

**ESTADO ACTUAL DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y EL
BANANO**

JAIR ALBERTO CAMAYO VÁSQUEZ

COD: 76330087



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD -
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ESPECIALIZACIÓN EN MEJORAMIENTO GENÉTICO AGROPECUARIO
POPAYÁN**

2015

**ESTADO ACTUAL DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y EL
BANANO**

JAIR ALBERTO CAMAYO VÁSQUEZ

COD: 76330087

Director:

MANUEL FRANCISCO POLANCO. I.A. ESP. M.Sc.

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD -
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ESPECIALIZACIÓN EN MEJORAMIENTO GENÉTICO AGROPECUARIO
POPAYÁN
2015**

Nota aclaratoria.

La escuela y los jurados no se hacen responsables por los conceptos emitidos por el autor.

Nota de aceptación

Director del trabajo

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, Cauca, Agosto de 2015

Dedicado a:

*Con antelación a sus 15 años, esperando
que Dios la ayude para que muy pronto inicie su vida
de triunfos universitarios y personales; “mi bebe”
María Camila Camayo Obando.*

AGRADECIMIENTOS

Al Divino Niño Jesús de Praga, Por protegerme siempre, por darle luz a mi camino, por la humildad que me dio para superar las dificultades y sobre todo por la sabiduría que me brindó para terminar este proyecto académico.

A mi esposa Adriana, Por su amor y su comprensión. Por estar siempre con migo.

A mis padres, por su apoyo constante, por estar siempre juntos, por su amor, por su comprensión y por la educación que me dieron.

A mis hermanos, hermanas, sobrinos y sobrinas, a Geovanny, Fabián, Liliana y Viviana, Ana Milena y Sebastián, por su confianza, su respeto, por su cariño y por su compañía.

A mi abuelo Noé y mi abuela Josefina, por darme su ejemplo de humildad y amor familiar.

A mi abuelo Jesús y mi abuela Paulina, (q.e.p.d) por cuidarme mucho desde el cielo y por sus humildes enseñanzas.

Al profesor Manuel Francisco Polanco, por su amable colaboración y apoyo académico durante la realización de este trabajo.

Al Servicio Nacional de Aprendizaje Sena, “la mejor empresa del país”, por haber contribuido en mi formación como persona y como profesional, y por darme la oportunidad de laborar para tan prestigiosa entidad.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	7
ABSTRAC	8
INTRODUCCIÓN	9
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
3. JUSTIFICACIÓN.....	13
4. OBJETIVOS.....	15
4.1 OBJETIVO GENERAL	15
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
5. MARCO DE REFERENCIA	16
5.1 GENERALIDADES DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y BANANO	16
5.2 VARIEDADES DE PLÁTANO CULTIVADAS EN COLOMBIA Y REGIONES O DEPARTAMENTOS PRODUCTORES.....	19
5.3 VARIEDADES DE PLÁTANO MÁS SEMBRADAS EN COLOMBIA	22
6. PAÍSES DE AMÉRICA QUE HAN HECHO PORTES AL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PLÁTANO Y BANANO	25
7. ENTIDADES INTERNACIONALES QUE HAN HECHO MEJORAMIENTO EN PLÁTANO Y BANANO	28

7.1	EVALUACIÓN DE PLÁTANOS Y BANANOS CON ALTO CONTENIDO DE BETA-CAROTENO	35
7.2	DESARROLLO DE REEMPLAZOS DE BANANO CAVENDISH	37
7.3	EL RETORNO DEL GROS MICHEL A LA PRODUCCIÓN DE BANANO DE EXPORTACIÓN	38
7.4	PRIMER HÍBRIDO TRIPLOIDE SELECCIONADO A PARTIR DE LA ESTRATEGIA (3n x 3n) x 2n.....	40
7.5	CREACIÓN DE HÍBRIDOS TETRAPLOIDES DERIVADOS DEL PLÁTANO DE PORTE BAJO CURRARÉ	40
8.	PRINCIPALES TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y BANANO	53
8.1	EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA	53
8.2	EL CULTIVO <i>in vitro</i> COMO TÉCNICA BIOTECNOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE MUTACIONES ESPONTÁNEAS Y/O INDUCIDAS	54
8.3	INGENIERÍA GENÉTICA	55
9.	ESTADO DEL ARTE EN EL USO DE LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE LA BIOTECNOLOGÍA APLICADAS AL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y BANANO	56
10.	EL MEJORAMIENTO VEGETAL DEL PLÁTANO Y BANANO EN COLOMBIA Y SU IMPACTO.....	60
11.	EL MEJORAMIENTO GENÉTICO A NIVEL MUNDIAL	72
12.	CONCLUSIONES	75
13.	RECOMENDACIONES.....	78
	BIBLIOGRAFÍA.....	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comportamiento de los híbridos de plátano comestible en el Quindío ...	23
Tabla 2. Cruces que originaron los plátanos híbridos tetraploides del Programa de Banano y Plátano de la FHIA.	33
Tabla 3. Materiales mejorados genéticamente disponibles para cultivos actualmente.....	47
Tabla 4. Variables analizadas en los racimos de plátano en el estudio	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Porcentaje de lotes de plátano por rendimiento anual.....	20
Figura 2. Rendimiento medio anual de plátano por departamento en Colombia ..	21
Figura 3. Porcentaje de lotes de plátano por departamento	21
Figura 4. Descripción de Variedades de plátano y altitud de adaptación.....	24
Figura 5. Características del plátano sh-4046.	37
Figura 6. Peso promedio de plátanos con cascara y sin línea.....	64
Figura 7. Longitud promedio de los plátanos con cascara y sin ella	65
Figura 8. Diámetro central promedio de los plátanos con cascara y sin ella.	66
Figura 9. Porcentaje de cascara de los plátanos evaluados.....	67
Figura 10. Materia seca de los plátanos evaluados.....	68
Figura 11. Análisis de multicomponentes para las variedades en estudio.....	69

RESUMEN

La producción de plátano y banano es muy importante a nivel mundial, hace varias décadas se trabaja en el mejoramiento genético para desarrollar resistencia a enfermedades importantes como la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *Difformis*), el Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*), y el “Moko” (*Ralstonia solanacearum*). Analizando información bibliográfica sobre estas investigaciones y con el objetivo de encontrar qué entidades y que países hacen mejoramiento genético de estas plantas, encontramos que los países más destacados son Honduras y Brasil, donde entidades como La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), lograron obtener híbridos resistentes como el FHIA 21, 22, 20, Caipira, Thap Maeo, Pioneira PV12-03 y Preciosa PV42-85. En Colombia no se ha realizado mejoramiento genético, La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), logró caracterizar la productividad del clon dominico, dominico hartón y el hartón, además del cubano blanco, cachaco y FHIA 20 y 21, materiales cultivados en el país. El impacto socioeconómico es bajo ya que los materiales mejorados no han sido difundidos y en otros casos no han sido apetecidos para el consumo interno. Hay buenas expectativas a futuro para el cultivo de materiales mejorados destinados a exportación e industrialización ya que son más productivos, rentables y contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

ABSTRAC

Production of plantain and banana is very important worldwide, several decades working on genetic improvement to develop resistance to diseases such as Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*) Panama disease (*Fusarium oxysporum*), and the "Moko" (*Ralstonia solanacearum*). Analyzing bibliographic information on these investigations in order to find which institutions and countries do genetic improvement these plants, found that the featured countries are Honduras and Brazil, where organizations such as the Honduran Agricultural Research Foundation (FHIA) and the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA), managed to obtain resistant hybrids as FHIA 21, 22, 20, Caipira, Thap maeo, Pioneira PV12-03 and PV42-85 Preciosa. In Colombia it has not done genetic improvement. The Colombian Corporation for Agricultural Research CORPOICA, managed to characterize the productivity of Dominican clone, Dominican hartón and hartón, besides cuban white, and FHIA 20 and 21, materials grown in the country. The socioeconomic impact is low because the improved materials have not been widespread and in other cases have not been preferred for domestic consumption. There are good prospects for the future the cultivation of improved materials for export and industrialization these are more productive, profitable and contribute to environmental sustainability.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético es necesario en la actualidad agropecuaria del mundo, muchos científicos y entidades trabajan para obtener plantas y animales mejorados debido a la necesidad de producir alimentos en grandes cantidades a bajo costo, en poco tiempo y de excelente calidad. En algunos casos se produce alimentos medicados para tratar enfermedades en humanos, lo que hace de la ingeniería genética la ciencia que podría evitar muchas de las muertes por hambre y problemas de salud en toda la humanidad.

El mejoramiento genético agrícola (fitomejoramiento), es aplicado en especies de mucha demanda como alimentos para humanos, Una planta mejorada genéticamente posee características favorables para el agricultor, y como reduce la necesidad de hacer control de alguna enfermedad, disminuyendo los costos de producción, haciendo de la agricultura un arte eficiente y rentable para el mundo.

El plátano y el banano son alimentos de consumo masivo, pero las plantaciones han sido afectadas por enfermedades muy agresivas como la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var *difformis* y el mal de panamá *Fusarium oxysporum* entre otras, causando pérdida a los agricultores así como la reducción de la oferta del producto y encareciendo las existencias en los mercados. La ingeniería genética inició proyectos de mejoramiento desde hace varias décadas, con el fin de generar plantas resistentes o tolerantes a estas enfermedades y llevarlas a las regiones donde se cultiva plátano y banano.

Países como Honduras y Brasil tienen entidades que trabajan en el mejoramiento del cultivo de plátano y banano, básicamente con el fin de obtener características de resistencia a las enfermedades más limitantes y algunas plagas que también causan daño considerable al cultivo. Estos estudios se han apoyado en las

técnicas de propagación in vitro. La FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) ha desarrollado híbridos de alta producción y resistencia a sigatoka negra, como son el FHIA 21, 22 y el FHIA 20 las cuales son variedades de Plátano para consumo fresco. En Brasil la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) ha desarrollado materiales mejorados de banano, como: Caipira, Thap Maeo, Pioneira PV12-03 y Preciosa PV42-85 entre otros. Ambas entidades pioneras en la actualidad en producir híbridos mejorados.

En Colombia, no hay entidades que hayan trabajado en mejoramiento del plátano y banano, La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), realizó la caracterización de productiva de las variedades de plátano denominadas Hartón, Dominic Hartón y Dominic, Cubano Blanco, la variedad África, y de los híbridos mejorados FHIA 20 y FHIA 21, con el fin de saber el comportamiento productivo de estos materiales en el país, Se buscó obtener datos precisos para que los cultivadores puedan determinar que variedades son mas productivas y así generar mayor beneficio económico y social para las regiones productoras.

Es importante contar con esta información actualizada, debido a que el plátano y el banano constituyen una cadena productiva de mucho valor en el país, Colombia produce y exporta esta fruta, además el consumo interno y la industrialización alcanza niveles altos en la actualidad nacional, razón por la que la realización de este trabajo es necesaria para el sector agrícola, tanto productores como estudiantes de las áreas afines a esta línea de producción. Este documento se realizó a través del análisis de la información bibliográfica disponible las paginas de internet de las entidades relacionadas con el este tema (La Fhia, Embrapa, Cirad, La Universidad de Caldas, Corpoíca, IICA, ICA) de esta manera se obtuvo la documentación que aportó la información básica para ser analizada e incluida en esta monografía.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En todas las regiones del mundo donde se cultiva plátano y banano, la planta presenta susceptibilidad a varias enfermedades, entre ellas la Sigatoka Negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensi* var. *difformis* (Stover, 1977), detectada por primera vez en la zona de Urabá a finales de 1991; la Sigatoka Amarilla, causada por el hongo *Mycosphaerella musicola*, el Mal de Panamá causado por el hongo *Fusarium oxysporum*, y el “Moko” (*Ralstonia solanacearum*), también se ha detectado el Virus del Mosaico del Cocombro (CMV).

Las investigaciones para el mejoramiento genético de plátano y banano se han dirigido hacia la obtención de clones resistentes a enfermedades fungosas y virales, además, hacia la calidad de la fruta, aumentar el rendimiento por hectárea, obtener plátano de mayor tamaño y racimos con más número de dedos, también la búsqueda de plantas de porte bajo, con el propósito de evitar el volcamiento del colino.

Pero en la actualidad no existe una revisión documental que sintetice los avances que han obtenido algunos países y entidades. Limitando así el planteamiento de posibles proyectos de investigación para generar las variedades resistentes mediante el mejoramiento genético.

Los investigadores locales deben tener una línea base sobre el estado de este arte, con el ánimo de poder diseñar estrategias de mejoramiento genético con miras a buscar alternativas de producción de plátano y banano resistente a los problemas fitosanitarios que afectan este cultivo en la región.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las variedades de plátano denominadas; Hartón, Dominico Hartón y Dominico son las más cultivadas en Colombia, pero ¿Cuál es el avance obtenido con el mejoramiento genético de las Musáceas con las cuales se pretende obtener mayor productividad por hectárea, que impacto ha generado el mejoramiento genético para los cultivadores de estas plantas en Colombia?

3. JUSTIFICACIÓN

Los cultivos de plátano en Colombia están expuestos a múltiples factores de riesgo, insectos, hongos, bacterias, cambios ambientales drásticos, sequías é inviernos prolongados. Factores que generalmente suceden dentro del ciclo de producción del plátano, por tal razón es necesario buscar plantas con mejoramiento genético que permita tener características de resistencia y hagan que se adapte a los cambios climáticos extremos que podemos tener en Colombia en cualquier época del año, mejorando así las condiciones productivas del cultivo.

Con esta investigación se pretende sintetizar y presentar los avances sobre mejoramiento genético realizado en el cultivo de plátano y banano durante los últimos 20 años, y cuyo resultado haya sido significativo para el desarrollo de plantas resistentes a las enfermedades más importantes que afectan el cultivo en el mundo.

Es escasa la información sintetizada sobre estos estudios científicos, razón por la que es necesario analizar y socializar la información existente sobre los materiales desarrollados, así como los beneficios que se obtienen desde el uso de las nuevas herramientas e instrumentos utilizados en la ingeniería genética, ya que estos proyectos pueden ayudar al desarrollo de las comunidades y las regiones, Mejorando aspectos como: el empleo, la sostenibilidad ambiental y por ende la productividad del país.

El cultivo de plátano en Colombia se desarrolla en todo el territorio nacional, desde el nivel del mar hasta 2000 m.s.n.m, por lo que es considerado de gran importancia socioeconómica como generador de empleo en el sector rural. La producción en Colombia es de 87% como cultivo asociado con otros productos, y solo el 13% como monocultivo tecnificado. (Castellanos, 2011) Existen más de 30

variedades de musáceas de cocción (plátano) cultivadas en todas las zonas agroecológicas del país, los principales centros productivos de plátano se concentran en la región andina que contribuye con el 50% de la producción nacional, y en menor volumen en las regiones Caribe, Pacífico y Orinoquia. Entre las variedades más representativas figuran Hartón, Dominico Hartón, Dominico, Guayabo/Comino/Pompo y Guineo. El nivel de industrialización del plátano en Colombia es bajo, solo el 0.5 % de la producción nacional es utilizado para este fin, por esta razón es necesario que se busque la manera de realizar investigaciones ó adoptar materiales mejorados en otros países. Además los agricultores podrán contar con este documento como guía en la escogencia de clones según el destino comercial que le de la empresa a la fruta.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar los avances en mejoramiento genético de plátano y banano realizados a nivel nacional y mundial, y la prospectiva para el mejoramiento de la productividad de este renglón de la producción Agrícola del país.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los proyectos realizados en mejoramiento genético en plátano y banano, los resultados obtenidos y las entidades que hacen estas investigaciones.
- Determinar el impacto que ha tenido en Colombia el mejoramiento genético y el uso de materiales obtenidos en otros países.
- Consolidar un documento monográfico con todos los avances mas significantes en mejoramiento genético del plátano y banano.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 GENERALIDADES DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y BANANO

La humanidad, en su constante lucha por mejorar su calidad de vida y su bienestar, ha desarrollado las tecnologías que le permitan alcanzar objetivos dentro de los cuales está obtener una mejor calidad de los alimentos a través del mejoramiento genético de las plantas que los producen, busca una mayor productividad y resistencia a plagas como también a fenómenos físicos y químicos que puedan afectar las plantas de cultivo.

El plátano silvestre ha sido usado por el hombre desde el inicio de su existencia, su domesticación empezó al iniciarse el cultivo de las plantas comestibles. Se originó en el sudeste de Asia y constituía en esa región un extenso e importante cultivo comestible, cuando se establecieron los primeros registros históricos que han llegado hasta la actualidad. Las más antiguas noticias que se poseen sobre el plátano son de la India (600-500 AC), pero el cultivo debe haber existido en el país desde muchos milenios antes. Diferentes grupos de plátanos comestibles surgieron en las diferentes zonas que se extienden entre la India y Malasia Oriental (Simmonds, 1962).

Los análisis citogenéticos y moleculares o genético bioquímico permiten analizar las 5 diferencias entre los cromosomas, las proteínas o el ADN de las plantas, estos estudios combinados brindan una mejor caracterización de las colecciones del género *Musa*. Los dos factores principales de la evolución del plátano comestible fueron: el desarrollo de la potencialidad genética de la partenocarpia vegetativa y, al mismo tiempo, el desarrollo de la esterilidad genética. Los plátanos comestibles más antiguos fueron, por tanto, linajes diploides comestibles de *Musa*

acuminata colla, como los que aún persisten en gran número en el sudeste de Asia (Simmonds, 1962).

Los estudios citogenéticos muestran que el genoma del plátano está constituido por 11 cromosomas y un total de 500 a 600 millones de pares de bases, es uno de los genomas más pequeños de todas las plantas cultivadas, y la mayoría de las variedades son trípodas. Por lo que solo un grupo reducido de los óvulos producidos por las flores de las triploides son capaces de ser fertilizados; si las flores se polinizan con polen procedente de una especie o variedad diploide, la descendencia será principalmente tetraploide. La comparación de los genomas de las variedades asiáticas silvestres con los cultivos africanos, presentan un aspecto poco común acerca de los defectos en relación a los agentes causantes de enfermedades sobre la evolución del genoma. (Simmonds, 1966; Barrie, 1997).

La composición genética es importante para determinar las características de los distintos cultivares, que difieren espectacularmente entre sí; los híbridos se evalúan asignando un puntaje a cada característica según sea idéntica a *M. Acuminata* (un valor de un punto), idéntica a *M. balbisiana* (5 puntos) o un fenotipo intermedio (puntuajes intermedios de acuerdo a su similitud a los progenitores) (Simmonds, 1962).

Según Simmonds (1966), los híbridos de plátano muestran puntajes intermedios, cada híbrido se identifica por una clave de entre dos y cuatro letras, de acuerdo a su ploidia, cada letra responderá al origen de la variedad, siendo A para designar a una rama genética procedente de *M. Acuminata* o B para una procedente de *M. balbisiana*. De este modo, un híbrido triploide con dos juegos de cromosomas procedentes de *M. Acuminata* y uno de *M. balbisiana* se identificaría como AAB, y un diploide puro de *M. balbisiana* como BB. Las investigaciones han revelado que las variedades de origen A son más numerosas que las de origen B; la mayoría de

los cultivares son AAA o AAB, varios plátanos son ABB, y AB, AABB O ABBB (tipos de plátanos más raros).

El grupo AAB, al cual pertenece el plátano, tiene gran importancia económica en África Occidental y América Tropical, siendo dentro del grupo de clones Dominico, Dominico-Hartón y Hartón los más conocidos. Este grupo ABB tiene importancia en la india, el Sudeste Asiático y América (clones Saba, Pelipita y Topocho) estos poseen varias características favorables, como la resistencia a épocas prolongadas de sequía.

Los plátanos (*Musa AAB*) y los bananos (*Musa AAA*), se derivan de dos diploides silvestres de las especies parentales de la sección Eumusa, pertenecientes al género *Musa*: *Musa Acuminata* (*AA*) y *Musa balbisiana* (*Musa BB*). La gran diversidad y variación de sus formas y usos, es dada a través del origen del genoma, nivel de ploidía y mutaciones somáticas (Simmonds, 1976). Esta última forma puede originarse de manera espontánea en la naturaleza o puede ser inducida por tratamientos físicos mediante meristemos irradiados (rayos gamma) o químicos mediante (Etil- metano-sulfanato).

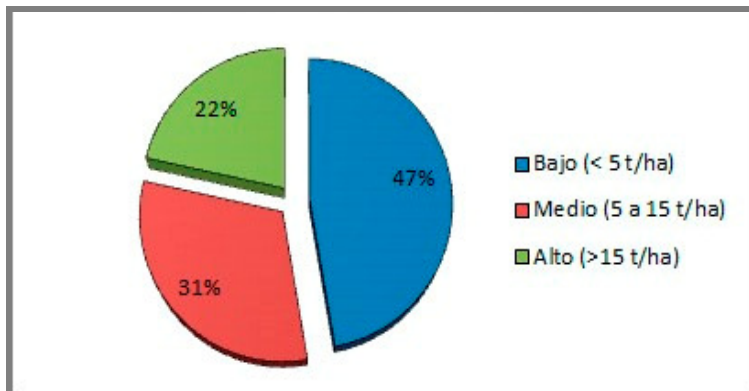
Las mutaciones presentan peculiar importancia en plantas de reproducción asexual obligada, debido a que la recombinación es excluida de este tipo de propagación. Este fenómeno afecta todas las características fisiológicas y morfológicas de las plantas, expresadas desde variaciones sutiles hasta cambios notables como el tamaño de la planta, que conllevan a acentuadas variaciones en los índices de rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades. La mayoría de los plátanos silvestres y cultivados corresponden a plantas altas, con relación foliar entre tres y cuatro, y la existencia de una planta enana con baja relación foliar, constituye buena evidencia de una mutación, siendo el plátano “Hartón enano” ejemplo de ello, donde la inferencia indica que se trata de una mutación del plátano “Hartón típico” (Simmonds, 1973).

5.2 VARIEDADES DE PLÁTANO CULTIVADAS EN COLOMBIA Y REGIONES O DEPARTAMENTOS PRODUCTORES

Las variedades de plátano que se siembran en Colombia están determinadas generalmente por la altura sobre el nivel del mar: desde los 0 hasta los 1000 m.s.n.m se siembra la variedad Hartón; de los 1000 a los 1500 m.s.n.m se siembra Dominico-Hartón, aunque en esta variedad existe la tendencia a convertirse a dominico en la medida en que pasan los ciclos consecutivos de producción, y de los 1500 m.s.n.m en adelante la variedad Dominico. (Muñoz, 2010). En general el plátano se desarrolla en los climas denominados como medio y cálido, cuyas temperaturas varían entre 18 a 22 °C y 22 a 38 °C, son los mejores para el cultivo de los clones más conocidos. La precipitación requerida es de 1800 a 3600 mm al año bien distribuidos. Requiere luminosidad solar alta y vientos moderados, ya que vientos muy frecuentes ocasionan rompimientos de hojas y volcamiento de las plantas. En cuanto a los suelos óptimos para el desarrollo del cultivo están aquellos con buen drenaje, profundos, con buen contenido de materia orgánica, con textura franca, buena fertilidad y pH de 6.5 a 7.0 (Corpoica, 2002).

Según investigación realizada por Corpoica en el año 1998 sobre el rendimiento del cultivo de plátano en Colombia, y basándose en la información de 1097 lotes, se midieron los rangos de rendimiento en toneladas por hectárea (ton/ha), Se hizo la clasificación del rendimiento en tres niveles: bajo, con menos de 5 (ton/ha); medio, de 5.1 a 15 (ton/ha) y alto, con más de 15 (ton/ha). Para realizar este análisis se tuvieron en cuenta sólo lotes en producción según se puede observar en la Figura 1. (Corpoica, 2002).

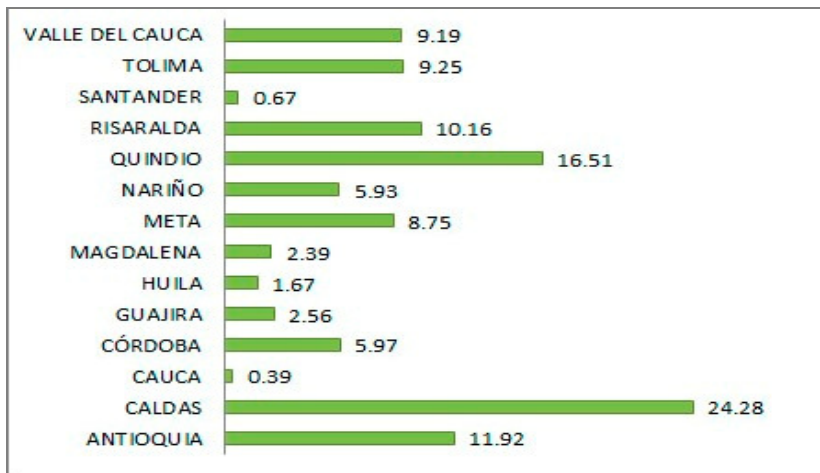
Figura 1. Porcentaje de lotes de plátano por rendimiento anual



Fuente. Corpoica, regional 9- Pronatta (2002).

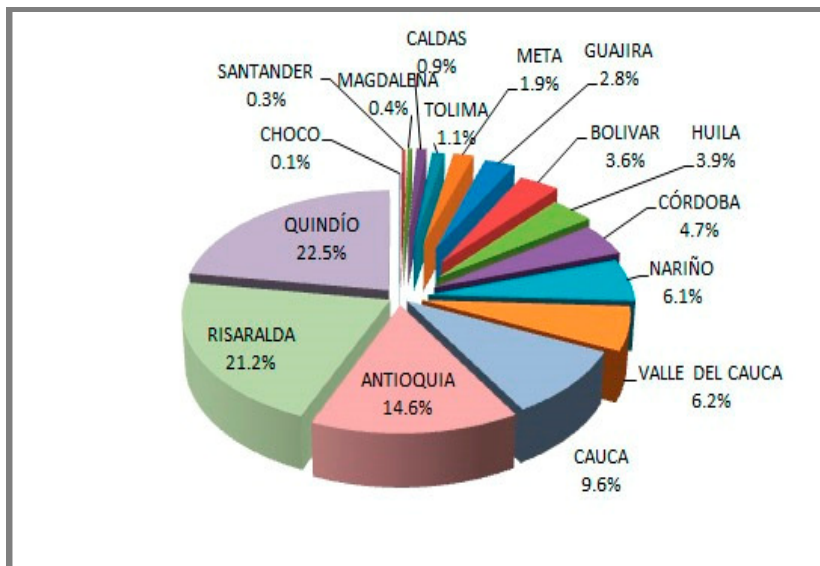
Con la información suministrada por los productores a Corpoica, se determinó que existen fincas que han conseguido rendimientos muy elevados, en comparación al promedio, se encuentran en los departamentos de Quindío y Caldas. La existencia de estos altos niveles de productividad evidencia el alto potencial del cultivo en éstos y otros departamentos con condiciones ambientales similares, en la Figura 2. Se aprecia muy bien el rendimiento en cada departamento. La distribución del cultivo en Colombia se puede ver de manera más precisa en la Figura 3. (Corpoica, 2002).

Figura 2. Rendimiento medio anual de plátano por departamento en Colombia



Fuente. Corpoica, regional 9- Pronatta (2002).

Figura 3. Porcentaje de lotes de plátano por departamento



Fuente. Corpoica, regional 9- Pronatta (2002).

Según esta información podemos decir que de los 32 departamentos de Colombia, en 14 se cultiva plátano y banano. Se evidencia que es un producto muy importante a nivel doméstico por las diferentes formas en que se consume,

además ocupa un lugar importante como producto de exportación y aporte a la generación de empleo en la región del Urabá, Eje Cafetero y Valle del Cauca principalmente (Corpoica, 2002).

En síntesis Colombia cuenta con 450.000 hectáreas, de las cuales unas 50.000 corresponden a los Llanos Orientales, 22.000 al departamento del Meta, 8.000 a Casanare y 20.000 a Arauca. Existen en la zona de Urabá (Antioquia) 35.000 hectáreas de plátano para exportación, fruta que es comercializada para los mercados de Estados Unidos, Europa y las Antillas. En la zona cafetera se cultiva básicamente para los mercados locales (Corpoica, 2002).

5.3 VARIEDADES DE PLÁTANO MÁS SEMBRADAS EN COLOMBIA

En el país se cultivan y comercializan variedades adaptadas a las diferentes regiones geográficas, cada una con diferentes condiciones climáticas, entre ellas; la región caribe, el eje cafetero y los llanos orientales. En la Tabla 2. Se evidencia según Corpoica, el potencial productivo de los clones más cultivados en Colombia, en la región del eje cafetero, específicamente el departamento del Quindío (Corpoica, 2002).

Tabla 1. Comportamiento de los híbridos de plátano comestible en el Quindío

Nombre del Material	Rango de Altitud (msnm)	No. Manos	No. De dedos	Peso Racimo (Kg)*
Hartón	<800	5	25 – 30	13,3
Dominico Hartón	800 - 1400	7	45 - 55	20,2
Dominico	1400 - 2000	10	>70	23,9

Fuente. Corpoica, regional 9- Pronatta (2002).

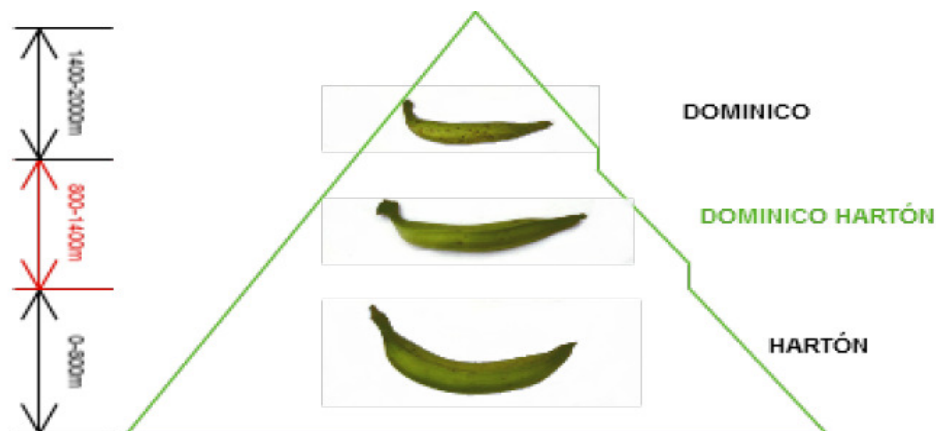
Hartón: esta variedad tiene como parentales a *Musa Acuminata* (AA) y *Musa balbisiana* (BB), el plátano Hartón proviene de una mutación genética, las variantes somáticas enanas del plátano “Hartón enano” corresponden a “Hartón enano Fontana” proveniente de Centroamérica; “Hartón enano Colombia”, proveniente de Colombia. Se ha logrado la recolección de otros materiales, cuyas características hacen suponer que sean tipo enano o semienano, tales como “Hartón enano Caucaagua, Colectado en la estación experimental de Caucaagua, estado Miranda Venezuela, probablemente introducido de Centroamérica y el “Valery”, colectado en la estación experimental de Carrasquero, estado de Zulia Venezuela, posiblemente introducido de Puerto rico. Todos estos materiales forman parte del banco de germoplasma del centro nacional de investigaciones agropecuarias de Venezuela CENIAP (Valerio & García, 2008).

La variedad hartón expresa su máximo rendimiento al nivel del mar, pero se puede sembrar sin problemas hasta los 1000 msnm, a partir de esta altitud, el tamaño del racimo no puede competir con otros clones. La duración del ciclo vegetativo varía entre 10 y 12 meses a 20 msnm y 14 a 15 meses a 1000 msnm. (Simmonds, 1973). El racimo de plátano hartón pesa entre 6 y 15 kilos, los dedos son grandes y pueden medir hasta 30 centímetros.

Dominico-Hartón: esta variedad al igual que el hartón tiene como progenitores a *Musa Acuminata* (AA) y *Musa balbisiana* (BB), complementadas con mutaciones genéticas. Es la variedad mejor adaptada a la zona cafetera colombiana donde es de amplia demanda comercial, produce racimos de 7 manos o gajas en promedio, el peso del racimo varía entre 7 y 21 kg. Los frutos son de tamaño mediano y alargado. Se cultiva entre los 1.000-1.500 m.s.n.m. El rendimiento de esta variedad se conserva estable dentro de las altitudes de siembra especificadas (Aránzazu, 2002).

Dominico: el dominico tiene como parentales a *Musa Acuminata* (AA) y *Musa balbisiana* (BB), es la variedad que en Colombia se cultiva en clima moderadamente frío, ya que se adapta bien desde los 1800 a los 2000 m.s.n.m, la duración del ciclo vegetativo se incrementa en proporción directa con la altitud y varía de 10 a 12 meses a 20 m.s.n.m y alrededor de 24 meses a los 2000 m.s.n.m. Su potencial de rendimiento está en relación inversa con la altitud, de manera que a mayor altitud corresponde un menor tamaño y menor peso del racimo. (Aránzazu, 2002). En la figura 4. Se puede apreciar la altura de adaptación de cada uno de los materiales descritos (Aránzazu, 2002).

Figura 4. Descripción de Variedades de plátano y altitud de adaptación



Fuente. Corpoica, regional 9- Pronatta (2002).

6. PAÍSES DE AMÉRICA QUE HAN HECHO PORTES AL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PLÁTANO Y BANANO

En Venezuela, Jamaica y Cuba se han realizado proyectos de mejoramiento genético, utilizaron diferentes técnicas de ingeniería genética, pero no avanzaron significativamente, los trabajos se relacionan a continuación:

Venezuela: Rosanna Valerio y Eva García, utilizaron el método de biobalística para transformar ápices caulinares *in vitro* de plantas de plátano (*Musa* cv. "Hartón") con macropartículas de tungsteno recubiertas con ADN del plásmido CAMBIA3201 portador de los genes *gus* y *bar*, en una máquina de bombardeo de baja presión de fabricación local. La transformación de los ápices se logró a una distancia tejido-cañón de 9,5cm, presión de He de 150psi y concentración de ADN de 2µg/disparo. Se obtuvo un total de 22 plantas transformadas con los genes *gus* y *bar*, cuya presencia fue demostrada por la prueba histoquímica de GUS, y su inserción al ADN mediante la amplificación (PCR) de fragmentos con iniciadores específicos (Valerio & García, 2008).

De esta investigación se destaca que se recurrió a tecnología local utilizada en Venezuela para la creación de la Máquina de biobalística para el bombardeo de los ápices. Se desarrollan e implementan técnicas de biogenética y también se desarrollan otras ciencias para complementar el proceso de investigación creándose un grupo interdisciplinario que colabora. Para poder hacer herramientas o máquinas que les ayudaran en su proceso de investigación, se empleó una máquina de baja presión fabricada localmente. La misma puede alcanzar un vacío máximo de 21lb de Hg y presiones de He entre 0 y 400psi. Está provista además de controles para seleccionar el tiempo de vacío e inyección del disparo, así como la carga y descarga del vacío. Iniciación y multiplicación de ápices (Valerio & García, 2008).

Cuba: En Cuba existe un número significativo de áreas dedicadas al cultivar 'FHIA- 18' (AAAB) bajo cultivo sin control químico de Sigatoka negra. Además de tener un alto nivel de tolerancia a la enfermedad, la variedad 'FHIA-18' también lo es al nematodo barrenador y es un banano de postre de sabor dulce acidulado.

Los híbridos de plátano tipos 'FHIA-20' y 'FHIA-21' han sido cultivados comercialmente en varios países latinoamericanos y han mostrado ser el doble de productivos que el tradicional plátano variedad Falso Cuerno (Rosales & Pocasangre 2002),

El objetivo de todo programa de mejoramiento convencional es desarrollar híbridos de bananos y plátanos resistentes a las principales plagas y enfermedades de importancia económica. Se intentó también que las variedades mejoradas tengan la habilidad de prosperar bajo condiciones de crecimiento adversas. De esta forma se busca reducir la dependencia de estos cultivos a los agro-químicos y contribuir al desarrollo sostenible de la producción.

Jamaica: El programa de mejoramiento genético de Jamaica se inició en 1924, trabajando en forma paralela y complementaria con el Colegio Imperial de Agricultura Tropical (ICTA) .Su objetivo original era desarrollar un banano de exportación para el comercio del Reino Unido, que tuviera buenas características agronómicas, resistencia a las razas 1 y 2 del Mal de Panamá, resistencia a la Sigatoka amarilla y una adecuada vida de anaquel (INIBAP, 1993). Posteriormente en 1947 se funda en Jamaica el "Banana Breeding Research Scheme" financiado por el Gobierno Británico y la Industria Bananera de Jamaica. En 1960, todos los trabajos de mejoramiento del Caribe estaban concentrados en Jamaica, bajo la dirección de la Junta del Banano ("Banana Board").

El aporte del programa de Jamaica ha sido invaluable, no por los cultivares producidos, sino por los conocimientos básicos de la genética, citogenética y del esquema de mejoramiento convencional, tal y como lo conocemos actualmente. Por esto merecen especial mención los Doctores: Norman W. Simmonds, Kenneth Shepherd y Ren Gonsalves, quienes contribuyeron grandemente a sentar las bases del mejoramiento genético del banano. El esquema básico del mejoramiento convencional de banano fue desarrollado en Jamaica en 1958 (Simmonds, 1966).

Los resultados obtenidos se tuvieron en cuenta para otras investigaciones realizadas por entidades que son de índole internacional como por la FHIA y Embrapa.

7. ENTIDADES INTERNACIONALES QUE HAN HECHO MEJORAMIENTO EN PLÁTANO Y BANANO

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola): Es importante mencionar que el programa de mejoramiento de banano fue iniciado por la United Fruit Co. en 1958 y luego este programa fue donado al gobierno de Honduras en 1984, año en que se creó la FHIA (Rosales y Pocasangre 2002), esta entidad que ha continuado los trabajos en banano e inició los trabajos con plátano en ese año. Actualmente este programa es líder mundial en el mejoramiento de banano y plátano. Sus variedades mejoradas están siendo producidas comercialmente en varios países y evaluadas en cerca de 50 países en Asia, África, América Latina y Oceanía. (FHIA, 1984).

El objetivo general del Programa es desarrollar híbridos de banano y plátano altamente productivos y con resistencia a enfermedades de importancia comercial. Los objetivos específicos son los que a continuación se detallan:

- Crear y desarrollar híbridos de banano, plátano y bananos especiales de alto rendimiento; resistentes a la Sigatoka negra, mal de Panamá y nematodos, y con vida verde y amarilla suficiente para atender las demandas de la cadena productiva.
- Crear híbridos de banano tipo Cavendish con resistencia a la Sigatoka negra y al mal de Panamá.
- Mejorar el sabor y el aroma de los diploides mejorados que tienen resistencia a enfermedades.
- Desarrollar bananos y plátanos con alto contenido de pro vitamina A. (Fhia, 2014).

El diploide 'SH-2095' (AA) fue escogido por las favorables características, sin precedentes del racimo. Este híbrido fue derivado del cruzamiento de (Sinwobogi X Tjau Lagada) X (una *Musa acuminata* silvestre subespecie *malaccensis* X Goyud) (Ramírez, 2003).

La única debilidad del 'SH-2095' (AA) es su pobre producción de polen, lo que limita su utilidad como progenitor masculino. Este híbrido presenta unas cuantas semillas por racimo polinizado y las polinizaciones cruzadas han demostrado que las características deseadas se transmiten a la progenie sin dificultad (Ramírez, 2003).

El desarrollo del híbrido 'SH-2095' (AA) que fue el primer diploide con características excepcionales de racimo, ha sido el resultado del esfuerzo exhaustivo de las diferentes formas del mejoramiento genético. El 'SH-2095' (AA) fue el único híbrido agrónomicamente superior seleccionado durante los primeros 10 años del programa de la FHIA y está en el *pedigree* de la mayoría de los diploides subsiguientes que se han seleccionado de las poblaciones segregantes (Ramírez, 2003).

El híbrido que requirió la segunda más intensa polinización para su desarrollo fue el 'SH-3142' (AA), que es el único híbrido resistente a nematodos. Este fue el único híbrido seleccionado de las pocas semilla obtenidas después de polinizar unos 10,000 racimos del clon casi estéril 'Pisang Jary Buaya' (AA), el cual es resistente al nematodo barrenador. En contraste con el 'Pisang Jary Buaya' (AA), el 'SH-3142' (AA) es fácilmente utilizable como línea paterna o materna en polinizaciones cruzadas (Ramírez, 2003).

El clon 'Pisang Jary Buaya' (AA) presenta características agronómicas sobresalientes como diploide natural y es resistente a *Radopholus similis* (Wehunt & Edwards, 1978) pero este plátano contienen poco polen y la mayoría de los

racimos polinizados permanecen sin semillas. Se han realizado polinizaciones extensivas del 'Pisang Jary Buaya' (AA) las cuales eran necesarias para la obtención de unos pocos 'seedlings' del híbrido, y la subsiguiente selección del diploide 'SH-3142' (AA) como la única progenie útil de esta serie de cruzamientos (Ramírez, 2003).

El desarrollo del 'SH-3142' (AA) es posiblemente el logro más significativo en el programa de Honduras. Este híbrido diploide era resistente a *Radopholus similis*, presentando semillas y polen fértil. La disponibilidad de este clon también brindó diversidad genética en diploides con características agronómicas superiores y se anticipó que el uso de esta línea en polinizaciones cruzadas garantizaría las calidades de los diploides existentes (Ramírez, 2003).

El valor del 'SH-3142' (AA) fue mostrado cuando fue cruzado con 'Highgate' (AAA), dando como resultado la progenie tetraploide 'SH-3436' (AAAA), que es el híbrido comercial de mayores perspectivas que desarrolló el programa de la FHIA de Honduras.

La excelencia agronómica de los diploides derivados del 'SH-3142' (AA) es ilustrada por las características del racimo del 'SH-3362' (AA). Este híbrido diploide es del cruzamiento entre el 'SH-3142' (AA) X 'SH-3217' (AA).

El 'SH-3362' (AA) es utilizado como progenitor de polen en cruzamientos con el 'Higtgate' (AAA) y otros progenitores fértiles femeninos.

El éxito del mejoramiento genético de cualquier cultivo depende entre otros factores, de la amplitud de la variabilidad genética disponible para el fitomejorador. El mejoramiento genético del plátano vianda (AAB) y el plátano burro (ABB) ha sido un objeto secundario en los programas de mejora convencional. En estos

momentos son más extensas dado por la amenaza que provoca la aparición de la Sigatoka negra, de una forma continuada (Ramírez, 2003).

El descubrimiento clave en el mejoramiento del plátano fue el hallazgo que los plátanos hembras tienen semillas al polinizarlos. El plátano hembra que se usa en el programa de la FHIA tiene el nombre de 'AVP-67' (AAB), el cual puede ser utilizado para sintetizar nuevos híbridos tetraploides, los cuales pueden ser evaluados como comerciales (Ramírez, 2003).

Los clones 'Pelipita' y 'Saba' (ABB), de porte alto, en el mejoramiento de bananos de cocción de porte bajo no han avanzado. El interés en el cruzamiento de estos clones ha sido el aumento de la diversidad genética y la esperanza que la fruta desarrollada de estos cruzamientos, permanezca con la misma consistencia harinosa al madurarse (Ramírez, 2003).

Por otra parte el éxito de un cruzamiento en el programa de mejoramiento requiere de la producción de semillas verdaderas producto de la hibridación sexual como primer paso. Esta es considerada el problema más difícil para la manipulación genética de los cultivares triploides de *Musa* (Ramírez, 2003).

Las semillas verdaderas en los plátanos del tipo (AAB) han sido encontradas con grandes variaciones entre los cultivares de plátano. El rango de average va desde 1 a 20 semillas por racimo, aunque este rango está influenciado por las diferentes estaciones (Ramírez, 2003).

La fundación Bioversity International, trabaja para que a través de la colaboración y el desarrollo de las asociaciones se puede maximizar los resultados y el impacto de las investigaciones en curso. Este enfoque de trabajo en conjunto consolida los esfuerzos entre instituciones en el mejoramiento genético de "Musa" y ha

culminado en el establecimiento de Pro-musa, un programa mundial para el mejoramiento de *Musa* (Ramírez, 2003).

El mejoramiento de los bananos envuelve la identificación de los genes útiles en los cultivares tradicionales o especies silvestres relacionados y la introducción de estas características en las variedades aceptables desde el punto de vista comercial. Esto puede ser logrado a través del mejoramiento convencional utilizando técnicas de hibridación, o a través de la transformación genética utilizando técnicas de la biología celular y molecular.

Con el fin de complementar los métodos tradicionales de mejoramiento, actualmente se están investigando nuevos métodos basados en la transformación mediante *Agrobacterium* de las suspensiones de células embriogénicas y los cultivos de tejidos, entre otros.

El plátano Horn AAB es estéril. Sin embargo las polinizaciones cruzadas de diploides (AA) en tipos AAB Y ABB de semilla fértil pueden ofrecer posibilidades para el mejoramiento de nuevos bananos de cocción (Ramírez, 2003).

El plátano de mayor cultivo en Centro y Sudamérica es el plátano Cuerno (Horn) (AAB), este clon es resistente al patógeno de la Sigatoka común pero es susceptible al patógeno de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella finjensis*). La rápida difusión de esta enfermedad amenaza la continuidad de la producción de este cultivo.

Los híbridos 'FHIA-20', 21 y 22 son plátanos tipo francés con 8 a 10 manos/racimos comparado con el Falso Cuerno no obstante su rendimiento es mayor por su número de manos. Las actividades de mejoramiento del plátano (AAB) siempre han sido limitadas. Dos plátanos híbridos 'FHIA-20' (AAAB) y 'FHIA-21' (AAAB) han sido evaluados en varios países después de 25 años donde

el mejoramiento genético del plátano era ampliamente considerado algo imposible de lograr. Los híbridos desarrollados por el Programa de Plátanos y Bananos provienen principalmente de tres cruces realizados y los progenitores y la progenie se pueden apreciar claramente en la Tabla 3.

Tabla 2. Cruces que originaron los plátanos híbridos tetraploides del Programa de Banano y Plátano de la FHIA.

POGENITORES	PROGENIE
AVP-67 (m) X 'SH-3142' (p)	'FHIA-21 y 'FHIA-22'
AVP-67 (m) X 'SH-3437' (p)	'FHIA-04', 'FHIA-05', 'FHIA-16', 'FHIA-19' y 'FHIA-20'
'Maqueño (m) X 'SH-3437' (p)	'FHIA-06', 'FHIA-07', 'FHIA-14', 'FHIA-15'

1: m = madre; p = padre.

Fuente: FHIA, 1984.

Todos son híbridos tetraploides del tipo AAAB. La madre del 'FHIA-20' y 'FHIA-21' fue la misma, AVP-67, tipo francés, pero los padres eran dos diploides élites mejorados diferentes. La vida verde del 'FHIA-20' y 'FHIA-21' es adecuada para la exportación y para los mercados locales donde hay refrigeración. Estos híbridos presentan menor contenido de materia seca y menor firmeza.

Según el último informe anual, el año 2013 fue muy fructífero para la FHIA, pues se tuvo la oportunidad de dar a conocer los avances del Programa de Banano y Plátano en cuanto al desarrollo de reemplazos de bananos Cavendish y plátanos con alto contenido de beta-caroteno, en siete eventos internacionales. (Fhia 2014).

En noviembre de 2013, el anuncio de la llegada del mal de Panamá Raza Tropical 4 (FOC TR4) a Jordania y Mozambique, motivó la discusión de este problema en diferentes foros presenciales y electrónicos. En el foro de PROMUSA (Programa Global para el Mejoramiento de Musa), que es una plataforma de intercambio de conocimientos sobre bananos y plátanos, el Dr. David Jones propuso una agenda para discutir los resultados de las estrategias del mejoramiento genético clásico y de la biotecnología para el desarrollo de nuevos cultivares de musáceas, pues en los últimos 20 años la mayoría de los recursos se han destinado para proyectos que utilizan biotecnología, lo cual ha afectado el desarrollo de materiales genéticos resistentes a través del mejoramiento genético convencional (Fhia, 2014).

En diferentes foros se anunció que el primer resultado positivo de la biotecnología en musáceas se refiere al desarrollo de un súper banano que tiene 4 veces más contenido de vitamina A que el banano de exportación, y se indicó la posibilidad de desarrollar un banano Gros Michel transgénico resistente al FOC TR 4. La divulgación internacional de esta información fue excelente, pues permitió que se diera a conocer que el Programa de Banano y Plátano de la FHIA desarrolló, antes que la biotecnología, híbridos que tienen 20 veces más contenido de vitamina A que el banano de exportación y que nuestro Programa ya está desarrollando híbridos triploides tipo Gros Michel resistentes al FOC TR 4. Con esta información hoy en día la comunidad bananera mundial reconsideró el valor del mejoramiento genético clásico como una alternativa viable. Al mismo tiempo, tuvo conocimiento que la biotecnología en el mejoramiento genético de musáceas actualmente está realizando investigaciones básicas para adaptar metodologías que han sido desarrolladas en otros cultivos (Fhia 2014).

7.1 EVALUACIÓN DE PLÁTANOS Y BANANOS CON ALTO CONTENIDO DE BETA-CAROTENO

Después del lanzamiento de las variedades transgénicas resistentes a herbicidas portadoras de la toxina del *Bacillus thuringiensis* en 1993, se dio preferencia a la biotecnología para el desarrollo de cultivares con valor agregado. En 1999 fue creado el Golden Rice, el primer cultivar de arroz con alto contenido de vitamina A. Este cultivar no fue aprobado para su comercialización debido a las restricciones de los productos transgénicos. Sin embargo, esto tuvo un efecto en cadena que estimuló el desarrollo de materiales de este tipo en otros cultivos (Fhia, 2014).

La Fundación Bill y Melinda Gates, de Estados Unidos, está financiando desde 2005 a la Universidad de Queensland (Australia) para desarrollar un banano transgénico Cavendish que contenga 4 veces el contenido de vitamina A que el cultivar Cavendish normal. Este aporte de la biotecnología ha sido criticado en los foros de discusión, pues el banano Gros Michel que fue sustituido por las variedades Cavendish, tiene 7 veces más vitamina A que el banano Cavendish. Bioversity International ha seleccionado 10 accesiones del banco de germoplasma que tienen hasta 30 veces el contenido de vitamina A que tiene el banano de exportación; sin embargo, estos cultivares tienen bajo rendimiento y son susceptibles a la Sigatoka negra (Fhia, 2014).

Considerando que el plátano tiene mejor valor alimenticio que el banano, el Programa de la FHIA, inició en 2009, un programa para desarrollar plátanos biofortificados con vitamina A que, en estado verde, se consuman como plátanos y que, en estado maduro, se consuman crudos como banano de postre.

En diciembre de 2002 se seleccionó el plátano tetraploide SH-4001 que llamó la atención por su productividad, sanidad, vigor y especialmente por la marcada coloración naranja de su pulpa. Los análisis de beta-carotenos determinaron que


el híbrido tetraploide SH-4001 contiene el doble de beta-carotenos que tiene el plátano común (Falso Cuerno) y tiene 20 veces más que el banano de postre o de exportación (Fhia, 2014).

De 2009 a 2011 se evaluaron 300 híbridos triploides que fueron generados del cruzamiento entre la hembra tetraploide y 5 donadores. Como resultado de esta investigación se seleccionaron 5 híbridos triploides con alto contenido de vitamina A: SH-4037, SH-4038, SH-4039, SH-4040 y SH-4046. Durante la presente cosecha se realizó la segunda evaluación de estos híbridos. La cosecha de los materiales inició en marzo de 2013 y se enviaron muestras para análisis de beta-carotenos en fruta verde, madura y chips de fruta verde. Las muestras fueron enviadas a los laboratorios del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) en Colombia y del Dr. Mark Davey en la Universidad Católica de Leuven, Bélgica. En este momento, apenas tenemos resultados parciales que confirman el alto contenido de beta-caroteno, destacándose que el híbrido SH-4040 es el que tiene mayor contenido (Fhia, 2014).

Con base en la evaluación agronómica de campo, se seleccionaron los híbridos SH-4037 SH-4040 y SH-4046. Los híbridos SH-4038 y SH-4039, a pesar de tener alto contenido de beta-carotenos no fueron seleccionados debido a su bajo rendimiento. Durante la evaluación de poscosecha se constató que el SH-4046 (Figura 5) tiene una vida verde larga y una vida amarilla media, por lo que este híbrido se puede consumir en estado maduro como un banano de postre lo que necesita de una rápida transformación de carbohidratos en azúcares.

Figura 5. Características del plátano sh-4046.

Híbrido	Días			Hojas a la cosecha	Altura de planta (m)	Peso del racimo (kg)
	Siembra a parición	Siembra a cosecha	Parición a cosecha			
SH-4046	242	362	120	7	3.6	39.28



Fuente: Fhia, 2014.

7.2 DESARROLLO DE REEMPLAZOS DE BANANO CAVENDISH

Entre 1960 y 2001, ningún programa de mejoramiento genético clásico de musáceas, ejecutó un proyecto de desarrollo de reemplazos de Cavendish, pues los científicos creían en el paradigma de que Cavendish era estéril, y que este era el motivo fundamental que impedía el uso de esta variedad como progenitor femenino en cruzamientos (Fhia 2014).

Teniendo como base que la fertilidad femenina de las variedades Cavendish es muy baja o es “residual”, en el 2008, el Programa de Banano y Plátano de la FHIA generó hembras tetraploides tipo Cavendish, las cuales fueron cruzadas con los diploides resistentes a Sigatoka negra y mal de Panamá y se produjeron los primeros híbridos triploides tipo Cavendish, en los cuales se observó que la forma del racimo y de los dedos es diferente pero que el aroma y el sabor son similares a Cavendish.

Las compañías más importantes en la producción y comercialización de banano Cavendish han mostrado su interés en este tipo de proyectos; sin embargo, debido

al largo plazo de ejecución y a la alta competitividad y oscilación del mercado, actualmente han orientado sus esfuerzos para reducir sus costos y aumentar su volumen de participación en el mercado. Se considera que solo habrá disponibilidad de fondos públicos cuando el mal de Panamá Raza Tropical 4 haya sido introducido en América Latina, pues en ese momento será inminente la necesidad de nuevos cultivares, por lo que debemos estar preparados desde ahora con nuevas hembras e híbridos (Fhia 2014).

En base a lo anterior, en pequeña escala, el Programa de la FHIA continúa con el desarrollo de hembras tetraploides a partir del cruzamiento de Cavendish x Cavendish. Durante la presente zafra se generaron dos nuevas hembras, que antes de ser usadas en mejoramiento se tienen que propagar para evaluar su potencial de producir progenies con las características deseadas. La creación de estas hembras posibilita tanto la obtención de nuevos contratos en los cuales se utilicen estas hembras, como también la generación de híbridos comerciales. La mejor opción para la institución es que ella genere sus propias hembras tetraploides y con estas hembras genere híbridos comerciales que podrán ser negociados (Fhia, 2014).

7.3 EL RETORNO DEL GROS MICHEL A LA PRODUCCIÓN DE BANANO DE EXPORTACIÓN

El Programa de Banano y Plátano fue creado en 1959 con el objetivo de desarrollar un reemplazo de Gros Michel, pues este cultivar había sido sustituido por cultivares del grupo Cavendish por ser susceptible al mal de Panamá Raza 1. Este objetivo fue alcanzado por la FHIA en 1988, cuando se crearon los híbridos tetraploides FHIA 17 y 23. Estos híbridos al igual que su ancestral Gros Michel, son de porte alto, tienen mayor rendimiento que Gros Michel y tienen una vida de anaquel corta debido a su condición tetraploide (Fhia 2014).

Estos híbridos no fueron aceptados por la industria bananera debido a tales motivos y también porque estos materiales surgieron en el auge de la producción de Williams y Grand Naine, cuando los productores ya se habían acostumbrado a la producción de cultivares de porte bajo; los comercializadores ya habían desarrollado los procedimientos de poscosecha y maduración para la exportación de la fruta a los mercados internacionales y también porque los consumidores de los Estados Unidos y Europa ya habían aceptado a los cultivares Cavendish como sustitutos de Gros Michel. Sin embargo, en el mercado local de diferentes países productores de América Latina, debido a la calidad de la fruta del Gros Michel, se continuó consumiendo fruta proveniente de áreas libres del mal de Panamá. Se estima que la producción de Gros Michel equivale aproximadamente al 10 % del total que se produce con Cavendish para exportación (Fhia, 2014).

Actualmente existe la necesidad de bananos de exportación resistentes al mal de Panamá Raza Tropical 4, pues los cultivares Cavendish a pesar de ser resistentes al mal de Panamá Raza 1, son susceptibles al mal de Panamá Raza Tropical 4. Existen variaciones somaclonales con resistencia parcial que han sido seleccionadas en Taiwán. La situación de resistencia parcial, hace necesario el desarrollo de cultivares 100 % resistentes. En una situación como esta, la preferencia de los productores por materiales de porte bajo, pasa a segundo plano. En estas condiciones, la generación de híbridos triploides de porte alto, tipo Gros Michel, resistentes a la Sigatoka negra y al mal de Panamá Razas 1 y 4, es una alternativa viable que tiene altas posibilidades de ser aceptada por los productores de banano, que anteriormente no aceptaban el regreso de Gros Michel por considerarlo de porte alto (Fhia, 2014).

El Programa de Banano y Plátano de la FHIA está avanzado en el desarrollo de híbridos triploides tipo Gros Michel. En 2012 se generaron 10 hembras tetraploides obtenidas del cruzamiento de High Gate x High Gate. En enero de 2013, se realizó

la primera propagación y la segunda polinización de estas hembras. En diciembre de 2013, se inició la segunda propagación de las 11 hembras para conseguir un total de 4,000 plantas que serán polinizadas en 2014 para la obtención de semillas que generen híbridos triploides (Fhia, 2014).

7.4 PRIMER HÍBRIDO TRIPLOIDE SELECCIONADO A PARTIR DE LA ESTRATEGIA (3n x 3n) x 2n

El SH-4088 es el primer híbrido triploide producido a partir de la estrategia (3n x 3n) x 2n, que es una metodología de mejoramiento idealizada por la FHIA para desarrollar híbridos triploides de segunda generación y para conservar al máximo las características organolépticas de las variedades comerciales que se desea mejorar. La estrategia consiste en dos pasos: primero se desarrolla una hembra tetraploide a partir del cruzamiento de dos variedades triploides. En el segundo paso, las hembras tetraploides se cruzan con un macho diploide para producir un híbrido triploide de segunda generación. Durante la zafra 2013 se realizó la selección y propagación del híbrido triploide SH-4088 que es un banano de postre tipo Pome de porte bajo, resistente a la Sigatoka negra y de buen aroma y sabor (Fhia 2014).

7.5 CREACIÓN DE HÍBRIDOS TETRAPLOIDES DERIVADOS DEL PLÁTANO DE PORTE BAJO CURRARÉ

Después de la creación de los híbridos de plátano tipo hembra FHIA-20 y FHIA-21, no se han desarrollado más híbridos de este tipo, pues no ha habido financiamiento disponible. Estos híbridos son más adecuados para uso industrial en la fabricación de chips. En Centro América, la preferencia de los agricultores es por cultivares de porte bajo y la aceptabilidad de los consumidores está dirigida a plátanos de sabor acentuado y que puedan ser utilizados tanto en estado verde como en estado maduro, como el falso cuerno y el mutante de porte bajo Curraré.

Las dificultades en el mejoramiento del plátano Curraré, es que la inflorescencia femenina tiene menos dedos que un banano común, la floración masculina dura apenas 15 días y produce 1-5 flores por día en las cuales el polen no es visible, además, la fertilidad femenina de estos materiales es muy baja (Fhia 2014).

Anteriormente necesitábamos polinizar más de 500 racimos para conseguir una semilla sexual. Después de la experiencia de haber conseguido semillas de Cavendish, nuestra técnica de polinización mejoró y con base en este avance en noviembre de 2012, se estableció una plantación de 500 plantas del plátano de porte bajo Curraré para ser polinizada con polen del diploide SH-3142 y con polen de Curraré. El propósito fue determinar la posibilidad de producción de híbridos tetraploides de posible uso comercial y el desarrollo de hembras tetraploides que posteriormente sean cruzadas con un diploide para la producción de híbridos triploides de plátano de porte bajo (Fhia, 2014).

A partir de 500 polinizaciones se obtuvieron 10 semillas sexuales de las cuales se hizo la extracción de 4 embriones. El resultado obtenido nos posibilita realizar el mejoramiento del cultivar Curraré, con la finalidad de obtener híbridos de porte bajo, ciclo precoz, resistentes a la Sigatoka negra y con características organolépticas similares al falso cuerno, con lo cual se espera atender a las necesidades de los productores, compradores y consumidores. Actualmente se están desarrollando las plantas híbridas y en los próximos meses podremos verificar si los híbridos tetraploides Curraré x SH-3142 heredan el porte bajo del cultivar Curraré, si existe aumento del rendimiento, si son resistentes a la Sigatoka negra y conocer como son las características organolépticas y vida de anaquel de los frutos (Fhia, 2014).

CIRAD-FLHOR: El programa de mejoramiento de banano del CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement-Francia) fue creado en 1983 y opera como una red que tiene su centro de operaciones en la isla de Guadalupe, Caribe Francés. El programa tiene conexiones con diferentes centros de investigación propios o asociados que lo apoyan con estudios especializados o estratégicos tales como: caracterización molecular de germoplasma, cultivo de tejidos, variación somaclonal, mutagénesis, estudios genéticos (marcadores moleculares, mapas), embriogénesis somática, transformación genética no convencional, entre otros. Su objetivo general es desarrollar híbridos triploides de banano de diferentes tipos con resistencia a enfermedades y con alto rendimiento. El programa del CIRAD se diferencia de todos los otros programas por el uso de una estrategia desarrollada en Guadalupe por los Doctores; Bakry y Horry. Su estrategia busca el desarrollo especialmente de triploides.

CRBP: El CRBP (Centre de Recherches Régionales Sur Bananiers et Plantains) localizado en Camerún, inició su programa de mejoramiento en 1992 con el objetivo de obtener plátanos tetraploides mejorados usando el esquema convencional, buscando principalmente resistencia a la Sigatoka negra.

La diversidad de sus líneas parentales la obtienen de su banco de germoplasma en Njombé, que es una de las colecciones de plátanos más grande que existe (130 cultivares). El programa ha tenido siempre una colaboración muy estrecha con el CIRAD-FLHOR, especialmente en estudios básicos de genética y desarrollo de líneas homocigotas diploides para ser utilizadas como padres en el cruzamiento $4x \times 2x$ (Rosales y Pocasangre 2002).

El mejoramiento de plátanos del CRBP depende actualmente de los diploides mejorados M-53 (de Jamaica); dos clones provenientes de M-53 a través de autofecundaciones; Calcuta 4, Banksii y "Paliama" (M.a. spp banksii).

Aparentemente las progenies tetraploides producidas usando Calcuta 4 (altamente resistente) muestran solamente resistencia parcial; mientras que muchas de las derivadas del M-53 exhiben una alta resistencia y no tienen las hojas caídas como los híbridos derivados de Calcuta 4. Como progenitores femeninos tienen 10 cultivares de plátano tipo “Francés” seleccionados por su alta fertilidad, tamaño de racimo, buenas características de cocción y buen sabor 2x (Rosales y Pocasangre 2002).

EMBRAPA: El programa de mejoramiento genético de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria EMBRAPA-CNPMP se inició en el año de 1982 y está localizado en la ciudad de Cruz das Almas, Bahía. Desde su inicio el énfasis se ha puesto en el mejoramiento de los cultivares “Prata” y “Maçã”, ambos del tipo AAB, que son los más difundidos en Brasil. El clon “Prata” es un cultivar de gran altura, tiene frutas pequeñas de sabor dulce a suavemente ácido, susceptible a la Sigatoka negra y amarilla y al Moko. El clon “Maçã” es el banano más preferido por los brasileños. Su fruta es de cáscara muy fina, consistencia suave y sabor a manzana. Es altamente susceptible al Mal de Panamá, susceptible a la Sigatoka negra, así como al Moko (Silva et al, 2001). El programa de EMBRAPA, al igual que el de la FHIA, basa su mejoramiento en el sistema convencional y su objetivo inicial fue la búsqueda de resistencia al Mal de Panamá. Su actual objetivo es más amplio: desarrollar genotipos resistentes al Mal de Panamá, a la Sigatoka (negra y amarilla), a la vez que buscan plantas de baja estatura. Actualmente usan únicamente diploide mejorados que son cruzados con cultivares comerciales triploides. Los híbridos tetraploides producidos son a su vez evaluados para tolerancia a nemátodos y Picudo. Cuentan con su propia colección, que actualmente tiene cerca de 280 accesiones, producto de intercambios y colectas internacionales. Su banco de germoplasma ha sido caracterizado ampliamente y cuenta con un fuerte programa de evaluación regional de características agronómicas y calidad de fruta para los mejores cultivares identificados en el banco o producidos a través del fitomejoramiento.

El programa de mejoramiento convencional se apoya también en estrategias no convencionales, a través de varias alianzas con institutos de investigación y universidades nacionales que les permite incursionar en campos como la selección in vitro de mutantes, uso de radiación para crear variabilidad y seleccionar mutantes resistente al Mal de Panamá; uso de agentes químicos mutagénicos e hibridación somática a través de fusión eléctrica y más recientemente el uso de biobalística para la producción de plantas transgénicas (Rosales y Pocasangre 2002).

La más reciente publicación sobre el Programa de Mejoramiento genético de EMBRAPA (Silva et al., 2001) hace un excelente recuento de actividades y logros de esa institución desde su inicio en 1982, por lo cual nos limitaremos a mencionar únicamente algunos de los allí reportados. La colección de bananos ha sido caracterizada morfológicamente y también molecularmente usando RAPDs y micro satélites; sus accesiones son mantenidas tanto en vivo como in vitro. Los materiales han sido evaluados permitiendo la identificación de diploides promisorios silvestres y cultivares (Calcutta, Madang, Lidi, Sinwobogi, Tjau Lagada, Tuu Gia, Heva; diploides mejorados de otros programas como el M-53, M-61, F2P2 y F3P4). Esto también permitió identificar cultivares y recomendarlos para uso directo por los productores tales como: Pacovan, Prata Ana, Caipira y Thap Maeo (todos AAB) y los híbridos FHIA-18, FHIA-21 y el SH-3640 (Rosales y Pocasangre 2002).

El mejoramiento de diploides está avanzado. Actualmente todos los diploides usados por el programa son mejorados y se cuenta con un “pool” de 31 diploides. Esto a su vez ha permitido la obtención de tetraploides usando como hembras principalmente a los cultivares triploides del tipo “Prata” y “Maçã”. A pesar de los problemas de baja producción de semilla del clon Maçã, se han producido ya varias decenas de este tipo de híbridos con resistencia al Mal de Panamá y

excelente sabor y ya se están evaluando los mejores de ellos en varios estados del país. Con la confirmación de la presencia de la Sigatoka en Brasil en 1998, el programa de evaluación regional tomó mayor envergadura y las evaluaciones tanto de cultivares introducidos como los desarrollados directamente por EMBRAPA, se han multiplicado en número de cultivares así como de sitios de evaluación. Esto ha permitido la recomendación de los híbridos: “Pioneira” (PV12-03), híbrido de “Prata Anã” X “Lidi” con frutos de sabor muy agradable, resistencia a Sigatoka amarilla, moderada resistencia al Mal de Panamá y baja incidencia de Picudo y nemátodos; el híbrido “Pacovan Ken” (PV42-68) tipo Prata, producto del cruzamiento de “Pacovan” X M-53, que presenta resistencia a la Sigatoka amarilla y negra, así como al Mal de Panamá y es también moderadamente susceptible al Picudo y nematodo. El Pacovan Ken fue nombrado así en tributo al Dr. Ken Shepherd quien laboró por 12 años en este programa, antes de su retiro en 1994. También están pronto a ser liberados los híbridos PV42-85 (Pacovan X M-53) y el YB42-21 (Yangambi No.2 X M-53), tipo “Prata” y “Maçã”, respectivamente. Ambos son resistentes a la Sigatoka negra y amarilla. El PV42-85 es también resistente al Mal de Panamá, mientras que el YB42-21 es tolerante (Rosales y Pocasangre 2002).

IITA: El programa de mejoramiento en el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) (Fitomejoramiento y Biotecnología, 1987) se inició en Onne, Nigeria, con el objetivo principal de incorporar resistencia durable a la Sigatoka negra en plátanos. Como en todo Centro Internacional, el desarrollo de cultivares está apoyado por varias disciplinas y diferentes tipos de estudios que complementan las labores tradicionales del mejoramiento. El IITA ha contribuido grandemente con estudios de herencia, caracterización de cultivares de plátano, estudios de epidemiología del patógeno, cultivo de tejidos, estudios sobre virus (especialmente sobre el BSV), etc. Su esquema de mejoramiento es esencialmente el convencional, basado en selección recurrente en cada uno de los 3 sub-esquemas (2x X2x; 3x X 2x y 4x X2x).

El mejoramiento de los diploides es convencional usando los dos tipos de diploides: seminíferos y partenocarpicos. También los cruzamientos tipo 3x X 2x les han provisto de nuevos diploides, ya que en las progenies de esta combinación genómica se producen frecuentemente diploides que pueden ser incorporados en el esquema de selección recurrente.

En síntesis, podemos decir que el avance en el desarrollo de materiales mejorados de plátano y banano es significativo, especialmente para entidades como la FHIA y EMBRAPA, pues en los últimos años han generado gran número híbridos de plátano y banano para cultivo en las distintas regiones del mundo, incluida Colombia, estos son resistentes en su mayoría a las enfermedades limitantes del cultivo, pero también con caracteres ideales y de interés para los cultivadores según se describe en la Tabla 4..

Tabla 3. Materiales mejorados genéticamente disponibles para cultivos actualmente

Nombre	Origen / entidad que lo desarrolló.	Características morfológicas y fenológicas más relevantes	Características de resistencia	Forma de consumo	País que lo cultiva principalmente
Banano fhia - 01	FHIA	Hibrido semienano, de cocción, desarrollado en 1988, sabor a manzana (ácido – dulce). Altitud óptima entre los 0 y 1.400 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 390 días en promedio, crece entre 2.5 m y 3.5 m. no requiere apuntalamiento.	Resistente a Sigatoka negra y las tres razas del mal de Panamá. También a pudriciones fungosas de la corona. Es moderadamente resistente al nematodo <i>Radopholus Similis</i> y moderadamente Susceptible a <i>Pratylenchus coffeae</i> .	Fruta fresca o verde (Hervida o frita).	Australia
Banano fhia – 03 AAAB	FHIA	Hibrido, Banano de cocción, desarrollado en 1987, crece entre 2.5 y 3.7 m. altitud óptima entre los 0 y 1.400 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 390 días en promedio, Es un tetraploide que no produce semillas.	El híbrido es resistente a Sigatoka negra, mal de Panamá, marchitez bacteriana (moko), resistencia parcial al nematodo <i>Radopholus similis</i> . Es susceptible al nematodo <i>Pratylenchus coffeae</i> .	Cocido en verde y maduro.	Cuba, Burundi, Camerún y Nigeria.
Banano fhia 17 AAAA	FHIA	Tipo Gros Michel, desarrollado en 1989, crece entre 2.5 y 3.5 m. Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 300 días en promedio. Por su tolerancia a enfermedades es	Resistente a Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) y resistente al Mal de Panamá (<i>Fusarium oxysporum</i> f.s.p. <i> cubense</i>).	Se consume como fruta fresca, su sabor es parecido al	Honduras
Banano fhia 18 AAAB	FHIA	Banano Híbrido tipo Gros Michel, de cocción, desarrollado en 1989, crece entre 3 y 4 m. Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.000 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 380 días en promedio. Por su tolerancia a enfermedades es muy apetecido en agricultura orgánica y de subsistencia.	El híbrido es resistente a Mal de Panamá (<i>Fusarium oxysporum</i> f.s.p. <i> cubense</i>) y es moderadamente resistente a la Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>). Es moderadamente resistente al nematodo <i>Radopholus similis</i> y moderadamente susceptible a	Se consume como fruta fresa y también procesado, tiene sabor agridulce.	Cuba, Perú y Colombia.

Nombre	Origen / entidad que lo desarrolló.	Características morfológicas y fenológicas más relevantes	Características de resistencia	Forma de consumo	País que lo cultiva principalmente
			<i>Pratylenchus coffeae</i> .		
Platano fhia 20 AAAB	FHIA	Plátano Híbrido tipo francés, de cocción, desarrollado en 1989, crece entre 3.2 y 4.5 m, es susceptible a volcamiento. Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 320 días en promedio. Tiene larga vida en estado verde. Ideal para exportación.	Resistente a la Sigatoka negra y al Mal de Panamá, pero susceptible a los dos nematodos de mayor importancia: <i>Radopholus similis</i> y <i>Pratylenchus coffeae</i> .	Se consume en estado verde hervido o frito y en estado maduro.	Cuba, Honduras Y Republica dominicana. Se ha probado en Colombia con buenos resultados.
Platano fhia 21 AAAB	FHIA	Plátano Híbrido tipo francés, de cocción, desarrollado en 1987, la planta crece entre 3.2 y 4.0 m, Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 360 días en promedio. Su cascara es blanda. Madura precozmente, pero es susceptible a golpes. Tiene larga vida en estado verde. Ideal para exportación.	Resistente a la Sigatoka negra y al Mal de Panamá, pero susceptible a los dos nematodos de mayor importancia: <i>Radopholus similis</i> y <i>Pratylenchus coffeae</i> .	Se consume en estado verde hervido o frito y en estado maduro.	Cuba, Honduras, Nicaragua, Guatemala, Venezuela, Ecuador, Perú, República Dominicana. Se ha probado en Colombia con buenos resultados.
Banano fhia 23 AAAA	FHIA	Híbrido tipo Gros Michel, desarrollado en 1990, crece entre 3.2 y 4.0 m, Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 360 días en promedio. Tiene larga vida en verde.	Tolerante a Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) y resistente al Mal de Panamá (<i>Fusarium oxysporum</i> f.s.p. <i>cubense</i>). Es moderadamente resistente al nematodo <i>Radopholus similis</i> .	Se consume como fruta fresca y como Tajaditas (chips) que presentan buen sabor,	Honduras, Cuba,

Nombre	Origen / entidad que lo desarrolló.	Características morfológicas y fenológicas más relevantes	Características de resistencia	Forma de consumo	País que lo cultiva principalmente
				color y crujencia., la pulpa no se oxida.	
Banano fhia 25	FHIA	Crece entre 3.5 y 3.0 m, Altitud óptima de cultivo superior a 1.000 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 420 días en promedio. Su cascara es blanda. Tiene larga vida en verde.	Es altamente resistente a la Sigatoka negra. Su nivel de resistencia a otras enfermedades y a los nematodos está siendo evaluado, pero resultados preliminares demuestran que es resistente al nematodo <i>Pratylenchus coffeae</i> .	Se consume verde, cocido o frito.	Se está evaluando su desarrollo en Australia, Cuba, Ghana, Haití, Jamaica, Malasia, Nepal, Nigeria, Perú, Sur África, Tanzania y Uganda, para determinar su adaptabilidad a condiciones ambientales diferentes.
Felipita ABB (grupo felipita)	Proviene de India. Es una mutación natural	La planta crece entre 2.5 y 3.5 m. Altitud óptima de cultivo 0 a 1500 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 360 días en promedio. por su alto nivel de adaptación también tolera sequias y suelos con baja fertilidad.	Es tolerante a sigatoka negra y amarilla.	La pulpa es de color pálido crema, se consume cocido y es utilizado en la preparación de postres.	Centro América y Colombia.

Nombre	Origen / entidad que lo desarrolló.	Características morfológicas y fenológicas más relevantes	Características de resistencia	Forma de consumo	País que lo cultiva principalmente
Plátano cubano blanco AAB (grupo plantain)	Proviene de India, América y Francia. Es una mutación natural	La planta crece entre 3 y 3.5 m. Altitud óptima de cultivo 0 a 1000 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 380 días en promedio. Por su buen contenido de materia seca y buen tamaño del fruto, es promisorio para agroindustria. Contiene cascara delgada. Altitud óptima de cultivo de 0 a 1.000 m.s.n.m.	Es tolerante a sigatoka negra y amarilla	Se consume verde, cocido o frito.	Centro América y Colombia.
Plátano africano AAB (grupo plantain)	Mutaciones naturales, proviene de India.	La planta crece entre 2.5 y 3.0 m. Altitud óptima de cultivo 0 a 1200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 360 días en promedio. Por su buen contenido de materia seca y buen tamaño del fruto, es promisorio para agroindustria. Es de cascara delgada. Los dedos son rectos.	Es tolerante a sigatoka negra y amarilla	Se consume cocido, es muy blando, tiene buenas perspectivas de cultivo para gastronomía y agroindustria	Se está probando en Colombia.
Cachaco ó popocho. ABB (grupo bluggoe)	Proviene de la península de Malasia. Es un clon generado por mutaciones naturales.	La planta crece entre 2.5 y 3.5 m, Altitud óptima de cultivo de 0 a 2.000 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 360 días en promedio. Su cascara es blanda. Por su alto nivel de adaptación también tolera sequías y suelos con baja fertilidad.	Es resistente a sigatoka negra.	la pulpa es de color crema. Usado en postres y preparaciones frías.	Colombia

Nombre	Origen / entidad que lo desarrolló.	Características morfológicas y fenológicas más relevantes	Características de resistencia	Forma de consumo	País que lo cultiva principalmente
Banano sh-3436 (AAAA)	FHIA	La planta crece hasta 3 m, el ciclo de cultivo es de 430 días, Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 360 días en promedio.	Es resistente a sigatoka amarilla y negra, pero susceptible al mal de panamá.	Es de pulpa cremosa, se consume en fresco y en preparaciones frías.	Honduras, y otros países de Centroamérica.
Banano sh-3640	FHIA	“Hibrido Prata Ana” la planta crece hasta 2.6 a 4 m, el ciclo de cultivo es de 430 días, se debe cosechar verde, ya que se desprende con facilidad de la planta.	Medianamente resistente al mal de panamá y algunos nematodos, pero susceptible a sigatoka ,	Es de pulpa cremosa, por lo que es usado como fruta fresca y en preparaciones frías.	Honduras
Caipira y thap maeo AAA	EMBRAPA	Banano tipo baby. Porte medio y alto, es decir entre 3 y 3.5 m. Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 340 días en promedio.	Es resistente a Sigatoka amarilla y al Mal de Panamá	Para consumo como fruta fresca.	Brasil
Banano “pioneira” (pv12-03). AAAB	EMBRAPA	La planta crece entre 3.8 y 4.5 m, Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 360 días en promedio.	Es resistente a Sigatoka amarilla moderada resistencia al Mal de Panamá y baja incidencia de Picudo y nematodos.	Para consumo como fruta fresca.	Brasil
Banano “pacovan ken”	EMBRAPA	La planta crece entre 4 y 4.5 m, Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de	Es resistente a la Sigatoka amarilla y negra, así como al Mal de Panamá y es	Para consumo como fruta	Brasil

Nombre	Origen / entidad que lo desarrolló.	Características morfológicas y fenológicas más relevantes	Características de resistencia	Forma de consumo	País que lo cultiva principalmente
(pv42-68) AAAB		cultivo es de 380 días en promedio.	también moderadamente susceptible al Picudo y nemátodo	fresca.	
Banano “preciosa” pv42-85. AAAB	EMBRAPA	La planta crece entre 3 y 4 m, Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 350 días en promedio.	Resistente a la Sigatoka negra y amarilla y mal de panamá	Para consumo como fruta fresca.	Brasil
Banano. “tropical” yb42-21		La planta crece entre 3 y 3.5 m, Altitud óptima de cultivo entre los 0 y 1.200 m.s.n.m. El ciclo de cultivo es de 340 días en promedio.	Resistente a la Sigatoka negra y amarilla y es tolerante al Mal de Panamá.		Brasil

Fuente: propia del estudio

8. PRINCIPALES TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y BANANO

8.1 EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA

Por otra parte, varias investigaciones acerca del género *Musa*, han utilizado la embriogénesis somática y el cultivo de células, para la multiplicación masiva o con interés particular en el mejoramiento genético (Cote *et al.*, 1996; Gómez *et al.*, 2002). Los sistemas de inmersión temporal (SIT) han sido aplicados también para multiplicación de materiales vegetales de interés. Otros científicos han dirigido sus esfuerzos hacia la producción de semilla artificial mediante la encapsulación de embriones somáticos o yemas de bananos y plátanos las cuales han recibido considerable atención en años recientes como alternativa interesante de propagación (Rao *et al.*, 1993; Ganapathi *et al.*, 2001). Las ganancias respecto a los rendimientos máximos de las plantas procedentes del cultivo *in vitro* varían de un 20% en bananos hasta un 70% en plátanos.

Los resultados de la mejora de bananos y plátanos por vía de la biotecnología vegetal se hicieron con mayor rapidez en comparación con en los métodos tradicionales (Romero, 1997). El uso de la biotecnología podría ofrecer un valioso medio de generación y obtención de plantas de banano y plátanos resistentes a la Sigatoka negra. Una de las ventajas de los métodos biotecnológicos para la obtención de variedades resistentes es que permite trabajar con un elevado número de individuos y aumenta de esta forma la posibilidad de encontrar los caracteres deseados. Además, existe un control de la concentración del inóculo, del ambiente y el acceso a las plantas libres de la enfermedad (Escalant, 1989).

La variación somaclonal, la mutagénesis y la selección *in vitro* en el género *Musa* se han empleado con éxito en varios programas de mejoramiento genético. Más

recientemente se ha comenzado a trabajar en la transformación genética de este cultivo para conferir resistencia a enfermedades fúngicas (Swennen *et. al.*, 2003).

8.2 EL CULTIVO *in vitro* COMO TÉCNICA BIOTECNOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE MUTACIONES ESPONTÁNEAS Y/O INDUCIDAS

En Colombia se utiliza la técnica de cultivo de tejidos en la micropropagación de las musáceas comestibles, esto ha permitido la producción masiva de plantas sanas, libres de hongos, nematodos, virus y bacterias, la multiplicación rápida de genotipos importantes, la unificación de las plantaciones, la conservación de colecciones y el intercambio nacional e internacional de germoplasma (García *et al.*, 1998; Martínez *et al.*, 1999; Trujillo *et al.*, 1999).

Cultivo de ápices caulinares o meristemas: A través de esta técnica se producen plántulas asépticas, las cuales se originan de brotes axilares aislados del ápice vegetativo. El ápice se cultiva en un recipiente que contiene un medio nutritivo artificial, se mantiene bajo condiciones controladas y es inducido a producir brotes adventicios por eliminación de la dominancia apical y el uso adecuado de reguladores de crecimiento (Thorpe & Harry, 1997).

Cultivo de embriones: La embriogénesis somática en estas plantas, ha sido orientada al mejoramiento genético y la propagación masiva, para evaluar la posibilidad de obtención de semillas sintéticas. Para la iniciación de los cultivos embriogénicos se han empleado diferentes partes de la planta, como explantes: inflorescencias (flores masculinas y femeninas inmaduras), bases de las hojas jóvenes, fragmentos del rizoma (cormo) sin primordios meristemáticos, secciones de frutos, ápices florales y microcormos de plantas *in vitro* (Grapin *et al.*, 1998; Schoofs *et al.*, 1999; Trujillo & García, 1999).

Cultivo de polen y anteras: Perea (1998), señaló que se ha estudiado la viabilidad y la germinación in vitro de polen de *Musa balbisiana*: 'Tani' (BB); *Musa acuminata*: 'Malascensis pahang' (AA) y 'Pelipita parrenque' (ABB) Los explantes fueron transferidos a un medio de regeneración y posteriormente se les realizó un conteo cromosómico mediante el uso de algunos métodos citológicos.

Cultivo de protoplastos: El cultivo de células en suspensión corresponde al cultivo de células que no están diferenciadas ni organizadas en forma de tejidos. Las mismas se encuentran "suspendidas" en un medio líquido, donde se mantienen y dividen constantemente. De estas suspensiones se originan embriones somáticos que son aislados y transferidos a medios de germinación sólidos, con una eficiencia en la recuperación de plantas completas de un 20 a 36 % (Thorpe y Harry, 1997).

8.3 INGENIERÍA GENÉTICA

Actualmente, en el área de ingeniería genética se han desarrollado tres sistemas para la obtención de musáceas comestibles transgénicas: a) Introducción de ADN en protoplastos obtenidos a partir suspensiones de células por medio de electroporación (Swennen, 1995); b) Transformación de suspensiones de células embriónicas mediante el bombardeo de micropartículas (Becker et al., 1999) y c) Incorporación de genes mediante infección con *Agrobacterium tumefaciens* en tejidos de ápices caulinares (Pérez et al., 1999).

De los sistemas anteriores, el bombardeo de micropartículas a suspensiones de células se ha probado como el mejor método para la obtención de estas plantas transgénicas (Becker *et al.*, 1999). Sin embargo, Pérez *et al.* (1999) obtuvieron buenos resultados con el uso de *Agrobacterium*. Esto reafirma que estas dos técnicas de transformación genética son las más exitosas.

9. ESTADO DEL ARTE EN EL USO DE LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE LA BIOTECNOLOGÍA APLICADAS AL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL PLÁTANO Y BANANO

La selección y mejoramiento de las musáceas comestibles, se inició en Jamaica con la fundación del Colegio Imperial de Agricultura Tropical (I.C.T.A.) en el año de 1922. El objetivo principal del programa de mejoramiento fue producir un banano con todo lo bueno del cultivo “Gros Michel”, pero resistente a la enfermedad mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense). Sin embargo, en el año de 1930 la sigatoka empezó a ser una enfermedad de importancia económica y por ello se consideró como otro objetivo para lograr resistencia en los materiales (Shepherd, 1974; Dantas *et al.*, 1999).

El mejoramiento genético del plátano es una tarea difícil, producto de las complejidades dadas por la partenocarpia, esterilidad, poliploidía y propagación vegetativa. La mayor parte de los caracteres de importancia económica presentan diferencias significativas entre los diferentes grados de ploidía. La selección individual dentro de un mismo grado de ploidía es fundamental para el mejoramiento genético (Ortiz *et al.*, 1997). La variación del genoma ocurre dentro y a través de las generaciones de *Musa*, lo que reduce la precisión del desempeño de los progenitores sobre el valor de la progenie con respecto al rendimiento y otras características con herencia compleja. La selección de los progenitores a través del examen de la progenie se requiere, para lograr ganancias genéticas en el futuro (Tenkovano *et al.*, 1998). Estos programas, destinados a la obtención de nuevas variedades de un cultivo, con características superiores a los existentes, requieren básicamente de la utilización de la variabilidad genética, como punto de partida para efectuar las combinaciones de genes que resulten en las variedades deseadas.

El primer paso en el programa de mejoramiento consiste en buscar o seleccionar progenitores masculinos, los cuales deben ser altamente resistentes a las enfermedades fungosas: Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*), poseer un racimo vertical y compacto, ser partenocárpico, tener frutos tan grandes como la ploidía permita y con polen suficiente en las flores masculinas (Simmonds, 1966). Los diploides comestibles partenocárpicos traídos a las Antillas tienen la forma exigida y los frutos grandes, pero no son resistentes a la Sigatoka negra, sin embargo, los diploides con semillas son silvestres y en la mayoría de los casos son resistentes a las enfermedades fungosas, pero por su apariencia no son considerados como plátanos comerciales.

La actividad más importante en el mejoramiento de bananos y plátanos es el desarrollo de híbridos diploides superiores agronómicamente y resistentes a enfermedades (Tenkovano *et al*, 1998). Una de las vías más utilizadas se basó en la hibridación de clones triploides con fertilidad femenina residual con diploides mejorados como progenitor masculino (Román *et al*, 1988; Rowe y Rosales, 1993).

El mejoramiento genético da la posibilidad de reunir características y cualidades de diferentes poblaciones, por lo que amplía las bases genéticas para la selección y acelera los resultados del mejoramiento (Rodríguez *et al*, 1981), su eficiencia depende fundamentalmente del número de genes que toman parte de la determinación de los caracteres que hay que cambiar y el sistema de fecundación predominante en la especie dada (García, 1996). Este método ha sido muy explotado en el mundo y es la vía fundamental por la que se han obtenido la mayoría de las variedades cultivables.

La producción actual de plátanos se basa principalmente en los híbridos poliploides, los que posteriormente no pueden ser mejorados por selección clásica

a causa de su esterilidad. Sin embargo, una gran cantidad de mutaciones somáticas útiles se han acumulado durante siglos de propagación vegetativa y selección por los productores. Técnicamente se han desarrollado marcadores de ADN basados en microsatélites para caracterizar la variabilidad somaclonal (Kaemmer *et al.*, 1996) e identificar estas mutaciones útiles.

En el género *Musa*, los híbridos tetraploides son muy robustos y esta fuerza le confiere mayor resistencia a las enfermedades. Existe una estrategia basada en el mejoramiento de los tetraploides utilizando las propiedades antimitóticas de la colchicina para generar tetraploidía. Los tetraploides seminíferos obtenidos mediante el tratamiento de plántulas con colchicina han mostrado que disminuye la velocidad de crecimiento y el número de flores femeninas así como la fertilidad femenina (Desauw, 1998).

El germoplasma constituye el elemento de los recursos genéticos, que incluye la variabilidad genética intra e interespecífica, con fines de utilización en la investigación en general y específicamente en el mejoramiento genético. El banco de germoplasma es el fundamento esencial para un programa de mejoramiento genético, si se desea desarrollar este último sobre bases sólidas y obtener un avance consistente en todos los lineamientos de mejoramiento que se persigan (Castillo, 1991).

Las colecciones de campo juegan un papel inicial, ya que posibilitan no sólo conservar el germoplasma en un ambiente natural por un tiempo prolongado, sino también caracterizarlo y evaluarlo por lo menos durante las primeras fases, propagarlo regularmente y controlarlo con facilidad (Perret, 1990).

Las especies de plantas de propagación vegetativa, con un ciclo biológico largo o con semillas de corta duración (recalcitrantes), se suelen mantener en bancos de germoplasma de campo. Cabe citar cultivos como la yuca (*Manihot esculenta*

Crantz), la papa (*Solanum tuberosum* L.) y principalmente los bananos y plátanos (Perret, 1990).

Casi todos los países tienen por lo menos un banco de germoplasma de campo y hay muchos que cuentan con varios.

Se ha demostrado que los estudios cromosómicos siguen siendo la única comprobación exacta de los niveles de ploidía en el germoplasma de *Musa* (Van den Houwe *et al.*, 1995). De esta manera, el conteo de cromosomas ha sido utilizado con este fin por otros científicos que realizaron una clasificación de los géneros *Musa* y *Ensete* en el noreste de India, así como Amalray (1992), que caracterizó el banco de germoplasma de bananos en el sur de la India.

Es imposible confeccionar mapas genómicos detallados, sin el análisis de la estructura y el comportamiento de los cromosomas durante la mitosis y meiosis. Es por eso que el conocimiento citológico es útil para determinar los niveles de ploidía en el producto de los cruces obtenidos en programas de fitomejoramiento genético, interpretar fenómenos como la fertilidad masculina y femenina en los cultivos de *Musa*, la cual es afectada por variaciones en el número de cromosomas, su estructura y comportamiento (Simmonds, 1959), así como mejorar la utilidad de los cultivares de *Musa* a través del mejoramiento (Sandoval *et al.*, 1997). Realmente, la realización de un programa de este tipo se facilita enormemente, al suministrarle técnicas citológicas confiables (Vakili, 1996).

10. EL MEJORAMIENTO VEGETAL DEL PLÁTANO Y BANANO EN COLOMBIA Y SU IMPACTO

Teniendo en cuenta que el mejoramiento genético realizado en las plantas de plátano para intentar controlar la Sigatoka negra no son suficientes, los productores de plátano han solicitado la búsqueda de mejoramiento genético pensando en la productividad y en obtener un plátano de mayor tamaño y aceptabilidad por los consumidores debido a sus características físicas.

En Colombia en la actualidad no existe un programa de mejoramiento genético del plátano o banano, pues las entidades como CORPOICA, FUNDIPLAT, ente otras, estiman que una investigación para el mejoramiento genético es de alto costo y el resultado como avance de las mismas es poco alentador por esterilidad presente en los triploides y que por tal razón se recurre a usar híbridos y germoplasma importado para lograr mejorar ciertas características del plátano, además porque después de 50 años de investigaciones realizadas en Honduras en la FHIA, tampoco se ha llegado a obtener la optimización de una variedad que pueda resistir a todas las enfermedades y presentar características físicas de agrado al consumidor.

Por lo tanto se trabaja solo en transferencia de tecnología y adopción de material mejorado en otros países, especialmente procedente de Honduras, con la siembra de los híbridos FHIA.

Para tener mas claridad sobre las características de producción de las variedades introducidas, Corpoica realizo un estudio sobre rendimiento de plátano en Colombia, se analizaron las siguientes variedades del grupo Plantain (AAB): África, Dominico Hartón, Cubano Blanco y Hartón, además las del grupo Bluggoe (ABB): Cachaco o Popocho y los híbridos (AAAB): FHIA 20 y FHIA 21 repetidas dos veces, con excepción del híbrido FHIA 21 que tenía una repetición. Las

variedades Cachaco, Cubano Blanco y Hartón se cosecharon en el área rural de los municipios de Padilla y Guachené, departamento del Cauca, Colombia, cuya región se caracteriza por una temperatura promedio de 28 °C, una precipitación de 1500 mm/año, humedad relativa de 65%, altura de 1000 m.s.n.m, suelos ácidos y altos contenidos de aluminio. Las demás variedades provenían del municipio de Palestina, departamento de Caldas, Colombia, región donde la temperatura promedio es de 22.5 °C, precipitación de 2100 mm/año, humedad relativa de 76%, altura de 1050 m.s.n.m. y suelos de origen volcánico (González *et al.*, 2007).

Con estos datos se verifica si en Colombia se puede adaptar variedades de plátano mejoradas, teniendo en cuenta todas las variables físicas del suelo para posteriormente constatar si se presentan un mejoramiento en la calidad y cantidad del plátano.

En esta investigación se usaron los siguientes métodos, Para la cosecha de los racimos se siguió la metodología propuesta por González *et al*(2007). El almacenamiento se hizo en una cámara ambiental a 14 ± 2 °C de temperatura y 85% de humedad relativa. Al comienzo de las mediciones las manos (gajas) fueron separadas del raquis (vástago), registrando el peso respectivo de cada una y rotulando los dedos (plátanos) que fueron retirados de cada mano para ser pesados y medir sus longitudes y el perímetro central en forma individual. Para esta labor se utilizó una balanza Metler AE 200 con ± 0.0001 g, y una cinta métrica con ± 1 mm de precisión. Igual procedimiento se usó para los plátanos sin cáscara. Para calcular el diámetro central se tomó la ecuación 1:

$$D = \frac{P}{\pi}$$

Donde, P = perímetro (cm) y D = diámetro (cm).

La densidad se calculó para cada gaja utilizando tres dedos por medio del método del peso del volumen desplazado de agua (Dadzie y Orchard, 1996). El porcentaje

de cáscara corresponde a la relación entre el peso de la cáscara y el peso total (cáscara y pulpa). El contenido de materia seca se determinó por triplicado usando la A.O.A.C. (1995) en una estufa Memmert y precisión de ± 1 °C, las muestras utilizadas fueron cortadas en rodajas finas de 1 mm de espesor y el contenido de materia seca se midió en una muestra compuesta de tres dedos de cada gaja. Teniendo en cuenta los anteriores datos se puede ver que una de las principales variables y búsquedas en las investigaciones es mejorar el tamaño de la fruta controlando siempre los diámetros de cada plátano y la calidad de la cascara (Corpoíca, 2002).

Después de haber realizado un análisis estadístico a través del software SPSS para Windows v.15 para la obtención de la estadística descriptiva (el promedio o media usada fue la mediana), test de normalidad (Shapiro - Wilk), comparación de medias (t -Student, Anova), el análisis de componentes principales y la prueba de Ward que busca la mínima variabilidad dentro de los conglomerados (Corpoíca, 2002).

De los resultados obtenidos en la investigación realizada por peso del racimo y el número de dedos del híbrido FHIA 20 presentó los valores más altos. Por el contrario, la variedad África se destacó por mostrar los menores pesos entre todas las variedades del estudio, esta tendencia concuerda con los hallazgos de Herrera y Aristizábal (2003). Los dedos en las variedades Dominico Hartón, Cubano Blanco y Hartón se distribuyen uniformemente entre ambas filas de la mano. Se destaca el hecho que la fila expuesta directamente con el ambiente presenta un llenado de frutos más homogéneos y tiene la mayor proporción de plátanos, 69; 72 y 71% respectivamente. Los cultivares Cachaco, FHIA 20 y FHIA 21 tienen menos proporción de plátanos en la fila externa, por el contrario, la variedad África posee un alto porcentaje de plátanos en la fila externa y muestra tendencia a formar una sola fila en la gaja (Ver Tabla 5). (Corpoíca, 2002).

Tabla 4. Variables analizadas en los racimos de plátano en el estudio

Variables	Cachaco		FHIA 20		FHIA 21		Africa		Dom. Hartón		Cubano Blanco		Hartón	
	P.	D.E.	P.	D.E.	P.	D.E.	P.	D.E.	P.	D.E.	P.	D.E.	P.	D.E.
Peso racimo (kg)	19	1.9	26	2.7	20	4.6	14	3.5	19	2.5	16	1	17	0.7
Manos	6	0.6	7	0.6	5	2.1	5	0.6	8	1.2	10	0.6	7	0.6
Dedos	69	1.0	96	15.7	60	22.6	22	3.1	62	5.5	66	4.5	41	9.2
Dedos fila A ^a	41	1.0	55	7.2	36	14.8	19	5.2	42	2.9	47	3.6	29	5.7
Proporción dedos en la Fila A (%)	59	1.2	58	2.6	59	2.8	87	12.2	69	2.6	72	1.2	71	10.3
Dedos fila B ^b	28	1.0	41	9.0	25	7.8	3	2.5	19	3.2	19	1.2	12	5.5
Proporción dedos en la Fila B (%)	41	1.2	42	2.6	41	2.8	13	12.2	31	2.6	29	1.5	29	10.6

a. Corresponde a la fila exterior del racimo. b. Corresponde a la fila interior del racimo.

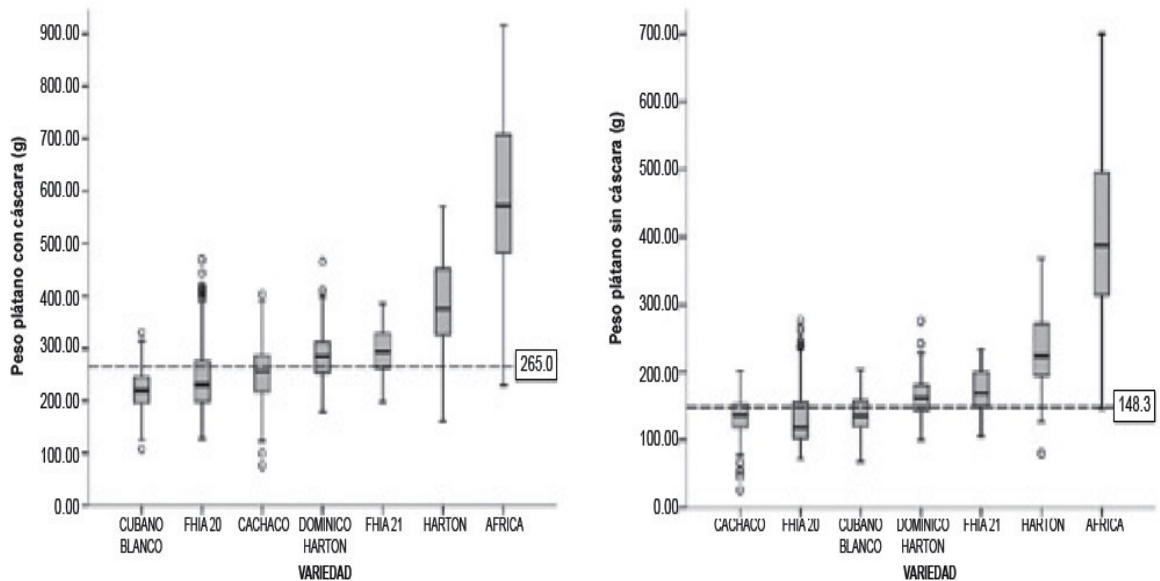
P = Promedio. D.E. = Desviación estándar.

Fuente: Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. 2002.

De lo anterior se destaca que las variedades de plátano analizadas en Colombia que presentan mejor estabilidad en su morfología sobre todo en la homogeneidad de los dedos de la mano son las variedades Dominico Hartón, Cubano Blanco y Hartón (Corpoíca, 2002).

Por otra parte el peso del plátano con cáscara fue en promedio, de 265 g, siendo mayor en las variedades África y Hartón, mientras que las variedades Cachaco, Dominico Hartón y FHIA 21 presentaron pesos similares al promedio y Cubano Blanco y FHIA 20 mostraron pesos inferiores. El promedio del peso de los dedos sin cáscara fue de 148.3 g formando grupos similares a los grupos anteriores, a diferencia del Cubano Blanco que presentó pesos en los dedos similares a los de la variedad Cachaco (Ver Figura 6). La menor variabilidad en peso de dedos en todo el racimo, la presentaron las variedades Dominico Hartón, FHIA 21 y Cubano Blanco, con coeficientes de variación menores al 19% en ambos estados del plátano (Corpoíca, 2002).

Figura 6. Peso promedio de plátanos con cascara y sin línea

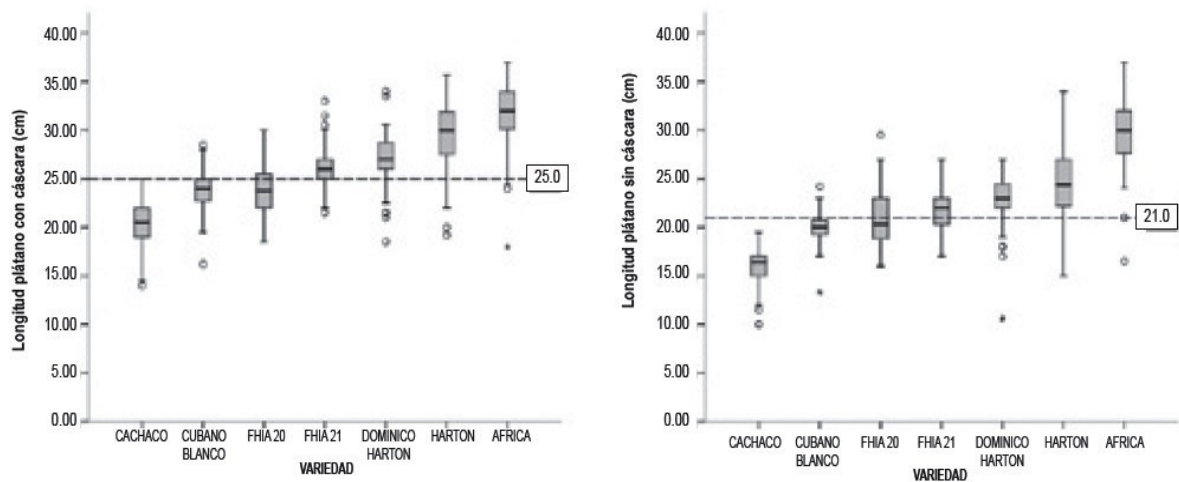


Fuente: Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. 2002

De los resultados se destaca que las variedades con mayor peso con o sin cascara son el Hartón y África.

Longitud. El promedio de longitud de los dedos con cáscara fue de 25 cm y de 21 cm para dedos sin cáscara. Las variedades África, Hartón, Dominico Hartón y FHIA 21 revelaron longitud superior al promedio, seguidas de las variedades FHIA 20 y Cubano Blanco y por último, la variedad Cachaco, que fue la más pequeña en ambos estados del plátano según se observa en la Figura 7. Los coeficientes de variación fueron menores del 10% tanto para el plátano con cáscara como sin ella, lo que representa una alta homogeneidad (Corpoíca, 2002).

Figura 7. Longitud promedio de los plátanos con cascara y sin ella

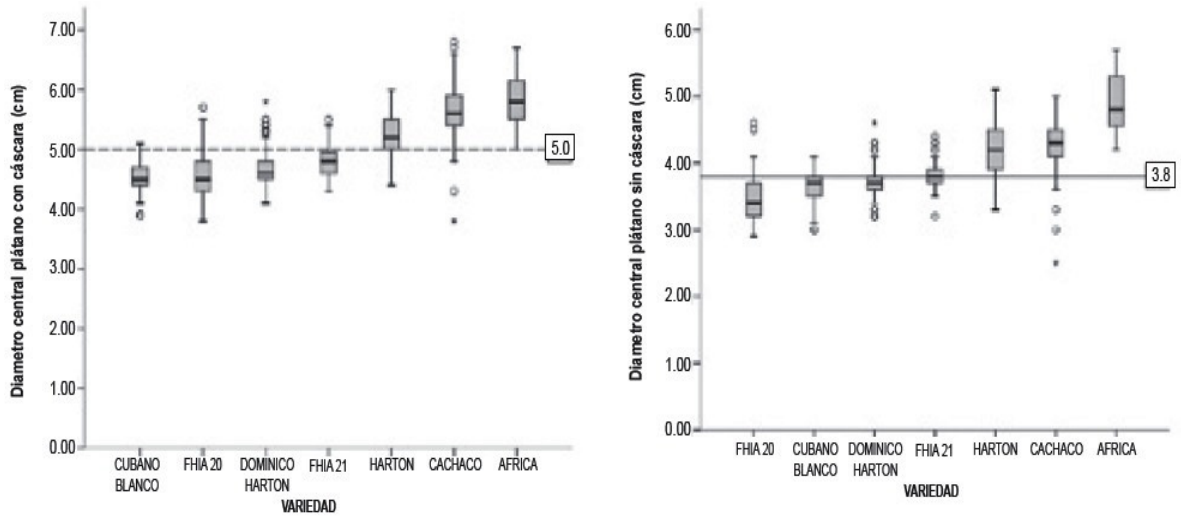


Fuente: Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. 2002

Viendo los resultados de longitud del plantano en las variedades investigadas los platanos Harton y África con o sin cascara son los que mayor tamaño tienen.

Diámetro. El diámetro central del fruto fue, en promedio, de 5 cm para plátano con cáscara y de 3.8 cm sin cáscara. Las variedades África, Cachaco y Hartón presentaron los mayores diámetros, mientras que FHIA 21, Dominico Hartón, Cubano Blanco y FHIA 20 mostraron diámetros inferiores al promedio en ambos estados del plátano con cáscara y sin ella (Figura 8). La homogeneidad es alta debido a que los coeficientes de variación fueron menores a 9% en plátanos con cáscara y sin ella (Corpoíca, 2002).

Figura 8. Diámetro central promedio de los plátanos con cascara y sin ella.



Fuente: Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. 2002

Los plátanos que tuvieron un mayor diámetro son Harton, Cachaco y Hartón analizados con cascara y sin cascara.

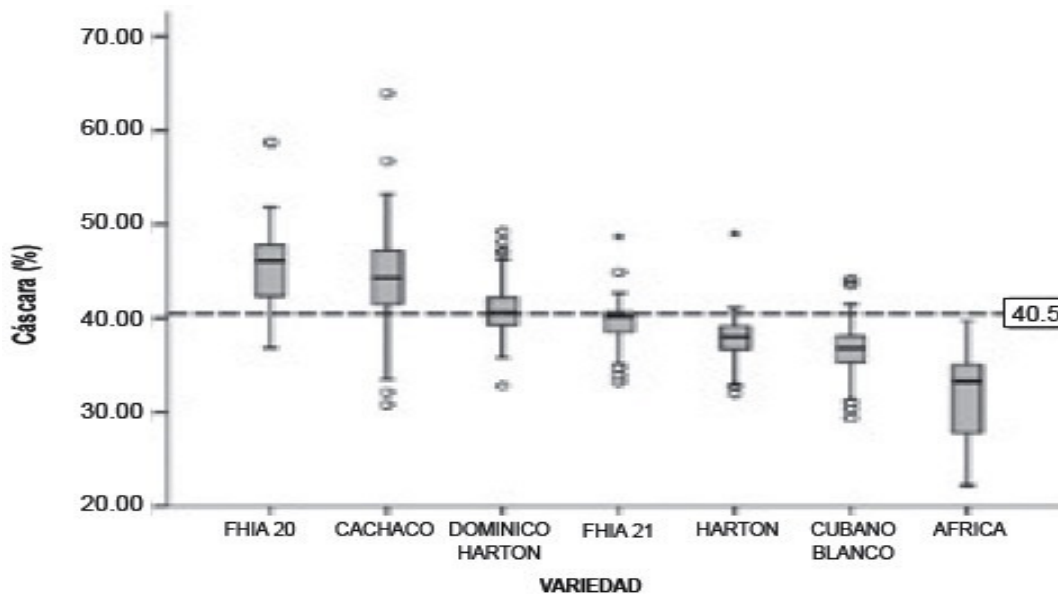
Densidad. Los plátanos tanto con cascara como sin ella mostraron promedios de 1 g/cm^3 , con coeficientes de variación menores que 8.4%. La variedad Cachaco fue la única que mostró un valor inferior al promedio (0.93 g/cm^3), con igual homogeneidad que las demás.

Se destaca que la densidad en todas las variedades es muy similar excepto en el Cachaco que es inferior a los demás, teniendo en cuenta este factor la variedad que siempre presenta los mejores resultados en todas las variables analizadas hasta el momento es el Hartón (Corpoíca, 2002).

Porcentaje de cascara. Las variedades FHIA 20 y Cachaco presentaron los porcentajes más altos de cascara (40.5%), seguidos de las variedades Dominico Hartón, FHIA 21, mientras que Hartón, Cubano Blanco y África presentaron

valores menores que el promedio, este último con un coeficiente de variación alto (15.3%) como se observa en la Figura 9. La homogeneidad es alta en las demás variedades con coeficientes de variación menores que 9%. Para determinar los porcentajes de cáscara no se tuvo en cuenta el vástago (Corpoíca, 2002).

Figura 9. Porcentaje de cascara de los plátanos evaluados



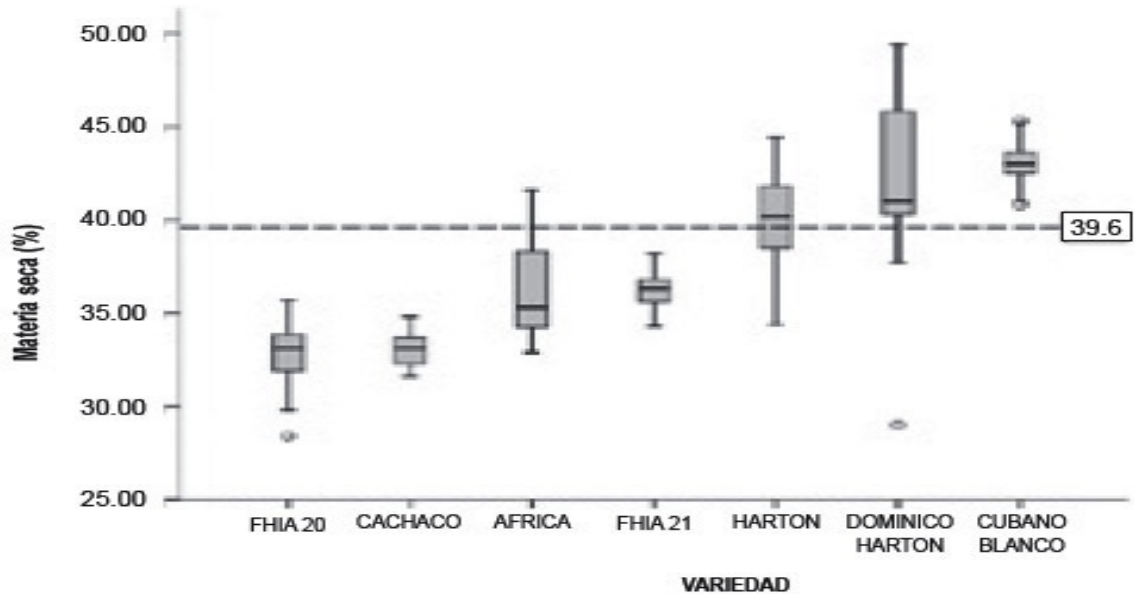
Fuente: Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. 2002

Una de las características importantes es el porcentaje de cascara presente en la fruta y como vemos en los resultados de la investigación consultada el Harton, Cubano Blanco y África son que la presentan un porcentaje menor teniendo así una fruta de mayor rentabilidad para el consumidor y/o industrializador de derivados del plátano.

Materia seca. Las variedades Hartón, Dominic Hartón y Cubano Blanco presentaron contenidos de MS (39.6%) superiores al promedio. Las variedades FHIA 20, Cachaco, África y FHIA 21 mostraron contenidos inferiores. Los

coeficientes de variación fueron menores que 8.3%, lo cual indica una alta homogeneidad en cada variedad según lo muestra la Figura 10. Estos resultados concuerdan con estudios anteriores en plátanos sembrados en La Tebaida, Quindío (Cayón *et al.*, 2000).

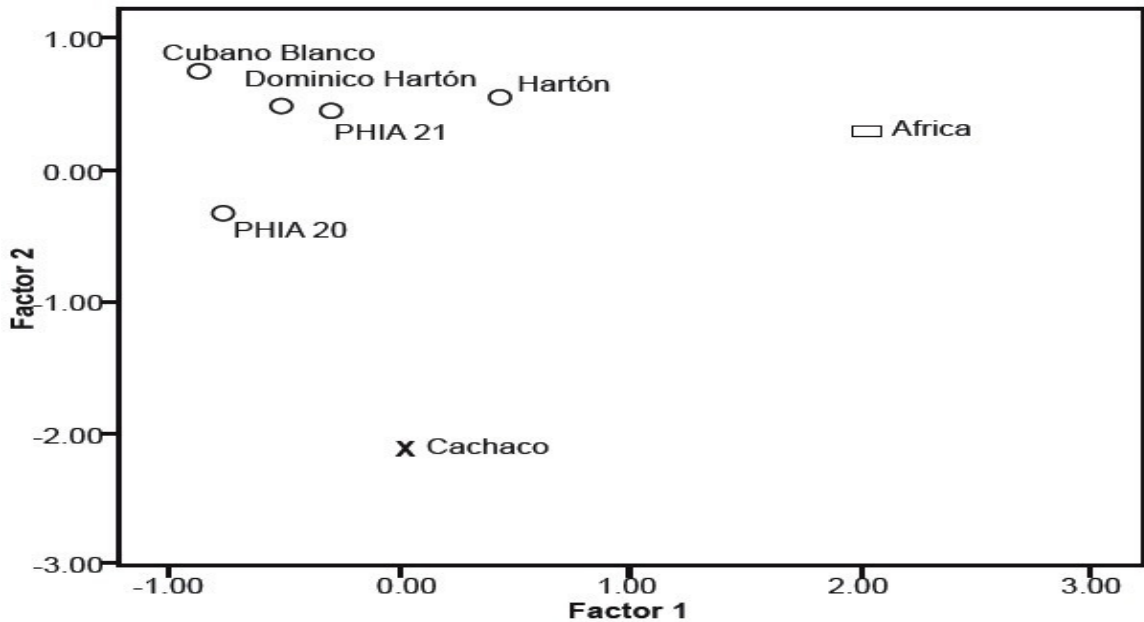
Figura 10. Materia seca de los plátanos evaluados.



Fuente: Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. 2002

El análisis multivariado en la Figura 11 muestra los promedios aritméticos de las características físicas y da como resultado tres grupos, en el primero se encuentra la variedad África, en el siguiente la variedad Cachaco y en el tercero, el de mayor homogeneidad en todas las características analizadas, conformado por Cubano Blanco, Dominico Hartón, Hartón, FHIA 21 y FHIA 20 (Corpoíca, 2002).

Figura 11. Análisis de multicomponentes para las variedades en estudio



Fuente: Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. 2002

De los resultados y análisis de cada una de las variables estudiadas en la investigación consultada se destacó que las variedades con mayor homogeneidad, estabilidad y mejores resultados promedio son: Cubano Blanco, Dominico Hartón, Hartón, FHIA 21 y FHIA 20.

Teniendo en cuenta los anteriores resultados se hace un análisis sobre la producción mundial de musáceas (bananos y plátanos de cocción) en 2007 se estimó en 104 millones de toneladas (MT). Entre los países con mayor producción se encuentran India 11.7; Uganda 9.7; Brasil 7.08; China 7.05; Filipinas 6.8; Ecuador 6.4 y Colombia 6 MT, respectivamente. El grupo de musáceas Plantain (AAB) aportan 25.4% (26 MT) de la producción mundial, donde Cuba y Colombia aportan 4.9 y 3.1 MT, respectivamente. Este grupo tiene a las variedades Hartón, Dominico Hartón y Dominico como las más representativas, son además las más exportadas y las más utilizadas en procesos agroindustriales (Lescot, 2008).

En América Latina y el Caribe las variedades de plátano tipo Plantain más cultivadas obedecen a los tipo French (Dominico), false Horn (Dominico Hartón) y al tipo Horn (Hartón), siendo los más comerciales los dos últimos, aunque muy susceptibles a enfermedades como la sigatoka negra y amarilla, que causan drásticas reducciones en la producción. La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, FHIA, a través del mejoramiento genético del cultivo de plátano ha producido diferentes híbridos (AAAB) resistentes a las sigatokas, entre ellas, FHIA 20 y FHIA 21. A esta última se le reconocen buenos atributos sensoriales cuando se prepara frito en tajadas (chips) (Arcila, 2002).

En Colombia, el tamaño, la calidad y la presentación de los frutos de plátano Dominico Hartón, producidos en la región cafetera central, son influenciados por la variación de las condiciones ambientales en las zonas de producción, principalmente por el estrés hídrico durante el período del desarrollo del racimo. Las musáceas responden de manera diferente al déficit de agua, observándose que los clones con genoma balbisiana (*Musa ABB*, grupo Bluggoe) son resistentes a la sequía, mientras que los plátanos (*Musa AAB*, grupo Plantain) son muy susceptibles, lo que genera una disminución en el peso final del racimo (Cayón *et al.*, 2000). La variedad de plátano África es un clon triploide AAB, originario de África y adaptado a nuestras condiciones. Este clon ha sido evaluado en la zona cafetera colombiana donde muestra una buena adaptación en diferentes altitudes y es una de las variedades más promisorias de la región cafetera, aunque el peso del racimo, el número de manos y de los dedos sean inferiores al de otras variedades como Dominico Hartón. Su pulpa contiene una consistencia suave y además su contenido de almidón es superior al de la variedad Dominico Hartón, tanto en estado verde como amarillo (Arcila, 2002).

A nivel de producción, un gran porcentaje de agricultores altamente tecnificados han adoptado los plátano y bananos mejorados que se han traído al país,

especialmente en las zonas más productoras como el eje cafetero y el Urabá antioqueño, donde la mayor parte de la producción es con destino a la exportación, mientras que la población que produce a mediana y baja escala sigue con las variedades tradicionales en bananos y con las típicas en plátano hartón, dominico-hartón y dominico, además los consumidores colombianos no conocen muy bien los materiales nuevos y es baja la adopción al consumo de estos.

11. EL MEJORAMIENTO GENÉTICO A NIVEL MUNDIAL

El mejoramiento genético de plátano y banano se ha basado en dos factores principales que fueron: el desarrollo de la potencialidad genética de la partenocarpia vegetativa y al mismo tiempo, el desarrollo de la esterilidad genética. Los plátanos comestibles más antiguos fueron, por tanto, linajes diploides comestibles de *Musa acuminata Colla*, como los que aún persisten en gran número en el sudeste de Asia.

Los cambios posteriores en los plátanos comestibles se produjeron por hibridación entre *Musa balbisiana Colla* y *Musa acuminata Colla* y por aparición de clones diploides, triploides y tetraploides. Los tipos comestibles triploides de *Musa acuminata Colla* (grupo AAA) parecen originarse en Malasia, en la misma región que sus progenitores diploides. Sin embargo, los híbridos son característicos de la India y existe un segundo centro de diversificación en la región de Filipinas. (Román, 2010).

“Los sistemas de evaluación en condiciones de campo de la resistencia de genotipos de *Musa* spp. frente a *M. fijiensis* han demostrado ser útiles aunque laboriosos. Para aumentar la eficiencia en la selección de genotipos promisorios, se requiere del desarrollo de metodologías de evaluación temprana que se produzca ya sea utilizando el patógeno o sus derivados” (Román, 2010).

En síntesis las técnicas mediante las cuales se ha intentado hacer mejoramiento genético en plátano y banano son:

- La hibridación como técnica de mejoramiento convencional.
- El cultivo in vitro como técnica biotecnológica para la obtención de mutaciones espontáneas y/o inducidas

- Cultivo de ápices caulinares (meristemos)
- Cultivo de embriones
- Cultivo de polen y anteras
- Cultivo de protoplastos

Estas técnicas han sido desarrolladas por distintas entidades como:

- La United Fruit Company
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA)
- Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA, Nigeria)
- Departamento de Agricultura de Jamaica
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (Brasil) (EMBRAPA)
- Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement-Francia (CIRAD)
- El Centre de Recherches Régionales sur Bananiers et Plantains (CRBP)

Los beneficios agronómicos que se han obtenido a nivel general son:

- Desarrollo de resistencia a hongos (*Mycosphaerella fijiensis* y *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense)
- Resistencia a nemátodos
- Resistencia a virus del encrespamiento del ápice (BBTV)
- Conservación de germoplasma

Y de la misma manera se han presentado limitaciones como:

- Variación somaclonal
- Propagación de enfermedades
- Oxidación
- Altos costos de los proyectos de investigación.

Pero definitivamente hay una limitante que tal vez es la más evidente e importante, son los altos costos que tiene cualquier programa de fitomejoramiento. En especial para las musáceas, ya que por sus características biológicas es complicado hacer mejoramiento genético.

12. CONCLUSIONES

Entre las más importantes entidades que hacen mejoramiento genético en plátano y banano en el mundo se destacan objetivos comunes como es buscar resistencia a la sigatoka negra y amarilla, el mal de panamá, *Fusarium*, nematodos y plagas como el picudo negro, relacionando cada entidad se destaca que: LA FHIA, basándose en el método convencional ha logrado desarrollar híbridos diploides con características agronómicas superiores y resistentes a enfermedades. Ha buscado características viables tales como resistencia a la Sigatoka negra, nematodos, mal de panamá y *Fusarium*. Uno de los logros de la FHIA es el diploide 'SH-2095' (AA) que fue escogido por las favorables características del racimo y se constituyó en el único híbrido agronómicamente superior seleccionado durante los primeros 10 años del programa de la FHIA y está en el *pedigree* de la mayoría de los diploides existentes. La FHIA por ser captador de donaciones internacionales debe hacer fitomejoramiento en plátano y banano destinado a varias de las regiones productoras del mundo. En Colombia se cultivan entre otros, plátanos híbridos FHIA 20 y FHIA 21 resistentes a sigatoka negra. La EMBRAPA; recientemente ha logrado caracterizar su banco de germoplasma por medio de RAPDs y microsatelites, los materiales han sido evaluados permitiendo la identificación de diploides promisorios silvestres y de cultivares, con esto lograron recomendarlos para que los productores los cultiven, los híbridos fueron: Pacovan, Prata Ana, Caipira y Thap Maeo (todos AAB) y FHIA-18, FHIA-21 y el SH-3640. Estos tetraploides son de tolerancia a nematodos, picudo negro y resistentes a sigatoka negra y amarilla. También incursionaron en campos como la selección in vitro de mutantes, uso de radiación para crear variabilidad y seleccionar mutantes resistente al Mal de Panamá; usaron agentes químicos mutagénicos e hibridación somática a través de fusión eléctrica y más recientemente el uso de biobalística para la producción de plantas transgénicas. El CIRAD-FLHOR: ha realizado caracterización molecular de germoplasma, cultivo

de tejidos, variación somaclonal entre otras formas de mejoramiento en plátano y banano, buscando desarrollar híbridos triploides en banano con resistencia a enfermedades y alto rendimiento. Son aliados con el CRBP. Finalmente tenemos el IITA, que ha contribuido con estudios de epidemiología de sigatoka, cultivo de tejidos, estudios sobre virus sobre el BSV y busca igualmente aportar a la producción óptima del cultivo de plátano y banano. A nivel de Colombia no existen entidades que hagan mejoramiento genético, algunas entidades como la Universidad del Quindío, Asociación para la investigación del plátano ASIPLAT, Colciencias, La Universidad del Valle, La Universidad de Caldas, han logrado caracterizar fenotípicamente algunas de las musáceas que existen en el país, especialmente para evaluar rendimientos y bromatología, solamente la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), ha caracterizado rendimientos de los FHIA 2 y 21, en diferentes regiones del país.

En nuestro país no se ha realizado ningún proceso de mejoramiento genético en plátano y banano, pero si se han introducido híbridos provenientes de programas de mejoramiento en otros países, como los FHIA 20 y 21, estos materiales se han adaptado a algunas regiones productoras en Colombia como el Valle del Cauca. En cuanto a banano la asociación de bananeros de Colombia AUGURA, cultiva actualmente las variedades Willians, Varleri y Gran enano, que pertenecen al grupo Cavendish y son resistentes a la sigatoka negra y el mal de panamá. El cultivo de los materiales mejorados ha generado en los productores colombianos un impacto positivo para los grandes productores, ya que ellos asimilan la información y aceptan los cambios en los actuales sistemas de producción, eso indica que bajan los costos y las empresas son más rentables, especialmente en fruta tipo exportación. Desde el punto de vista de los pequeños y medianos productores, ha sido compleja la situación porque ellos están marginados por la distancia de centros poblados, carecen de la información y el conocimiento, posean bajos recursos económicos, y tienen arraigos los cuales les limitan a adoptar nuevas tecnologías. Finalmente se puede afirmar que hasta el día de hoy,

en la sociedad colombiana no se conocen algunos de estos materiales mejorados esto a nivel de impacto económico reduce la razón de ser del fitomejoramiento, ya que si no hay difusión de la información nadie tendrá acceso a dichos materiales y los productores continuaran con los problemas sanitarios y los altos costos en las plantaciones. A nivel de exportación sí es diferente la demanda ya que por calidad y cantidad estos híbridos son más apetecidos tanto en plátano como en banano. A futuro y pensando en el posconflicto en Colombia, este cultivo puede ser alternativa para ocupar terrenos de cultivos ilícitos, donde socialmente causaría un gran impacto. Cabe anotar que a nivel científico y técnico no debemos desfallecer y al contrario, fortalecer estos procesos para difundir acertadamente la información y hacer del fitomejoramiento la mejor herramienta para acabar con las necesidades de alimentación y nutrición a nivel mundial.

13. RECOMENDACIONES

A nivel científico, continuar con la implementación de programas de investigación para avanzar en la obtención de nuevos materiales mejorados, así mismo socializar los resultados para que los productores puedan cultivarlos y mejorar así la productividad de tan importante cultivo.

Al estado colombiano, hacer inversión en programas de investigación que generen materiales mejorados, de esta manera puede ser más asequible a los productores debido a que bajaría el costo.

Académicamente, incentivar el estudio del Fitomejoramiento, ya que el desconocimiento de este tema ha traído mucho rechazo en la adopción de materiales genéticamente mejorados especialmente en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C. (1995). Official methods of analysis. 16 ed., Washington: Association of official Analytical Chemists.

Amalray, V. (1992). Collecting banana germplasm in Southern India. FAO. IBPGR. Plant Genetic Resources Newsletter (ITA).

Aránzazu F. & otros. (2002). El cultivo del plátano. Manual técnico. Corpoica, Regional 9. Pronatta.

Aránzazu Hernández, L. F. (2002). Enfermedades del cultivo de plátano y su manejo integral: Módulo VII. Capacitación tecnológica para la producción del cultivo de plátano en el Eje Cafetero. Corpoica. Manizales.

Aranzazu. H. L.; Arcila. P. M. I.; Bolaños. B., M. M. & otros. (2001). Manejo integrado del cultivo de plátano. Manual técnico. Corpoica. Manizalez.

Arcila, P. M. I. (1999). El cultivo del plátano. Corpoica Regional 9. Comité de Cafeteros del Quindío.

Association Newsletter autotetraploides mediante un tratamiento con colchicina de las plantas.

Banacol. Manual de Tecnificación del cultivo del plátano. Apartadó.

Banerjee, N, De-Langhe L (1985). A tissue culture technique for rapid clonal propagation and storage under minimal growth conditions of Musa (banana and

plantain). Plant Cell Reports 4.

Becker D.; Dudgale B.; Smith M. & Harding R. (1999). Genetic transformation of Cavendish banana (*Musa* spp. AAA) Group C.V. Grand Nain via microprojectile bombardment. In: May, G. (ed.). The International Symposium on the Molecular and Cellular Biology of Banana. Boyce Thompson Institute for Plant Research Inc. New York.

Belalcazar Sylvio & otros. El cultivo del plátano (*Musa* AAB Simmonds) en el trópico. Manual de Asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario (Colombia). Inibap, ICA, CIID, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío Armenia, 1991

Belalcazar Sylvio & otros. (1994). Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. Segundo Informe Técnico, Regional 9 ICA-CORPOICA. Armenia.

Belalcázar, S. (1998). El cultivo de Plátano. Guía Práctica. Comité de cafeteros del Quindío – INIBAP – ICA – Comité de cafeteros del Risaralda. Armenia – Quindío. Carvajal E, A. M. Acondicionamiento del plátano dominico hartón (*Musa* AAB Simmonds) con productos químicos y naturales, en el Quindío. Agua. En: memorias Acorbat Cartagena. (2002).

Belcalcazar, S. (1991). El cultivo del plátano (*Musa* AAB) en el trópico. Cali, Colombia. ICA.

Berrie, A. M. (1997). The Musaceae: the bananas. In: An introduction to the botany of the major crop plants . Heyden, Londres.

Bolaños Benavides, M. M. (2002). Manejo del suelo y las malezas (arvenses):

Módulo IV. Capacitación tecnológica para la producción del cultivo de plátano en el Eje Cafetero. Corpoica. Manizales.

Brenes, A. (1998). Evaluación del desarrollo vegetativo del plátano C. V. "Curraré" (*Musa* AAB) en Santa Clara de San Carlos. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica.

Brewer, G. J. & Singh C. F. (1971). Introduction to isozyme techniques. Acad. Press. New York.

Brown, A. H. D. & Moran G. F. (1981). Isozymes and the genetic resources of forest trees. In: Proc. Symp. Isozyme of North American forest trees and forest insects. M. T. Conkle (Ed). Berkeley C.A (USA) PSW 48.

Brown, A. H. D; Clegg, M. T. (1983). Isozymes of plant genetic resources. In: Isozymes: Current topics in biological and medical research. Proc. 4th. Inter. Cong, Austin 2.

Calvo, B. C.; Guzmán, M. (1998). Monitoreo de la sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a los fungicidas sistémicos utilizados en los programas de combate. En: Informe anual (1997). Dirección de Investigaciones y Asistencia Técnica. Corporación Bananera Nacional (CORBANA). San José, Costa Rica.

Castaño, C.A. *et al.* (2002). El plátano (*Musa* spp) Su cosecha y poscosecha en la cadena agroindustrial. NRI-SENA-DFI-CORPOICA- Federación Nacional de Cafeteros. Quindío.

Castellanos Castellanos, Pedro A. (1999). El deshoje y despunte en plátano y banano, una alternativa para el manejo de la sigatoka negra y amarilla. Cartilla

Ilustrada - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) - Pronatta, Colombia.

Castillo, R. T. (1991). Nuevos Departamentos de Recursos Fitogenéticos en Ecuador. *Diversity* 7(1-2).

Castrillón C. & Zuluaga L. (2005). Protocolo para el cultivo del plátano en el departamento de Caldas, con énfasis en producción ecológica. Corpoica.

Castrillón C. (2003). Nematodos del plátano y el banano. Manejo integrado. Corpoica. Manizales.

Castrillón, A.C. (1989). Plagas del cultivo del plátano. Boletín técnico. PNR-ICA. Regional 9.

Cayón, D.; Giraldo, G. G. A. & Arcila, M. I. (2000). Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) - Comité de Cafeteros del Quindío - Universidad del Quindío - Asociación para la investigación del plátano (Asiplat) - Colciencias.

Cazañas, J. (2001). Estudio de la variabilidad genética en clones de plátano (*Musa spp*). Trabajo de diploma. Facultad de Biología, UH.

Cepeda Siller, Melchor. (2001). Nematodos de los frutales: plátano. México: Trillas.

Champion, J. (1968). El plátano. Edición Española. Barcelona: Blume.

Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MARD, 2006). Encuesta Nacional Agropecuaria. Corporación Colombia Internacional (CCI).

Champion, J. (1968). El plátano. Traducción de Fermín Palomeque. Barcelona, España.

Checa, J. et al. (2003). Manual para el cultivo de Banano y Plátano. Técnicas de Orientación Agropecuaria. TOA. Bogotá.

Cheesman, E. E. (1948). Classification of the bananas III. Kew Bull.

Chomchalow, N. & B. Silayoi (1984). Banana germplasm in Thailand. Newsletter Regional Committee for Southeast Asia. 8(4). Cienc. Tec. Agric. Viandas Tropicales. }Vol 7(1):7-14. Ciencias. Facultad de Biología. UH.

Pool, D. J. & Irizarry K. (1987). Off type banana plants observed in a commercial planting of 'Grand Nain' propagated using the con la ploidía de papa. Cultivos Tropicales 17(1): Bogotá, Colombia. Conversation and Documentation Proceedings of Workshop. INIBAP International Network for the Improvement of banana and plantains. Montpellier.

Cote F.; Domerque R.; Monmarson S.; Schwendiman J.; Teisson C, & Escalant J. (1996). Embryogenic cell suspension from the male flower of Musa (AAA) C.V. Grand naine'. Physiol. Plant.

Cote, F.; X. Perrier & C. Teisson (1993). Somaclonal variation in *Musa sp*: theoretical risks and risk management. Future research prospect. In: Biotechnology applications for banana and plantain improvement Proceeding of an INIBAP workshop held in San José, Costa Rica,

Cronauer, S.S. & Krikorian A.D. (1984). Multiplication of Musa from Excised Stem Tips. Annals of Botany 53: Crous, P.

D' Amato, F. (1978). Chromosome number variation in cultured cells and regenerated plants. In: *Frontiers of Plant Tissue Culture. Proceedings of the 4 th International Congress of Plant Tissue and Cell Culture.* University of Calgary. Alberta, Canada. Edited by Thorpe, T.

Dadzie, B. K. & Orchard, J. E. (1996). Post-harvest criteria and methods for routine screening of banana/ plantain hybrids international Network for the Improvement of banana and plantain INIBAP, IPGRI, Montpellier, FR.

Dantas, J.; Shepherd K.; Soares W.; Cordeiro, Z.; Silva S. & Souza A. (1993). Citogenética e melhoramento genético da bananeira (*Musa spp.*). Embrapa-CNPMPF. Cruz das Almas, Brasil. De bananier Poyo. *Fruits* 17: Del pseudotallo en el plátano y banano (*Musa spp.*). *Journal of Heredity* 86(4).

De O, S.; E. Silva; A. P. de Matos; K. Shepherd (1997). Mejoramiento de bananos diploides (AA) en Embrapa/ CNPMPF. *Infomusa* 6(2).

De Smet, K.; I. Van den Houwe (1991). The banana germplasm collection at the INIBAP Transit Center. In: *Annual Report of INIBAP (1991).* International Network for the Improvement of Banana and Plantain. France.

De-Langhe, E (1996). Banana and plantain: The earliest fruit crop. *INIBAP Annual Report, INIBAP.* Montpellier diploides micropropagadas. *Australian Journal of Botany* 40.

Drew, RA, Smith MK (1990). Field evaluation of tissue-cultured bananas in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 30. Blume.

Desauw, D (1998). Etude des facteurs de la stérilité du bananier (*Musa spp*) et des relations cytotaxonomiques entre *M.acuminata* et *M.balbisiana* Colla. *Fruits* 43.

Díaz. D. C. A.; León T. G. & Fernández (1997). El cultivo del plátano en el bajo cauca antioqueño. Plegable divulgativo Corpoica, Secretaria de Agricultura. Umata: Taraza.

Dolezel, J.; M. Dolezelova & M. A, Lysak (1999). Análisis del genoma de *Musa* utilizando la citometría de flujo y citogenética molecular. *Infomusa* 8(1).

Dolezel, J.; M. Dolezelova & N. Roux (1998). A novel method to prepare slides for high resolution chromosome studies in *Musa spp*. *Infomusa* 7.

Eckstein K (1993). A field comparison of conventional suckers with tissue culture banana planting material over three crop cycles. *Journal of Horticultural Science* 68.

Escalant, J.V. (1989). Somatic embryogenesis and plants from immature zygotic embryos of the species *Musa acuminata* and *Musa balbisiana* Euphytica 102. Fertilidad del polen en cultivares de plátano (*Musa spp*). *Cienc. Tec. Agric. Viandas Tropicales*. 7(1). *Fusarium oxysporum f. sp.* Cubense on the development of banana *Musa*.

Espino, R. & Pascua, G. (1992). Isozyme analysis of Philippine banana cultivars/species. *ISHS. Wageningen (NLD)*. 1(321).

Fernández, L. (1999). Caracterización de la variabilidad morfológica y agronómica en 16 clones de yuca (*Manihot esculenta Crantz*). (Tesis de Maestro en Ciencias). Facultad de Biología. UH

Fhia, Informe anual 2013-2014.

Ganapathi, C, Srinivas L, Suprasanna P, Bapat V (2001). Regeneration of plants from alginate - encapsulated somatic embryos of bananas cv. asthali (Musa spp. AAB group). *In vitro cell Dev. Plant* 37: 178-181.

Ganapathi, TR, Higgs NS, Balint-Kurti PJ, Arntzen CJ, May GD, Van-Eck JM (2001). Agrobacterium -mediated transformation of embryogenic cell suspensions of the banana cultivar Rasthali (AAB). *Plant Cell Reports* 20(2). Ganz, T, Lehrer RI (1994). Defensins. *Cur. Opin. Immunol.*

Garcia I, (1996) Lorito, M, Woo SL, Collude G, Harman G.E.; Pintor-Toro JA, Filippone E, Muccifora S, Lawrence CB, Zoina A, Tuzun S, Scala F. & Fernandez I.G. (1998). Genes from mycoparasitic fungi as a source for improving plant

García, D; M. S. & González; O. Sam (1996). Algunas características asociadas al mejoramiento genético de la Musa

García, E. de., I. Trujillo., I. Hardy., L. Hermoso., M. Vidal & Giménez C. (1998). Mejoramiento genético del género Musa mediante la aplicación de Biotecnología Vegetal. *Memorias del Instituto de Biología Experimental*. 1: 157 – 160

García, H. (1996). Caracterización biométrica y citogenética de híbridos.

García. Trujillo, I. (1999). Somatic embryogenesis in vitro of Musa clones. *Phyton* 64: 7- 17

Giraldo, M; Belalcázar; S; Cayón, D & Botero, R.I. (1998). Memorias "Seminario

Internacional sobre Producción de Plátano”. Universidad del Quindío – Comité de Cafeteros del Quindío-SENA- INIBAP – CORPOICA. Armenia (UCO)

Gómez T., J. (1983). Nematodos fitoparasitos y su importancia económica en plantas de plátano en Colombia. En: Primer seminario internacional sobre plátano. Manizales.

Gómez. N.; Vásquez; M. Aguilar. Ortiz, J., M. (2002). Transformación genética de banano (cv. Gran Enano) y plátano (cv. Curraré) para introducir resistencia a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). XV Reunión Internacional Acorbat. Cartagena de Indias, Colombia.

González, H.; Giraldo, L. M.; & Villa, P. (2007). Respuesta de materiales de plátano al clima de la región de Santágueda (Palestina, Caldas, Colombia). Segundo Seminario Internacional de Plátano. Manizales, Caldas, Colombia.

González, P. M.; Jaramillo, R. (1979). Enfermedad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. *difformis* (Mulder & Stover). ASBANA 3 (10): 7-9.

Grapin, A., J. Ortiz., R. Domergue., J. Babeau., S. Monmarson., J. Escalant., C. Teisson & F. Côte. (1998). Obtención de callos embriogénicos, iniciación y regeneración de suspensiones celulares embriogénicas a partir de flores inmaduras masculinas y femeninas de Musa. InfoMusa 7(1): 13 – 15. interespecíficos y progenitores del género Nicotiana.

Guzmán, M.; Jiménez, A.; Vargas, R.; Romero. R. (1998). Evaluación de tres periodos libres de fungicidas triazoles sobre la sensibilidad y el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano. En: Informe anual

1997. Dirección de Investigaciones y Asistencia Técnica, Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). San José, Costa Rica.

Guzmán, M.; Romero, R. (1995). Aporte de los componentes aceite agrícola, fungicida protectante en el combate de la Sigatoka negra del banano. pp. 45-47. En: Informe Anual. Dirección de Investigaciones Agrícolas, Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). San José, Costa Rica.

Guzmán, M.; Romero, R.A. (1996). Severidad de la Sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis* Morelet) en los híbridos FHIA-01 y FHIA-02. , Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). San José, Costa Rica. 21(45):41-49.

Guzmán, M.; Romero, R. A. (1996a). Eficacia de cuatro dosis de aceite agrícola en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis* Morelet) en Banano (*Musa AAA*). Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). San José, Costa Rica. 21(46): 129-139.

Guzmán, M.; Romero, R. A. (1997). Evaluación de tres aceites agrícolas utilizados en el control de la Sigatoka negra en banano. Informe anual 1996. Dirección de investigaciones y Servicios Agrícolas. Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). San José, Costa Rica. p: 56-57.

Guzmán, M.; Romero, R.A. (1997a). Comparación de los funguicidas azoxistrobina, propiconazole y difenoconazole en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis* Morelet) en banano (*Musa AAA*). Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). San José, Costa Rica. pp. 56-57.

Guzmán, M.; Romero, R. A. (1998). Evaluación de cuatro aceites agrícolas utilizados para el combate de la Sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis* Morelet)

en el cultivo de banano (*Musa* AAA; cv. Gran enano). Informe anual 1997. Dirección de Investigaciones y Asistencia Técnica. Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). San José, Costa Rica. pp. 87-89.

Herrera, M. & Aristizábal, L. M. (2003). Caracterización del crecimiento y producción de híbridos y cultivares y variedades de plátano en Colombia. *Infomusa* 12(2):22–24

Holdridge, L. (1983). *Ecología basada en zonas de vida*. (Trad) Humberto Jiménez. San José. Costa Rica. 216 pp.

Jones, D (2000) Fungal disease of the foliage. En: Jones D (ed). *Diseases of Banana; Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford. pp. 48-71

Jones, D (2003) The distribution and importance of *Mycosphaerella* Kaemmer, D.; D. Fisher; R. L. Jarret; P. J. Lagoda (1996). *Molecular breeding leaf spot disease of banana*

Lescot, T. (2008). La diversité génétique des bananiers en chiffres. *Les Dossiers de Fruitrop*. Londres, 155: 29 – 33.

Marín, D.; Romero, R. (1992). El combate de la Sigatoka negra. *Boletín Técnico* N° 4. 22p. CORBANA. San José, Costa Rica.

Martínez, G.A. (1997). Deficiencias nutricionales y recomendaciones de fertilización en el cultivo del plátano (*Musa* AAB Simmonds) de la Orinoquía Colombiana. Manual técnico No. 01. Convenio CORPOICA-SENA. 60p.

Martínez, G.A. (1994). *Untersuchungen zur Wirkung der Mineralstoffemahrung auf*

Wachstum, Entwicklung und Fruchtproduktion der Mehlbanane (Musa AAB, Simmonds) in den feuchtwarmen Tropen Ost-Kolumbiens. Tesis p.H.D. Universität Hohenheim. 113 p.

Martínez, G. A. (1988). El cultivo del plátano en los llanos orientales. Manual 01. Corpoica, regional 8-Pronatta.

Martínez, G.A. (1984). Efecto del número de hojas sobre la producción de plátano en el trópico húmedo colombiano. *Revista ICA* 19:357-359.

Martínez, G.A. (1983). Ecología del cultivo del plátano. Primer seminario internacional sobre plátano. Memorias. Manizales. Colombia.

Martínez, G.A., Becerra, J.J. & Villamil, J. (1997). Producción rápida de semilla de plátano por el método de explante. Plegable divulgativo No. 1. Convenio CORPOICA-SENA.

Mendez, BMJ, Rodríguez BIP, Tulmann NA (1993) Effect of toxic filtrates of micropropagated true – to - type and off – to - type banana plants (Musa AAA cv Grande naire). *Cellular and Development Biology Plant* 32: 14 - 17.

Mercado de Duque, M; Ramírez, N. & Rodríguez, P. (1998). El Plátano. En: Principales avances en investigación y desarrollo tecnológico por sistemas de producción agrícola. Corpoica 5 años. Santafé de Bogotá D.C.

Merchan, V. V.M. (1996). Prevención y manejo de la sigatoka negra. Boletín informativo. ICA-PNR.

Montero, H. (1998). Manejo post-cosecha y comercialización del plátano (*Musa* spp. grupo aab). Universidad de Greenwich – SENA. regional Magdalena Colombia. 416 pp

Morales, A. (2000). Plátano. En: Frutoterapia “Los frutos que dan vida”. Ecoe ediciones. Santa Fe de Bogotá. 223pp.

Mourichon X (2002) *Mycosphaerella eumusae* and its anamorph *Pseudocercospora eumusae* cvs.) shoot tips. En: In vitro mutation breeding of bananas and plantains. Final reports of an FAO/IAEA co-ordinated research programme organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture from 1988 to 1993. pp. 31-36. FAO Roma

Muñoz, C. (1994). Paquete tecnológico del cultivo de plátano (*Musa* AAB). Comisión regional de plátano. Región Norte. San Carlos, Costa Rica. 8 pp

Muñoz (2010). El Banco de Germoplasma de Musáceas del CENIAP I. Fuente de diversidad genética. Fonaiap Divulga 50. Octubre – Diciembre. pp: 29 – 32.

Ocampo, C.M. (2004). Aprender Haciendo, Producción Agrícola. Mana Gobernación de Antioquia UCO. Medellín. p. 165 a 182.

Orozco M. R. (2000). El cultivo del plátano en la zona del Darién. Boletín técnico 8. Corpoica.

Orellana, P (1998). Introducción a la propagación masiva. En: Pérez, P. (Ed) Propagación y mejora de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Santa Clara, pp. 125-133. IBP.

Ortiz, R.; D. Vuytsteke; M. N. Ogburia (1997). Herencia del carácter encerado

Osuji, J. O. (1997). Multivariate pattern of quantitative tract variation in triploid banana and plantain cultivars.

Páez R., A. (1996). El moko del plátano. Universidad de Caldas, (Tesis M. Sc.). p.44.

Palencia Calderón, G. E. (2006). Manejo integrado del cultivo del plátano. Documento en formato electrónico. Corpoica. Bucaramanga.

Palencia E. G. & Gómez R., M. J. (2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. Corpoica-Corpoboyacá. Bucaramanga. 27 p.

Pardo, J. (1983). El cultivo del banano. San José, Costa Rica. EUNED. Serie: Cultivos mayores N° 7. 73 p.

Peláez, M. C. & otros. Comercialización de plátano dominico-hartón cultivado en el departamento del Quindío. Citado en: Cayón Gerardo; Giraldo Germán y Arcila María I. Poscosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Quindío.(2000). p. 149-150.

Perea-Dallos, M. & W. Navarro-Alvarez, (1988). Técnicas 'in vitro' para la producción y propagación de las musaceas

Perea-Dallos, M. (1989). La Nueva Revolución Verde. Revista Universidad Nacional.

Pérez, L. (1997). Banco de germoplasma de Musacea . In: Informe anual.

Pérez, L. (1992). Densidad de siembra en plátano “Curraré” (AAB). Informe Anual 1991. CORBANA. Departamento Investigación. (CRI). 1992: 102-104.

Pérez, L. (1994).. Densidad de poblaciones altas en plátano, cv. “Curraré” (*Musa* AAB). CORBANA (C.R.) 19(42): 25-30.

Perret, P. M. (1990). Background paper on field genebank *Musa*

Rao, P, Ganapathi C, Suprasanna P. & Bapat V (1993). Encapsulated shoot tips of banana: a new propagation and delivery system. INFOMUSA 2(2): 4-5 resistance to fungal pathogens. Proc. Natl. Acad. Sci. 95:7860–7865

Robin, J.; J. Champion (1962). Études des émission des racines de la variété

Robinson, JC (1996) Bananas and Plantains. Crop production science in Horticulture 5, CAB International. Wallingford Robinson, JC, Fraser C,

Rodríguez, A. & J. Ventura. (1992). El mejoramiento genético del plátano y el banano en Cuba. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro von Humboldt”. La Habana, Cuba. 10 p.

Rojas, M. J. & Parra. M. E. (1998). El cultivo del plátano. Corpoica-Pronatta. Florencia. 27 p.

Román, M. I. & Rodríguez Nodals A. (1986). Estudios citogenéticos e Román, M. I.; A. Rodríguez; X. Xiqués; C. González; A. Rayas; M. J. González

Román, M. I.; Manzano; M. J. López J. & Rodríguez A. A. (1988). Estudio de la

Musa

Romero C (1997). Metodología para la selección in vitro de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en banano. INFOMUSA. 6(1):14-15 Biotecnología Vegetal (2006). 6 (3), 143.

Rosales F.E.; Pocasangre L.E. (2002). Mejoramiento convencional de banano y plátano:

Estrategias y logros. (2002). .Memorias XV realizada en Cartagena de indias, Colombia, 27 de octubre al 2 de noviembre de 2002. Medellín Colombia. Asociación de bananeros de Colombia, AUGURA.

Rosero R., A. Banano y plátano. Enfermedades y plagas. Guía para práctica. Augura- Cenibanano. 68 p.

Rowe, P.P.; Rosales, F. E. (1993). Diploid breeding at FHIA and the development of Goldfinger (FHIA - 01). Infomusa 2(2): 9 - 11. San José.

Sandoval, J. F.; J. Cote; J. E. scoute (1997). Chromosome number variations in Schoofs, H., B. Panis., H. Strosse., A. Mayo., J. López., N. Roux., J. Dolezel y R.

Shepherd, Dantas (1999). J., K. S. De Oliveira., A. da Silva., E. Alves., Z. Maciel & W. Soares. Citogenética e Melhoramento Genético. In: Alves, E. (ed.). A cultura da Banana. Aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. 2° edição revisada. Brasília, Brasil. pp: 107 – 150.

Shii CI (1972). In vitro formation of adventitious buds in banana shoot apex

following decapitation. Hort Science 19:231-233.

Mejoramiento de plantas. Universidad Nacional de Costa Rica Conicit, Costa Rica, 105

Simmond, N. W. (1973). Los plátanos. 2da. ed. Traducción de Esteban Riambau. Barcelona, España. BULME. 247 p.

Simmonds, N. W. (1966). Los plátanos. Barcelona.

Simmonds, N. & K. Shepherd. (1959). The taxonomy and origins of the cultivated bananas. J. Linn. Soc. 55: 302 – 312.

Simmonds, NW (1966). First International Congress of Plant Pathology, Abstracts Bananas. 2 nd. Ed. Londres, UK, Logmans

Simmonds, NW (1997). Pie in the sky. Tropical Agriculture

Simmonds, N. W. (1962). The evolution of the bananas. spp. Nov., causal agent of eumusae leaf spot disease of banana. Sydowia 54.

Soto, M. (1992). Banano: cultivo comercialización. 2da. ed. San José, Costa Rica. Lil, S.A. 649 p.

Stover, R. H. (1980). Las manchas producidas por las enfermedades de la Sigatoka en las hojas de bananas y plátanos. SIATSA. La Lima, Honduras. 17 p. (mimiografiado).

Summerville, W. A. T. N. (1944). Studies on nutrition as qualified by development

in *Musa Cavendish* . Lambet . Queensl . J. Agric. Sci 1,1 - 127.

Swennen R, Zapata F (2003) Roux, N, Toloza A, Busogoro J, Panis B, Strosse H, Lepoivre P, Mutagenesis and somaclonal variation to develop new resistance to *Mycosphaerella* leaf spot diseases.

Swennen, E. *et al.* (1986). Study of the Root development of some *Musa* cultivars in hydroponic. *Fruits* 41(9):515-524.

Swennen, R.; Vuylsteke D. & Ortiz R (1995). Phenotypic diversity and patterns of variation in Wets and Central African plantains (*Musa* spp; AAB group Musaceae). *Economic Botany* 49(3):

Swennen. (1999). Cuellos de botella en la generación y mantenimiento de las suspensiones celulares morfogénicas de banano y la regeneración de las plantas vía embriogénesis somática a partir de ellas. *InfoMusa* 8(2): 3 – 7.

Tapiero, Aníbal L; Arango, Julián A.; & otros. (s.f.). Epidemiología y manejo de enfermedades del cultivo de plátano en el piedemonte llanero. Corpoica. Villavicencio. p. 19-24

Tenkovano, A.; J. H. Crouch; H. K. Crouch; R. Ortiz (1998). Genetic diversity,

Thorpe, T. & S. Harry. (1997). Application of tissue culture to horticulture. *Acta Horticulturae* 447: 39 – 49.

Trujillo I. y E. García. (1996). Aplicación de métodos de presión de selección en la obtención de variantes de banano resistentes a la sigatoka amarilla. *Phyton* 59: 111 – 121.

Trujillo, I., E. de. García & J. Berroteran. (1999). Evaluación de plantas de banana obtenidas in vitro. *Anales de Botánica Agrícola* 6: 29 – 35.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (1997). Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Plan de Acción Mundial. Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el Mundo.

Vakili N (1968). Response of *Musa acuminata* species and edible cultivars to infection by *Mycosphaerella musicola*. *Tropical Agriculture Trinidad* 45: 13-22.

Valerio R, Garcia E, (2008). Transformación genética de plátano (*Musa sp. cv. hartón*) mediante biobalística aplicada a tejidos meristemáticos. *Interciencia*. 33 (3).

Vargas, A.; Guzmán, M. (2001). Comparación de dos estrategias de combate químico de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátanos de tipo Falso cuerno (*Musa AAB*). *CORBANA* 27(54): 65-78.

Ventura, J, Mener V, López J, García M, Rodríguez S, García J. & Reynaldo D (1998). Manejo de los explantes en inmersión temporal, clon de banano FHIA-18. III Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal. Palacio de las Convenciones de la Habana. FAO. Cuba.

Vuylsteke D, Hahn Sk (1989). Combating the black sigatoka threat to plantains. *IITA research briefs* 9(2):2-4

Vuylsteke D, Ortiz R (1994). Fruit evaluation of IITA black sigatoka resistant

tetraploid plantain hybrids. Abstracts of XXIVTH International Horticultural Congress, Kyoto, Japan. 21-27 agosto.

Vuylsteke, D.; Ortiz, R. (1997). Variación de ploidía en híbridos procedentes de cruces 3x X 2x interploides en Musa. *Tropicultura* 15(1): 37 - 39.

Vuylsteke, Ortiz, R. & D. (1996). Recent advances in Musa genetics, breeding and biotechnology. *Plant Breeding Abstracts* 66: 1355 – 1363.

Withers y R. Panis, B., N. Thinh., K. Van Nimmen., L. Swennen. (1992). Cryopreservation of banana (*Musa* spp.) meristem cultures after preculture on sucrose. *Plant Science* 121: 95 – 106.