema de estadísticas agropecuarias. SEA. Producción Nacional por Producto. Año 2013.

<http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>

Platano Area, Pn, Rmto, 2013				Banano, Area, Pn, Rmto, 2013			
Departamento	has.	tons.	ton/ha	departamento	area	produccion	ton / ha
Amazonas	128	464	3.6	antioquia	1,188	9,647	8.1
Antioquia	41,112	284,558	6.9	boyaca	293	1,892	6.5
Arauca	27,525	385,193	14.0	caldas	547	11,562	21.1
Atlántico	560	3,819	6.8	cauca	266	1,370	5.2
Bolívar	5,019	40,823	8.1	cesar	45	282	6.3
Boyacá	4,924	41,079	8.3	cundinamarca	3,543	35,882	10.1
Caldas	20,510	212,196	10.3	choco	1,637	10,151	6.2
Caquetá	11,168	68,070	6.1	huila	1,562	11,504	7.4
Casanare	2,638	27,070	10.3	meta	6	53	8.9
Cauca	14,038	98,525	7.0	nariño	6,880	31,918	4.6
Cesar	3,030	18,827	6.2	n. santander	1,423	7,849	5.5
Chocó	17,525	142,273	8.1	quindio	1,624	23,351	14.4
Córdoba	26,000	207,972	8.0	risaralda	222	4,638	20.9
Cundinamarca	7,749	54,282	7.0	santander	1,519	10,279	6.8
Guainía	320	2,176	6.8	tolima	2,310	24,236	10.5
Guaviare	4,222	23,304	5.5	valle del cauca	6,322	105,971	16.8
Huila	25,506	87,484	3.4	casanare	150	900	6.0
La Guajira	1,750	9,157	5.2	putumayo	622	4,416	7.1
Magdalena	2,929	20,801	7.1	vaupes	2	8	4.0
Meta	15,157	244,435	16.1	total banano	30,161	295,909	9.3
Nariño	26,026	162,460	6.2				
Norte de S/der	13,429	82,177	6.1				
Putumayo	5,005	39,411	7.9				
Quindío	22,955	235,262	10.2				
Risaralda	19,531	165,630	8.5				
San Andrés	0	1	2.5				
Santander	13,733	122,466	8.9				
Sucre	1,642	9,109	5.5				
Tolima	20,152	160,190	7.9				
Valle del Cauca	26,081	226,367	8.7				
Vaupés	51	315	6.2				
Vichada	405	1,892	4.7				
total platano	380,820	3,177,788	7.4				

Bananito, Area, Pn, Rmto, 2013			
Departamento	area	produccion	ton / ha.
boyaca	14	64	4.6
choco	1,300	5,885	4.5
meta	27	162	6.0
risaralda	254	1,178	4.6
santander	2	40	20.0
tolima	306	2,782	9.1
valle del cauca	387	3,875	10.0
putumayo	345	2,760	8.0
total bananito	2,635	16,746	8.4

158 Caracterización y evaluación morfológica, física y química de introducciones del banco de germoplasma de musáceas en el Centro de Investigación Corpoica Palmira

Banano manzano, Area, Pn, Rmto. 2013			
departamento	area	produccion	ton/ha
antioquia	1,307	26,411	20.2
total bno manz. Exp.	1,307	26,411	20.2

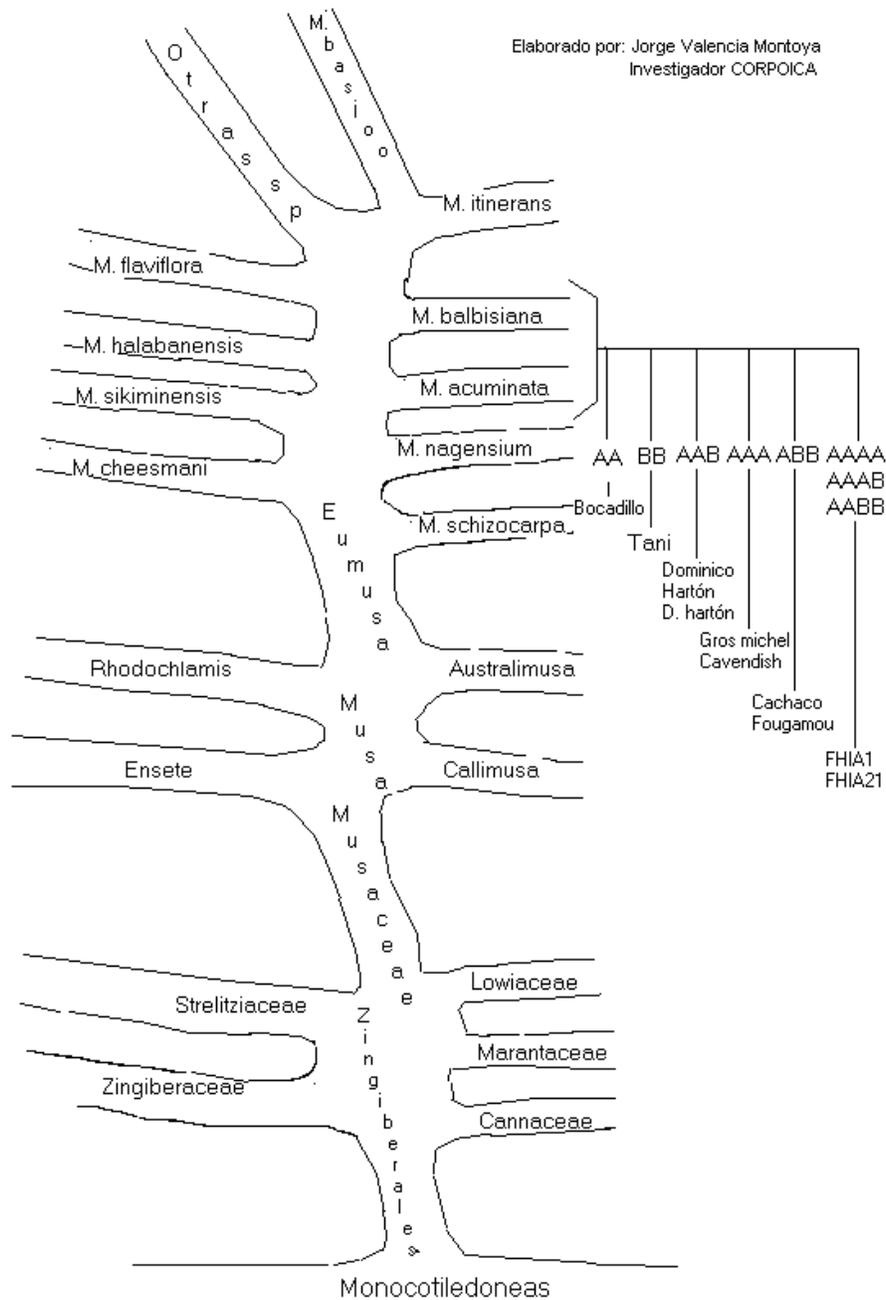
Platano Exportacion, 2013			
Departamento	area	Produccion	ton/ha
Antioquia	14,854	111,106	7.5
Caldas	952	17,851	18.8
total platano exp.	15,806	128,957	8.2

Banano, Exportacion, 2013			
departamento	area	produccion	ton/ha
antioquia	33,575	1,231,508	36.7
la guajira	1,973	67,266	34.1
magdalena	12,047	444,066	36.9
total banano exp.	47,595	1,742,840	35.5

Resumen			
Departamento	area	produccion	ton/ha
platano	396,626	3,306,745	7.4
banano	77,756	2,038,749	8.4
bananito	2,635	16,746	8.4
banano manzano	1,307	26,411	20.2
gran Total	478,324	5,388,651	

D. Anexo: Arbol genealógico de musáceas (Taxonomía)

Figura 1 TAXONOMIA DE LAS MUSACEAS



(Fuente: adaptado por Valencia, 2012)

E. Anexo: Fotos de accesiones promisorias por atributos especiales

<p>Maia Maolí Risaralda (platano) mayor precocidad días flor a cosecha</p>	<p>Maia Maolí Risaralda (platano) mejor relacion Pulpa/Cascara,</p>
	
<p>Mbouroukou-1 ó Africa-1 (platano) mejor relación días flor a cosecha elevada concentración ácido Oxalico</p>	<p>Bocadillo Alto (bananito) elevada concentración Amilopectina</p>
	

<p>Poyo (banano) elevada concentración Amilopectina</p>	<p>FHIA-23 (banano) elevada concentración Amilopectina</p>
	
<p>Guayabo-B (banano) elevada concentración Amilopectina</p>	
	

<p>Mysore (banano) elevada concentración Amilopectina</p>	<p>Pigmeo (banano) elevada concentración Amilopectina</p>
	
<p>Mbindi (platano) elevada concentración Amilopectina</p>	<p>GAEP-1 (platano) elevada concentración Amilopectina</p>
	

<p>Harton Rojo del Meta (platano) elevada concentración Amilopectina</p>	<p>Dominico Mutante (platano) elevada concentración Amilopectina</p>
	
<p>Dominico Harton Viotá (platano) elevada concentración Amilopectina</p>	<p>BS209 (bananito) elevada concentración acidos: Málico y Cítrico; y azucares: Sacarosa, Fructosa y Glucosa</p>
	

<p>Niyama Yik (banano) elevada concentración ácido Málico</p>	<p>FHIA-01 (banano) elevada concentración ácido Citrico</p>
 A photograph showing a bunch of green bananas hanging from a banana plant. The bunch is dense and elongated, with many individual bananas visible. The background shows large green banana leaves and a bright sky.	 A photograph showing a bunch of green bananas hanging from a banana plant. The bunch is dense and elongated, with many individual bananas visible. The background shows large green banana leaves and a bright sky.
<p>Maia Maolí Quindío (platano) elevada concentración ácido Malico</p>	<p>Benedetta (platano) elevada concentración ácido Citrico</p>
 A photograph showing a bunch of green bananas hanging from a banana plant. The bunch is dense and elongated, with many individual bananas visible. The background shows large green banana leaves and a bright sky.	 A photograph showing a bunch of green bananas hanging from a banana plant. The bunch is dense and elongated, with many individual bananas visible. The background shows large green banana leaves and a bright sky.

<p>Banano-2 (banano) elevada concentración amilopectina elevada concentración ácido succínico</p>	<p>Palembang (platano) elevada concentración azúcares Fructosa y Glucosa</p>
	
<p>Fougamú (platano) elevada concentración de azúcares: Fructosa y glucosa</p>	<p>Yangambi-Km5 (platano) elevada concentración ácido Succínico</p>
	