

Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano

Chemical composition and distribution of dry matter in genotypes of banana and plantain fruits

Composição química e distribuição de matéria seca do fruto em genótipos de banana cumprida e banana

César Martínez-Cardozo,¹ Gerardo Cayón-Salinas,² Gustavo Ligarreto-Moreno³

¹ Estudiante de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. cesamartinezc@unal.edu

² MSc, Universidade Do Estado De Minas Gerais. Profesor asociado, Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. dgcayons@unal.edu.co

³ PhD, Universidad Nacional de Colombia. Profesor titular, Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. galigarretom@unal.edu.co

Fecha de recepción: 27/08/2015

Fecha de aceptación: 24/02/2016

Para citar este artículo: Martínez-Cardozo C, Cayón-Salinas G, Ligarreto-Moreno G. Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*. 17(2):217-227

Resumen

Se evaluó la distribución de materia seca en el racimo y atributos de composición química del fruto en 12 cultivares de plátano y banano de la Colección Colombiana de Musáceas (CCM) y se determinaron acercamientos entre los cultivares por medio de un análisis estadístico de componentes principales y de conglomerados. Las variables porcentajes de pulpa fresca y seca, porcentaje de cáscara seca, contenido de almidón, K, Ca, Cu, Mn, azúcares totales, cenizas, Fe, Zn y B representaron la mayor diferenciación de los cultivares. Los cultivares Orishelle (grupo 1) y FHIA-1 (grupo 2) presentaron los niveles más elevados de los minerales Fe y Zn. Orishelle representa una importante fuente de

minerales para la nutrición humana pues se resalta su alto contenido de Fe (51,7 ppm) que se encuentra por encima del promedio general de los demás cultivares evaluados (29,1 ppm), mientras que los mayores niveles de azúcares totales se encontraron en el híbrido FHIA-21 (grupo 2) y el cultivar Gross Michel coco (subgrupo 3B). Los porcentajes más altos de materia en pulpa con respecto a la materia total del racimo los mostraron el material Pisang Mas (subgrupo 3B) (83 %) y los cultivares África 1 (subgrupo 3A) (82,6 %) y Gross Michel coco (82,1 %). Los cultivares Cachaco (grupo 2) y Dominico (subgrupo 3A) mostraron los mayores porcentajes de cáscara fresca por racimo.

Palabras clave: musa, producción, calidad de los alimentos, carbohidratos y nutrientes

Abstract

The distribution of dry matter in the bunch and chemical attributes of the fruit were evaluated in 12 cultivars of plantain and banana from the Musaceae Colombian Collection (CCM) and the similarities among the clusters were determined by a statistical analysis of main components and conglomerates. The variables percentages of matter in pulp, percentages of matter in nuts, percentages of fresh pulp, starch content, K, Ca, Cu, Mn, total sugars, ash, Fe, Zn, and Cu represented the greatest differentiation of the cultivars. Cultivars Orishelle (group 1) and FHIA-1 (group 2) had the highest levels of the minerals Fe and Zn; Orishelle, is an important source

of minerals for human nutrition in general given its high content of Fe (51.7 ppm), which is above the overall average of the other cultivars evaluated (29.1 ppm), whereas higher levels of total sugars were found in the hybrid FHIA-21 (group 2) and cultivar Gross Michel coco (subgroup 3B). With a value of 83% for the material, Pisang Mas (subgroup 3B), followed by Africa 1 (subgroup 3A) with 82.6% and Gross Michel coco with 82.1%, showed the highest percentages of matter in pulp with respect to the total per bunch. The cultivars Cachaco (group 2) and Dominico (subgroup 3A) had the highest percentages of fresh nuts per cluster.

Keywords: Musa, Production, Food Quality, Carbohydrates, Nutrients

Resumo

Avaliou-se a distribuição de matéria seca no racimo e atributos de composição química do fruto em 12 cultivares de banana cumprida e banana da Coleção Colombiana de Musáceas (CCM) e se determinaram aproximações entre os cultivares por médio de uma análise estatística de componentes principais e de conglomerados. As variáveis percentagens de polpa fresca e seca, percentagem de pele seca, conteúdo de amido, K, Ca, Cu, Mn, açúcares totais, cinzas, Fe, Zn e B representaram a maior diferenciação dos cultivares. Os cultivares Orishelle (grupo 1) e FHIA-1 (grupo 2) apresentaram os níveis mais elevados dos minerais Fe e Zn. Orishelle representa uma importante fonte de minerais para a nutrição

humana, pois resalta-se o seu alto conteúdo de Fe (51,7 ppm) que encontra-se acima da média geral dos demais cultivares avaliados (29,1 ppm), enquanto que os maiores níveis de açúcares totais se encontraram no híbrido FHIA-21 (grupo 2) e o cultivar Gross Michel coco (subgrupo 3B). As percentagens más altas de matéria em polpa a respeito à matéria total do racimo as mostraram o material *Pisang Mas* (subgrupo 3B) (83%) e os cultivares *África 1* (subgrupo 3A) (82,6%) e *Gross Michel coco* (82,1%). Os cultivares *Cachaco* (grupo 2) e *Dominico* (subgrupo 3A) mostraram as maiores percentagens de pele fresca por racimo.

Palavras claves: musa, produção, qualidade dos alimentos, carboidratos e nutrientes

Introducción

El banano es una fruta ampliamente cultivada y consumida en el mundo debido a su aroma característico y agradable sabor (Khawas et al. 2014; Mohapatra et al. 2010), es una fruta tropical con alto valor nutricional y, junto con las manzanas, es la fruta de mayor consumo en el mercado europeo (Arvanitoyannis y Mavromatis 2009). El banano es la quinta materia prima agrícola en el comercio mundial después de los cereales, azúcar, café y cacao, y la segunda fruta más consumida en el mundo porque es rica en energía, minerales y vitaminas A, C, B6 (Kuttimani et al. 2013). La producción mundial de bananos y plátanos es de aproximadamente 145 millones de toneladas (106 millones de banano y 39 millones de plátano) y, de este total, alrededor del 87 % se produce para los mercados locales, nacionales y para el consumo interno (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2011).

Actualmente, la investigación agrícola está orientada al mejoramiento de los cultivos para incrementar la cantidad y la calidad de los nutrientes en los frutos (Aluru et al. 2008; Welch and Graham 2004); la calidad nutricional y el número de frutos por racimo son índices de selección importantes en los programas de mejoramiento de banano y plátano (Ndukwe et al. 2012). El análisis proximal y las concentraciones de minerales en los frutos de plátano fueron determinados por varios autores (Yomeni et al. 2004; Adeniji et al. 2007; Baiyeri et al. 2009). La composición química, fluctúa de acuerdo a la interacción de factores específicos del cultivar, del estado de maduración, las condiciones ambientales y las prácticas agrícolas empleadas, además del tratamiento postcosecha (Afanador 2005; Arvanitoyannis y Mavromatis 2009). Aunque morfológicamente las plantas de plátano y banano presentan similitud, poseen características diferentes incluyendo el valor nutricional de sus frutos (Biodiversity International 2003).

La principal diferencia entre un plátano y un banano es el contenido de humedad, el plátano tiene en promedio 65 % de humedad y el banano alrededor del 83 % (Sharrock y Lusty 2000). Los bananos

utilizados como fruta presentan dominancia acuminata (AAA), tienen un bajo contenido de almidón y mayor cantidad de azúcares, mientras que los plátanos de cocción son de dominancia balbisiana (ABB), tienen alto contenido de almidón y baja cantidad de azúcares (Perea 2003).

Desde el punto de vista fisiológico, el análisis de las relaciones alométricas de la distribución de la materia seca entre los diferentes órganos de la planta, a través de la ontogenia de la planta, facilita el estudio de características genéticas en especies de plantas con interés comercial. Antes de la floración, las plantas de plátano y banano dirigen más del 50 % la materia seca hacia el pseudotallo y las hojas, lo que da origen a una parte aérea fuerte capaz de soportar posteriormente un gran racimo. Para construir esta masiva estructura, la planta produce materia seca a una de las mayores tasas que se conocen entre los cultivos perennes tropicales (Stover 1985). En banano, antes de la floración, el cormo contiene casi el 45 % del total de la materia seca de la planta, pero disminuye a 30 % en la cosecha (Robinson y Galán 2011; Torres et al. 2014). En plátano, en la floración, el cormo contiene casi el 25 % de la materia seca total y en la cosecha solo el 10 % (Cayón 2004); mientras que en la cosecha, el 9 % de la materia seca total de la planta de plátano está en el rizoma, el 32 % en el pseudotallo, el 43 % en el racimo, 14 % en las hojas y 2 % en las raíces (Cayón 2004; Chaves et al. 2009). Lo anterior se debe, en gran parte, a la redistribución de las reservas del cormo hacia los frutos en desarrollo. Estas relaciones alométricas pueden ser alteradas a través de modificaciones genéticas de plantas que tienden a incrementar el índice de cosecha (Nyombi et al. 2009).

La Colección Colombiana de Musáceas constituye uno de los bancos de germoplasma únicos y más importantes en el mundo, por lo cual la caracterización agronómica de sus materiales significa un gran aporte al conocimiento científico de los genotipos de banano y plátano. El presente trabajo tuvo como objetivo conocer a cerca de la distribución de materia seca en el racimo y la composición química del fruto de 12 genotipos de plátano y banano pertenecientes a dicha colección, para utilizarlos como una herramienta básica en los programas de selección de germoplasma de musáceas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la CCM referenciada en el Musa Germoplasm Information System (s. f.), administrada por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), localizada en el centro experimental El Agrado, municipio de Montenegro, departamento del Quindío, a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, altitud de 1.310 msnm, temperatura media anual de 22 °C, precipitación anual 2.100 mm y humedad relativa media de 78 %; el suelo del campo experimental es de textura franco arenosa, pH 6,0 y 5,7 % de materia orgánica. Se utilizaron 12 cultivares, entre diploides, triploides y tetraploides considerados clones élites en términos de producción y calidad de la fruta y adaptados a las condiciones agroecológicas de producción en el país y a patrones de consumo (tabla 1) (Giraldo et al. 2011; Gilbert et al. 2013). La parcela estuvo conformada por diez plantas y como unidad experimental se tomaron tres plantas por material,

seleccionadas cuando se encontraban en la etapa inicial de floración, correspondiente a la aparición apical de la bellota. Cuando las plantas llegaron al estado de cosecha del racimo, se tomaron los frutos, se registró su peso fresco y luego, se tomó una muestra fresca y se colocaron en un horno de ventilación forzada a 80 °C por 24 horas, hasta llegar a peso constante. Con los datos generados, se estimó la distribución de la biomasa fresca y seca de la pulpa, cáscara y raquis. De cada racimo, se tomaron dos frutos de las manos 1, 3 y 5 para registrar su peso, longitud y perímetro; en la pulpa seca de los frutos se determinó el contenido de almidón (por hidrólisis enzimática) y azúcares totales (por el método de antrona) en el Laboratorio de Agroempresas Rurales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Mediante análisis de tejido vegetal, se determinó la composición de los elementos mayores, menores y micronutrientes fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B) en los frutos.

Tabla 1. Información de los cultivares evaluados de plátano y banano de la CCM

Nombre común	Colección	Número	Genoma	Tipo
Cachaco	ITC*	ITC0093	ABB	Plátano
Pelipita	ITC	ICC0472	ABB	Plátano
Dominico	Corbana	26	AAB	Plátano
Dominico-Hartón	USDA-TARS	TARS 17180	AAB	Plátano
África 1	-	-	AAB	Plátano
Orishelle	ITC	ITC0517	AAB	Plátano
FHIA-03	Naro	77	AABB	Plátano
FHIA-21	Naro	MMC256	AAAB	Plátano
FHIA-01	Corbana	72	AAAB	Banano
Bocadillo	-	-	AA	Banano
Pisang Mas	ITC	ITC0465	AA	Banano
Gross Michel coco	ITC	ITC1122	AAA	Banano

* ITC: International Transit Centre, Bioversity International.

Fuente: Musa Germoplasm Information System s. f.

Los datos generados fueron sometidos a un análisis estadístico multivariado de ordenación a través de componentes principales y análisis por conglomerados por medio del software SAS® V 9.0. En la selección de variables se consideran más importantes las que presentan los coeficientes de mayor valor absoluto en cada componente principal por ser las que más aportan en la discriminación de los cultivares (Franco e Hidalgo 2003). Las variables con coeficiente negativo significan que están caracterizando en sentido contrario en relación con las variables positivas. A través del análisis de conglomerados, utilizando enlace promedio con el criterio de maximizar la variación entre grupos y minimizarla dentro de ellos, se construyó un dendrograma usando la distancia de correlación de Pearson que mide el grado de asociación lineal entre dos objetos, es decir hasta qué punto dos objetos son proporcionales y dónde el recorrido de este coeficiente varía entre -1,0 y 1,0 (Franco e Hidalgo 2003).

Resultados y discusión

Al analizar los valores de las características evaluadas se encontró que el valor nutricional de fósforo (P) en el fruto de plátano y banano fue de 0,1 %, para todos los cultivares en estudio, es decir, que fue una constante por lo que no los discrimina, en consecuencia no se consideró esta característica en el

procesamiento de los datos. El análisis de componentes principales desarrollado para las otras 16 variables cuantitativas en la clasificación de los genotipos de plátano y banano determinó, para cada componente, un vector característico asociado y conformado por los coeficientes de las variables consideradas en el estudio, a partir del cual, se seleccionaron los coeficientes con mayor valor absoluto que corresponden con las variables que más aportan en la discriminación de cultivares (Franco e Hidalgo 2003).

Al aplicar la estadística multivariada de componentes principales, se detectó que los primeros cinco componentes presentaban un valor característico superior a 1, siendo los de mayor importancia en el estudio, con una representación del 84,82 % de la variación total. En la tabla 2 se muestra que el primer componente contribuyó con 27,7 %, el segundo con 21,9 %, el tercero con 16,04 %, el cuarto con 11,31 %, mientras que el quinto lo hizo con el 7,8 % de esta variación. Este análisis permitió identificar que el primer componente principal es un vector asociado a las variables distribución de materia seca por órgano del racimo y de los frutos y contenido de almidón; las características que separan a los cultivares fueron en su orden porcentaje de pulpa seca del fruto (PPS), porcentaje de cáscara seca (PCS), porcentaje de pulpa fresca (PPF), almidón, porcentaje de raquis seco (PRS) y porcentaje de raquis fresco (PRF) (tabla 2).

Tabla 2. Variación representada por los coeficientes de las variables de racimo y fruto en 12 cultivares de plátano y banano asociada a los cinco componentes principales

Variables	Componentes principales				
	1	2	3	4	5
Azúcares totales	-0,110	0,073	0,558	0,277	0,029
Almidón	0,293	-0,146	0,263	0,162	0,407
Cenizas	-0,227	0,280	0,111	-0,414	-0,055
K	0,063	0,450	0,140	0,116	0,025
Ca	0,067	-0,375	0,333	-0,020	0,007
Fe	0,256	0,167	-0,213	0,260	-0,496
Mn	0,096	0,330	0,175	-0,129	-0,156

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Variables	Componentes principales				
	1	2	3	4	5
Zn	-0,215	0,280	-0,160	-0,303	0,433
Cu	-0,042	0,365	0,265	0,397	-0,148
B	-0,250	0,070	-0,002	0,369	0,475
% Cáscara fresca (PCF)	0,143	-0,067	0,467	-0,390	-0,093
% Pulpa fresca (PPF)	0,361	-0,195	-0,198	0,234	-0,080
% Raquis fresco (PRF)	0,263	0,254	-0,157	0,060	0,155
% Cáscara seca (PCS)	0,399	0,016	-0,060	0,087	0,137
% Pulpa seca (PPS)	-0,423	-0,070	0,068	-0,055	-0,155
% Raquis seco (PRS)	0,264	0,272	-0,060	-0,122	0,140
Contribución por componente (%)	27,77	21,90	16,04	11,31	7,78
Contribución de componentes acumulada (%)	27,77	49,67	65,73	77,04	84,82

Fuente: Elaboración propia

Las variables que más aportan en la discriminación en el segundo componente son K, Ca, Cu y Mn, por lo cual se puede considerar este componente asociado a la expresión de nutrientes mayores y menores en el fruto, el comportamiento de la absorción y acumulación de los elementos minerales es similar a estudios de Yang et al. (2013), en plátano en los cuales el potasio alcanzó los valores más altos (521,7 g/planta), seguidos del nitrógeno (118,3 g/planta) y el calcio (167 g/planta).

En el tercer componente, la separación de los cultivares se debió, en especial, a la concentración de azúcares totales. En el cuarto, las cenizas y, al igual que en el quinto, las variables de minerales son las que discriminan a los cultivares donde Fe y Zn tienen gran aporte, elementos hoy día considerados de alto valor agregado en la dieta de productos biofortificados (Vilela et al. 2014).

Estas características fisicoquímicas han sido indicadores relevantes que pueden contribuir en la explicación

de la aceptación de ciertos cultivares, como los azúcares y el almidón (Gilbert et al. 2013). Sin embargo, para garantizar la aceptabilidad, también es necesario considerar la firmeza específica relacionada con la distribución de materia seca del fruto (Gilbert et al. 2013). Es posible también interpretar los resultados obtenidos para la variable azúcares totales como azúcares reductores porque, en la pulpa de los frutos de banano y plátano, los azúcares totales, en su gran mayoría, son reductores (glucosa y fructosa), debido a que se producen de una hidrólisis de almidón en tránsito al sistema respiratorio (Cayón et al. 2000).

El dendrograma obtenido a través de la distancia de correlación de Pearson y el algoritmo de enlace promedio (figura 1) muestra la distancia con recorrido entre 0 y 1 porque lo graficado es el R^2 , el cual indica qué asociación de cultivares con distancia $R^2 = 0$ son totalmente distantes y con $R^2 = 1$ son materiales similares, al considerar los datos de las 16 variables cuantitativas analizadas

que aportan variación, con excepción del fósforo (P) que se comportó como una constante. A 0,40 unidades de distancia de correlación de Pearson, aparecen tres grupos de colectas con discriminación, principalmente por las variables Fe, azúcares

totales, PCS y PPS; el grupo 1, conformado por el cultivar Orishelle, presentó los valores más altos para las variables Fe con 51,7 ppm y 38 % en el PCS, y los valores más bajos en azúcares totales con 1,8 % y 55,1 % de PPS (figura 1, tabla 3).

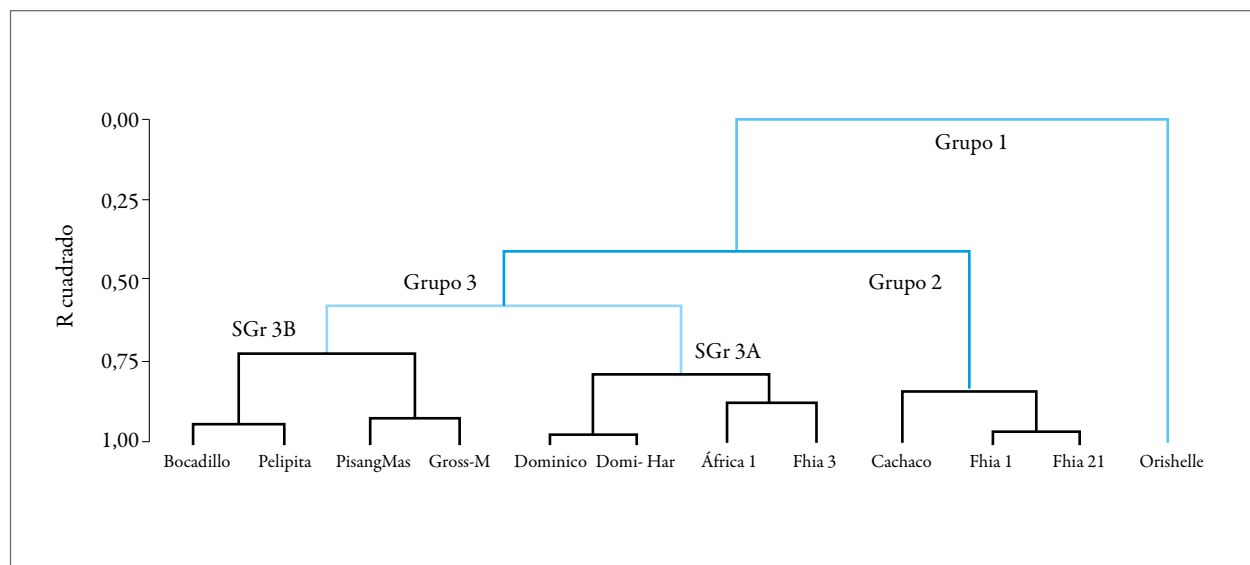


Figura 1. Dendrograma de 12 cultivares de plátano y banano construido a partir de 16 variables cuantitativas seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia

El material Orishelle (grupo 1) representa una importante fuente de minerales para la alimentación humana debido a su alto contenido de Fe (51,7 ppm) que se encuentra muy por encima del promedio general de los demás cultivares (29,1 ppm) y niveles de Zn, K y B muy cercanos a los promedios de los grupos 2 y 3, por lo que se les puede considerar que presentan valores aceptables para la composición mineral de la pulpa (tabla 3). La mayoría de los minerales son cruciales en muchas actividades enzimáticas y en la protección celular contra el ataque de radicales libres (Garg et al. 2005; Anhwange 2008). El bajo contenido de azúcares totales de 1,8 % en este cultivar puede ser un factor importante para suplir mercados especiales para la población que requiere cantidades bajas de este componente en su alimentación.

El segundo estuvo conformado por el cultivar de banano FHIA 1 y los plátanos Cachaco y FHIA 21; mientras que el grupo 3, que es el más numeroso

en cultivares, lo conforman tres bananos y cinco plátanos. Estos dos grupos presentan valores promedio mayores o igual a 3 % de azúcares totales, ppm de Fe inferior a 37,1 y PPS superior a 73,7 % (tabla 3). La determinación de la composición química de los frutos de plátano y banano es una herramienta científica básica que permite seleccionar los genotipos más apropiados según el fin de postcosecha que se desee.

El contenido de cáscara en fresco (PCF) entre los cultivares varió entre 31,1 % en el grupo 1 a 40,7 % en el grupo 2, similar comportamiento a lo que reportado por Gilbert et al. (2009) y Dufour et al. (2009), con variación entre el rango de 38-45 % para variedades de plátano de cocción y de postre, cultivadas en Colombia. En este estudio, los cultivares con valores de cáscara superiores como los de 38 % producen rendimientos promedio bajos y una mayor cantidad de desechos, lo cual es una desventaja para fines industriales.

Tabla 3. Discriminación de cultivares de plátano y banano para el conjunto de las 16 variables seleccionadas

Grupo	Cultivar	Azúcares totales (%)	Almidón (%)	Cenizas (%)	K (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Cáscara/racimo (%) fresco-seco	Pulpa/ racimo (%) seco
1	Orishelle	1,8	83,7	2,5	0,8	51,7	3,3	2,3	25,0	31,1	38,0
Promedio Grupo 1		1,8	83,7	2,5	0,8	51,7	3,3	2,3	25,0	31,1	38,0
2	Cachaco	1,0	80,7	3,0	0,6	33,0	3,7	1,3	25,0	45,1	27,7
	FHIA 1	0,8	80,0	3,3	1,0	42,7	4,0	2,7	25,0	38,3	20,4
	FHIA 21	7,2	78,7	2,9	1,1	35,7	3,7	3,3	25,0	38,6	17,8
Promedio Grupo 2		3,0	79,8	3,1	0,9	37,1	3,8	2,4	25,0	40,7	22,0
	Dominico	6,8	85,3	2,5	0,6	22,3	2,7	2,0	25,0	40,1	21,9
	Domini- co-Hartón	3,6	78,3	3,2	1,0	16,0	4,7	2,0	25,0	37,8	19,7
	África 1	5,2	80,0	2,9	0,9	20,3	3,7	1,7	25,0	31,9	11,0
	FHIA 3	3,6	80,0	3,0	1,0	22,7	6,3	2,3	25,0	35,7	20,3
Promedio SGr 3A		4,8	80,9	2,9	0,9	20,3	4,3	2,0	25,0	36,4	18,2
	Pisang Mas	1,2	74,0	2,7	0,7	37,0	4,0	1,7	25,0	27,9	13,3
	Gross Mi- chel coco	7,5	76,7	3,5	1,3	29,0	5,3	2,7	33,3	32,4	14,3
	Pelipita	1,5	82,3	2,6	0,8	18,0	4,7	2,3	33,3	33,3	18,9
	Bocadillo	1,4	79,7	3,0	0,7	21,3	5,0	2,0	25,0	29,6	58,7
Promedio SGr 3B		2,9	78,18	3,0	0,9	26,3	4,8	2,2	29,2	30,8	19,0
	Promedio Grupo 3	3,9	79,5	2,9	0,9	23,3	4,5	2,1	27,1	33,6	18,6
Promedio general		3,5	80,0	2,9	0,9	29,1	4,3	2,2	26,4	35,2	21,1

Fuente: Elaboración propia

El cultivar Orishelle presentó alto contenido de almidón (83,7%) superando el promedio de los grupos 2 y 3, que presentaron promedios de 79,8 y 79,5 % conformados por plátanos y bananos (tabla 3). Dufour et al. (2009), reportaron un patrón similar con cantidades mayores de almidón en plátano Macho (86,5%) que en bananos (81,9%); el almidón es el principal carbohidrato de reserva en la mayoría de las plantas (Jenner 1982). En las primeras horas después de la cosecha de los bananos, el almidón se hidroliza, lo cual puede estar relacionado con un aumento en el contenido de humedad en la pulpa después de la cosecha, mientras que un contenido mayor de proteínas se podría relacionar con un menor contenido de almidón (Rosales-Reynoso et al. 2014).

El grupo 1 presentó el menor contenido de cenizas (2,5%), mientras los grupos 2 y 3 presentaron 3,1 y 2,9%. Gilbert et al. (2009) reportaron un contenido de cenizas ligeramente mayor para seis cultivares de bananos (3,2%), lo cual se puede relacionar con el mayor contenido de minerales en los bananos respecto a los plátanos. El plátano Orishelle (grupo 1) con 2,5% de cenizas fue similar en su comportamiento con el plátano Macho de México que mostró un contenido de cenizas de 2,6-2,7% e inferior a los bananos con datos mayores a 3,2%, según lo reportan Rosales-Reynoso et al. (2014). Para la variable cenizas, el grupo 2 presentó los mayores valores, siendo el cultivar FHIA-1 el de más alto porcentaje dentro de este grupo (3,3%); sin embargo, el cultivar Gross Michel coco registró la mayor proporción (3,5%).

El grupo 3 presentó los mayores porcentajes de azúcares totales (3,9%), destacándose el subgrupo 3A por su alto porcentaje grupal (4,8%), el cultivar Gross Michel coco del subgrupo 3B y el híbrido FHIA-21 del grupo 2, registraron los mayores valores individuales (7,5% y 7,2%). En general, los valores para los 12 cultivares evaluados son heterogéneos, lo cual se puede deber a que los contenidos de azúcares son influenciados por el ambiente y a la diferencia en el contenido de humedad, puesto que la hidrólisis ocurre más rápido entre mayor humedad posea el fruto, por ello el proceso de conversión de almidón a azúcares es más rápido para los bananos que para

los plátanos (Arcila et al. 2001; 2002; Sharrock y Lusty 2000).

De igual manera, la concentración de azúcares influye sobre los tejidos de pulpa y cáscara, con efectos sobre el aumento de la relación pulpa/cáscara durante la maduración ya que, durante este proceso, la concentración de azúcar en la pulpa aumenta rápidamente en comparación con la cáscara, lo que contribuye a un cambio diferencial en la presión osmótica (Dadzie y Orchard 1997).

La distribución de materia fresca y seca para la cáscara y la pulpa, con respecto al racimo, presentó los mayores valores para el grupo 3. Con un valor de 83% para el material Pisang Mas, seguido del cultivar África 1 (82,6%) y Gross Michel coco (82,1), estos fueron los porcentajes más altos de materia distribuida hacia la pulpa con respecto a la distribución de materia total del racimo. Si se relacionan los resultados anteriores con el porcentaje de peso fresco de cáscara para cada material (27,9%, 31,9% y 32,9%, respectivamente), se observa que el cultivar Pisang Mas posee mayor cantidad de pulpa, mientras que Orishelle obtuvo el menor porcentaje de los 12 materiales evaluados, siendo superado incluso por el diploide Bocadillo (58,7%) (tabla 3).

De acuerdo con Dadzie y Orchard (1997), existe una relación lineal y una fuerte correlación entre la relación pulpa/cáscara y la edad del racimo. El aumento de la relación pulpa/cáscara durante la maduración indica los cambios diferenciales en el contenido de humedad de la cáscara y la pulpa. La cáscara pierde agua por transpiración hacia la atmósfera y la pulpa por ósmosis, lo que contribuye a un aumento del peso fresco de la pulpa a medida que la fruta madura (Dadzie y Orchard 1997). Entre genotipos de plantas se presentan diferencias en el reparto de la materia seca por lo cual es importante conocer la manera como la biomasa producida se distribuye entre los órganos como el fruto de la planta para poder comparar el crecimiento de cada órgano con respecto al crecimiento total de la planta y establecer diferencias fisiológicas entre genotipos de la misma especie (Lacointe 2000).

Conclusiones

La caracterización de los 12 cultivares de la Colección Colombiana de Musáceas por variables alométricas de distribución de materia seca y composición química del fruto, permitió seleccionar las variables de peso seco y fresco de la pulpa y de la cáscara, el contenido de almidón, los contenidos nutricionales de K, Ca, Cu y Mn, azúcares totales, Fe y Zn en su orden, como los que más inciden en la discriminación de los cultivares, lo cual aporta conocimiento para los nuevos enfoques del mejoramiento genético de la especie.

Las variables en estudio en los 12 cultivares de plátano y banano por su naturaleza cuantitativa con alto efecto de ambiente sobre la expresión del genotipo no permitieron discriminar los plátanos de los bananos, esto puede ser posible al usar descriptores moleculares, que solo muestran el componente genético.

El cultivar Orishelle es muy promisorio por su alto contenido de Fe y el bajo contenido de azúcares totales en la pulpa de los frutos, factores importantes para suplir mercados especiales para la población humana con problemas de deficiencias de Fe y para quienes requieren de cantidades bajas de azúcares en la dieta alimentaria, en tanto, el cultivar de banano Pisang Mas puede ser el de mayor utilidad cuando se requiere mayor volumen de pulpa de la fruta.

Descargos de responsabilidad

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. En cuanto a financiación, el trabajo se realizó con recursos asignados por la División de Investigación de la sede Bogotá (DIB) de la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- Adeniji TA, Sanni LO, Barimalaa IS, Hart AD. 2007. Nutritional composition of five new Nigerian *Musa* hybrid cultivars: Implications for adoption in human nutrition. *Fruits*. 62(3):135-142.
- Afanador AM. 2005. El banano verde de rechazo en la producción de alcohol carburante. *Rev Esc Ing Antioq*. (3):51-68.
- Aluru M, Xu Y, Guo R, Wang Z, Li S, White W, Wang K, Rodermeil S. 2008. Generation of transgenic maize with enhanced provitamin A content. *J Exp Bot*. 59(13):3551-3562.
- Anhwange BA. 2008. Chemical composition of *Musa sapientum* (Banana) Peels. *J Food Technol*. 6(6):263-266.
- Arcila MI, Giraldo G, Belalcázar SL, Cayón G, Méndez JC. 2001. Comportamiento postcosecha de los plátanos Dominico-Hartón y FHIA 21 en diferentes presentaciones. *Rev Iber Tecnología Postcosecha*. 3(2):140-143.
- Arcila MI, Cayón G, Morales H. 2002. Características físicas y químicas del fruto de Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) de acuerdo con su posición en el racimo. Ponencia presentada en: XIV Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Banano en el Caribe y en América Tropical. Cartagena de Indias, Colombia.
- Arvanitoyannis IS, Mavromatis A. 2009. Banana cultivars, cultivation practices, and physicochemical properties. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 49(2):113-135.
- Baiyeri KP, Ede AE, Otitoju GT, Mbah O, Agbo E, Faturoti BO. 2009. Evaluation of iron, zinc, potassium and proximate qualities of five *Musa* genotypes. *J Appl Biosci*. 18:1003-1008.
- Biodiversity International. 2003. El caso de la vitamina A. Biodiversity Project; [consultado 2012 jun]. http://www.biodiversityinternational.org/research/nutrition/bananas_and_plantains.htm.
- Cayón G, Giraldo G, Arcila MI, Torres F. 2000. Cambios químicos durante la maduración del fruto de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) asociados con el clima de la región cafetera central colombiana. *Corbana*. 26(53):21-34.
- Cayón, G. 2004. Ecofisiología y productividad del plátano (*Musa* AAB Simmonds). Documento presentado en: XVI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Banano en el Caribe y en América Tropical. Oaxaca, México.
- Chaves B, Cayón G, Jones JW. 2009. Modeling potential plantain (*Musa* AAB Simmonds) potential yield. *Agron Colomb*. 27(3):359-366.
- Dadzie BK, Orchard JE. 1997. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Guías técnicas Inibap 2. Montpellier, Francia: Inibap.

- Dufour D, Gibert O, Giraldo A, Sánchez T, Reynes M, Pain JP, González A, Fernández A, Díaz A. 2009. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 2. Thermal and functional characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa* sp.). *J Agric Food Chem*. 57(17):7870-7876.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Production. Faostat; [consultado 2013 nov 23]. <http://faostat3.fao.org/>.
- Franco TL, Hidalgo R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico 8. Cali, Colombia: IPGRI.
- Garg AN, Kumar A, Maheshwari G, Sharma S. 2005. Isotope dilution analysis for the determination of zinc in blood samples of diabetic patients. *J Radioanal Nucl Chem*. 263(1):39-43.
- Giraldo MC, Ligarreto GA, Cayón G, Melo C. 2011. Análisis de la variabilidad genética de la colección colombiana de musáceas usando marcadores isoenzimáticos. *Acta Agron*. 60(2):108-119.
- Gilbert O, Dufour D, Giraldo A, Sánchez T, Reynes M, Pain JP, González A, Fernández A, Díaz A. 2009. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 1. Morphological and compositional characterization of cultivated Colombian musaceae (*Musa* sp.) in relation to consumer preferences. *J Agric Food Chem*. 57(17):7857-7869.
- Gilbert O, Dufour D, Reynes M, Prades A, Moreno L, Giraldo A, Escobar A, González A. 2013. Physicochemical and functional differentiation of dessert and cooking banana during ripening - a key for understanding consumer preferences. *Acta Hort*. 986:269-286.
- Jenner CF. 1982. Storage of starch. En: Loewus FA, Tanner W, editores. *Encyclopedia of plant physiology*. Berlín, Alemania: Springer-Verlag. pp. 700-747.
- Khawas P, Das AJ, Sit N, Badwaik LS, Deka SC. 2014. Nutritional composition of culinary *Musa* ABB at different stages of development. *Am J Food Sci Technol*. [consultado 2016 feb 19]; 2(3):80-87. <http://pubs.sciepub.com/ajfst/2/3/1/>. doi: 10.12691/ajfst-2-3-1.
- Kuttimani R, Velayudham K, Somasundaram E, Jagath Jothi N. 2013. Effect of integrated nutrient management on corm and root growth and physiological parameters of banana. *Int J Adv Res*. 1(8):46-55.
- Lacointe A. 2000. Carbon allocation among tree organs: a review of basic processes and representation in functional-structural models. *Ann For Sci*. 57(5-6):521-534.
- Mohapatra D, Mishra S, Sutar N. 2010. Banana post harvest practices: current status and future prospects a review. *Agric Rev*. 31(1):56-62.
- Musa Germoplasm Information System. s. f. Collections Biodiversity Internacional. Crop Diversity; [consultado 2016 feb 15]. <http://www.crop-diversity.org/mgis/collection/01BEL084>.
- Ndukwe OO, Muoneke CO, Baiyeri KP, Tenkouano A. 2012. Effect of organic and inorganic fertilizer on nutrient concentrations in plantain (*Musa* spp.) fruit pup. *Afr J Biotech*. 11(7):1651-1658.
- Nyombi K, Van Asten PJA, Leffelaar PA, Corbeels M, Kaizzi CK, Giller KE. 2009. Allometric growth relationships of East Africa highland bananas (*Musa* AAA-EAHB) cv. Kisansa and Mbwezirume. *Ann Appl Biol*. 155:403-418.
- Perea M. 2003. Biotecnología, bananos y plátanos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Robinson JC, Galán V. 2011. Plátanos y bananos. 2a ed. Madrid: Mundi Prensa.
- Rosales-Reynoso OL, Agama-Acevedo E, Aguirre-Cruz A, Bello LA, Dufour D, Gibert O. 2014. Physicochemical evaluation of cooking and dessert bananas (*Musa* sp.) varieties. *Agrociencia*. 48:387-401.
- Sharrock S, Lusty S. 2000. Nutritive value of banana. En: International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Annual Report. Montpellier, Francia: Inibap. pp. 28-31.
- Stover RH. 1985. Biomass production, partitioning and yield determinants in bananas and plantains. Ponencia presentada en: Cooperation Internationale pour une Recherche Efficace sur le Plantain et les Bananes. 3^a Reunion. Abiyán, Costa de Marfil.
- Torres J, Sánchez JD, Cayón G, Magnitskiy S, Darghan AE. 2014. Accumulation of dry matter and nitrogen contents in banana 'Williams' (*Musa* AAA) plants in Uraba, Colombia. *Agron Colomb*. 32(3):349-357.
- Vilela C, Santos SA, Villaverde JJ, Oliveira L, Nunes A, Cordeiro N, Freire CS, Silvestre AJ. 2014. Lipophilic phytochemicals from banana fruits of several *Musa* species. *Food Chem*. 162:247-252.
- Welch RM, Graham RD. 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J Exp Bot*. 55(396):353-364.
- Yang BM, Yao LX, Li GL, Zhou CM, He ZH, Tu SH. 2013. Absorption, accumulation and distribution of mineral elements in plantain banana. *Plant Nutr. Fertilizer Sci*. [consultado 2015 feb 15]; 19(6):1471-1476. <http://www.plantnutrifert.org/EN/abstract/abstract3181.shtml>. doi: 10.11674/zwyf.2013.0623.
- Yomeni MO, Njoukam J, Tchango J. 2004. Influence of the stage of ripeness of plantains and some cooking bananas on the sensory and physicochemical characteristics of processed products. *J Sci Food Agr*. 84(9):1069-1077.