

Atributos de calidad en frutos de híbridos FHIA (*Musa*) para tres ciclos de cosecha

G. Piña¹, G. Laborem Escalona¹, J. Surga¹, C. Marín², L. Rangel²,
M. Espinoza² y A. Delgado^{2†}

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4652. Maracay 2101. Estado Aragua.

²Técnicos Asociados a la Investigación.

Resumen

Como alternativas de producción de musáceas tolerantes a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), a frutos de las variedades FHIA 01, 02, 03, 17 y 23 provenientes de plantas sembradas en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) Maracay, Venezuela (10°13' N y 67°37' O); se les determinó la calidad en madurez fisiológica y organoléptica, por tres ciclos consecutivos de producción. Para la muestra, se seleccionaron tres dedos medios de: la segunda mano del primer tercio, de la mitad del tercio medio y de la penúltima mano del tercio final del racimo. Se midió peso de dedos, densidad, longitud externa e interna, perímetro y diámetro, espesor de pulpa y cáscara, color, firmeza, contenido de almidón y carotenoides, sólidos solubles totales (SST) y pH. Los resultados obtenidos permiten establecer que el FHIA 03 (banano de cocción) expresó la mejor calidad de fruto. Los FHIA 01 y 02 (bananos de postre) presentaron menor tamaño y peso, y un pH que permite detectar al paladar un sabor ligeramente ácido. Los FHIA 17 y 23 (banano de postre) presentaron los menores atributos de apariencia, aunque el FHIA 23 puede ser consumido cuando la cáscara todavía posee trazas de color verde. Alcanzada la madurez organoléptica todas las variedades presentaron pulpa suave, una pérdida de peso entre 10,73% (FHIA 03) y 21,46% (FHIA 23) y un contenido de carotenoides en cáscara entre 20 mg.100⁻¹g (FHIA 17) y 54 mg.100g⁻¹ (FHIA 03).

Palabras clave: Bananos, calidad, madurez, variedades FHIA.

Introducción

Las Musáceas comestibles, se sitúan como el primer rubro frutícola en Venezuela. Es un cultivo versátil que puede ser consumido en forma fresca o cocida, por lo que puede entrar de diversas formas a la dieta del individuo, aportando nutrimentos esenciales en cantidades importantes como carbohidratos y minerales como el potasio, además de fibra, cuyos efectos benéficos cada día toman mayor importancia (15).

A partir de la entrada de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) al país, los productores de este cultivo se han visto en la necesidad de aplicar diferentes combinaciones de productos químicos, con el interés de frenar en lo posible, los agresivos daños que ocasiona este hongo en el cultivo, que puede llegar hasta la pérdida total de la plantación. Este manejo, un tanto desesperado y en el mejor de los casos costoso, ha motivado la formulación de proyectos de investigación dirigidos al mejoramiento de la resistencia natural a la Sigatoka Negra. En este particular, desde 1985 el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID), ha patrocinado proyectos de investigación en Honduras (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), encaminados al mejoramiento de la resistencia natural a la Sigatoka Negra tanto en bananos como en plátanos de pequeños y medianos agricultores, para consumo local y de exportación (22).

De tal forma, a través de programas de mejoramiento genético, se ha

logrado la producción de nuevos híbridos con características agronómicas deseables, que deben ser evaluadas en torno a la calidad postcosecha, bajo las diferentes condiciones agroecológicas de las zonas productoras nacionales.

Hasta la fecha, la industria del banano de exportación es notoria por su dependencia de una base genética de producción extremadamente pequeña. La variedad Cavendish es actualmente la única ampliamente disponible para este mercado y presenta alta susceptibilidad a Sigatoka Negra y otras enfermedades importantes (22).

La existencia de frutos de nuevos híbridos y variedades potencialmente comerciales, tolerantes a problemas fitosanitarios ameritan entonces una adaptación del sistema postcosecha utilizado para 'Cavendish' lo cual involucra la realización de caracterizaciones postcosecha referente a tópicos como índices de cosecha, condiciones y temperatura de almacenamiento, transporte y condiciones de maduración, vida útil, características organolépticas y óptima madurez de consumo (22, 23).

Los procesos de maduración en el banano se inician en la fruta adherida a la planta, pero en esas circunstancias no pueden completarse del modo que se ha considerado «normal» (24), por tanto es importante determinar que ocurre fisiológicamente luego que los racimos son cosechados y obtener de este modo estándares de calidad propios de los nuevos clones.

Información de este tipo permitirá aplicar las técnicas de manejo pre y postcosecha más adecuadas para la obtención de la mejor calidad y conservación de los mismos.

Existen caracterizaciones previas de híbridos FHIA (11) y algunos referenciales de manejo, como en el caso de la variedad Monalisa o FHIA 02 (22), los cuales deben ser corrobora-

dos bajo las diferentes condiciones agroecológicas de las diferentes zonas productoras.

Por tanto, para garantizar al mercado alta calidad de productos es necesario conocer el comportamiento fisiológico del fruto y la influencia de los factores precosecha sobre las características postcosecha de los frutos.

Materiales y métodos

Obtención de Frutos

Los frutos utilizados para el ensayo fueron cosechados de una plantación establecida de clones de FHIA 01, 02, 03, 17 y 23 en el campo experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, estado Aragua, en un suelo Fluventic Haplustolls, a 445 msnm, con unas coordenadas de 10°13' LN y 67°37' LO; y en una zona clasificada como bosque seco tropical subhúmedo (8) con una precipitación anual alrededor de 1100 mm, temperatura promedio de 24,5°C y evaporación anual de 1750 mm aproximadamente.

La recolección de racimos se realizó tomando como índice de cosecha el momento cuando comenzaron a suavizarse las aristas de los frutos. Una vez cosechados, se separaron del racimo la segunda mano del primer tercio, la mano de la mitad del tercio medio y la penúltima mano del tercio final del racimo. Dichas manos fueron trasladadas al laboratorio de postcosecha del CENIAP donde se seleccionó dos dedos medios de cada una de las manos seleccionadas por racimo. A la mitad de la muestra se

le realizaron los análisis correspondientes a la madurez fisiológica y la otra mitad fue conservada en condiciones ambientales del laboratorio (26°C± 2 y 60-65% HR) hasta alcanzar la madurez de consumo, cuando fueron analizados.

Variables

Los métodos para la evaluación de calidad en bananos pueden ser destructivos o no destructivos, dependiendo de las variables a medir (cuadro 1). Ellos incluyen escalas objetivas basadas en lecturas de instrumentos y métodos subjetivos basados en juicios humanos, usando escalas hedónicas (14).

La evaluación de los parámetros de calidad se realizó de acuerdo a la metodología sugerida por el International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP) (6).

El peso de los dedos (P) fue medido con balanza de precisión electrónica con platillo superior, marca Sartorius 1213 MP. El volumen (V) se obtuvo por desplazamiento directo del agua al colocar los frutos en un recipiente previamente enrasado. La

Cuadro 1. Variables medidas en madurez fisiológica y organoléptica de clones FHIA (*Musa*).

Variables para madurez fisiológica	Variables para madurez organoléptica
Número y peso de dedos (g)	Peso de dedos (g)
Densidad ($g \cdot mL^{-1}$)	Densidad ($g \cdot mL^{-1}$)
Longitud externa e interna (cm)	Longitud externa e interna (cm)
Perímetro y diámetro (cm)	Perímetro y diámetro (cm)
Espesor de pulpa y cáscara (mm)	Espesor de pulpa y cáscara (mm)
Color de cáscara	Color de cáscara
Firmeza (mm)	Firmeza (mm)
Contenido de almidón (%)	Contenido de sólidos solubles totales (%)
	pH
	Contenido de almidón (%)
	Contenido de carotenoides ($mg \cdot 100mL^{-1}$)

gravedad específica o densidad (DF) se calculó con la relación del P/V. La longitud externa (LE) resultó de medir la curvatura exterior del dedo con cinta métrica, desde el extremo distal hasta el proximal donde se considera que termina la pulpa. La longitud interna (LI) fue medida en la curvatura interior siguiendo la consideración expresada para la LE. El perímetro (Pe) se obtuvo midiendo la circunferencia en la parte media del fruto. El espesor de cáscara (EC) y espesor de pulpa (EP) fue medido en la parte media del fruto descascarado, utilizando para ello un vernier. El diámetro (D) resultó de la sumatoria de EC+EP. El color de cáscara (CC) se estableció según carta de colores para bananos (figura 1). La firmeza fue medida por la distancia recorrida por el puntal del penetrómetro (Universal N° 73510) en la parte media de la pulpa del fruto. El contenido de sólidos solubles totales (SST) se determinó macerando de 20-30 g de pulpa de

la parte media de los frutos y haciendo la lectura en un refractómetro de mesa ABBE-3L (1). La determinación de pH se hizo a partir de una solución de pulpa macerada y agua destilada, leída con un pHmetro Hanna-H18519.

El contenido de almidón se determinó a muestras de la parte media de los dedos para madurez fisiológica y organoléptica secadas previamente en estufa a $\pm 80^{\circ}C$ (18). El contenido de carotenoides fue determinado en 100 g de tejido fresco de cáscara, para frutos en madurez de consumo (17).

Diseño experimental, selección de muestras y análisis estadístico

Las evaluaciones se realizaron en tres años consecutivos y el diseño experimental correspondió a bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. La unidad experimental fueron seis dedos medios de las tres manos seleccionadas por racimo para cada uno de los estados de madurez. Los dedos para la evaluación

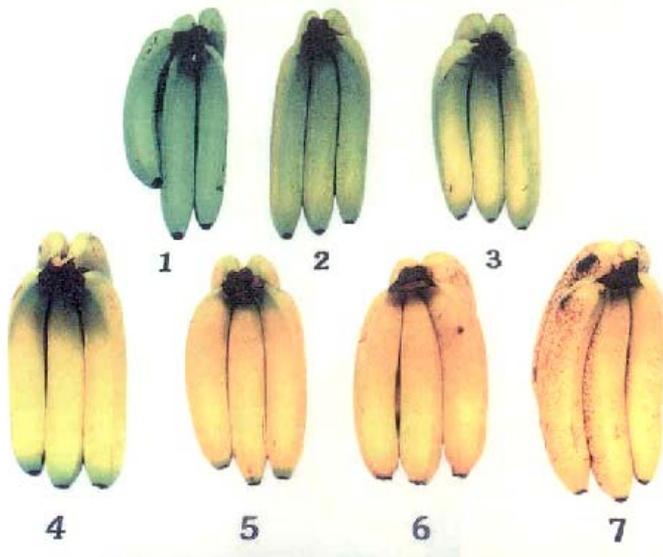


Figura 1. Tabla de colores para bananos (tomada de Dadzie y Orchard, 1996).

en calidad organoléptica, fueron mantenidos a temperatura ambiente ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$ y alrededor de 68% HR) y se les realizó evaluaciones nuevamente cuando el fruto de tornaba amarillo/ o blando al tacto.

El procesamiento estadístico de

datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 8 (21) y comprendió: análisis de varianza por el procedimiento GLM, pruebas de comparación de medias mediante la prueba de Tukey, análisis de correlación y componentes principales.

Resultados y discusión

Variables Físicas

Peso de frutos

Para la variable peso de fruto en madurez fisiológica, se formaron tres grupos bien definidos. Los frutos de FHIA 03 fueron los que presentaron mayor peso ($139,73 \text{ g.dedo}^{-1}$) siendo consistente en los tres años, FHIA 17 y 02 con pesos promedio de 115 y $108,67 \text{ g.dedo}^{-1}$, respectivamente y frutos de menor peso que correspondieron con FHIA 01 y 23 con $97,41$ y

$95,16 \text{ g.dedo}^{-1}$, respectivamente (cuadro 1). El peso de fruto para el caso de FHIA 03 y FHIA 02 coincidieron con valores obtenidos en ensayos conducidos en Honduras donde se encontraron pesos para el primero entre 125 y 140 g y entre 90 y 150 g para el segundo, no siendo así para el caso de FHIA 01 para los cuales se obtuvo valores entre 150 y 240 g (7), muy por encima de los encontrados en este trabajo; lo cual pudo atribuirse a diferen-

cias agroclimáticas o de manejo del cultivo, pero que no son mencionadas en el ensayo en referencia.

Con la finalidad de lograr mayor peso de frutos es importante saber que en términos generales el crecimiento de los frutos debido a la multiplicación de las células está en un rango de -20 a +30 días después de la emergencia de la inflorescencia (DEI), y la elongación y llenado de 30 a 85 días DEI (13).

Para madurez organoléptica el orden de pesos se mantuvo (cuadro 3), pero en cuanto a la pérdida obtenida entre los dos estados de madurez, fue mayor en los frutos de los clones FHIA 23, con 21,46% y menor en FHIA 03, con un significativo 10,73%, o sea que los frutos con menor peso tuvieron mayores pérdidas que aquellos con mayor peso. Entre clones de bananos, a excepción del FHIA 23, la pérdida tuvo relación con el peso inicial, siendo mayor en FHIA 17 (17,15%) y menor en FHIA 01 (13,97%). Las pérdidas de peso del fruto se deben posiblemente al intercambio de gases, al proceso de respiración y a la pérdida de vapor de agua (9). Lo cual pudo ser intensificado por las condiciones ambientales del laboratorio, donde se registraron altas temperaturas y baja humedad relativa durante el tiempo de permanencia de los frutos ($28 \pm 2^\circ\text{C}$ y alrededor de 68% HR).

La piel del banano contiene estomas y éstos continúan transpirando después de cortado el racimo. La magnitud de la transpiración depende de la temperatura y la humedad relativa. Como tendencia sin embargo, muestra una relación muy notable con la maduración: la fruta verde,

inmediatamente después de cortada, muestra una baja inicial de la intensidad transpiratoria y luego se estabiliza en un nivel continuo que depende de la temperatura y la humedad; en el climaterio ocurre una drástica subida a la que sigue, a medida que la fruta madura, un nuevo estado constante, que, al igual que en la curva de la respiración, es algo más alta que el nivel preclimaterio (24).

A través de la transpiración, los frutos pierden agua al medio ambiente, como un mecanismo de regulación térmica, entre otros, pero estando unidos a la planta esta agua es suministrada nuevamente por ésta, sin que se ponga de manifiesto rasgos de deterioro de los frutos. Después de la cosecha los frutos continúan transpirando, lo cual trae como consecuencia pérdidas de peso fresco, que pueden ser significativas si los frutos cosechados no son colocados en condiciones de almacenamiento adecuado (10). En ensayos donde se ha evaluado la pérdida de peso en maduración bajo diferentes condiciones de humedad relativa (HR) se han obtenido pérdidas de peso por el orden de <2% bajo 95% HR y > 14% con ambientes de 30-40% HR y temperaturas constantes de 17°C , en un lapso de 15 días en frutos de bananos (*Musa* sp. Grupo AAA) (4).

Por lo regular, existe un aumento final en la pérdida de agua, la cual está relacionada con los cambios degenerativos de la piel causados por ataques fungosos; debido a que en este estado la piel está envejeciendo y por tanto la pérdida difícilmente puede atribuirse a la transpiración (24). Al respecto, se encontró una relación di-

recta entre el mayor grosor de cáscara con la menor pérdida de peso (FHIA 03) y menor grosor de cáscara con alta pérdida de peso (FHIA 23), lo que hace pensar que la cáscara inicialmente (madurez fisiológica) también pudo haber representado una barrera a la pérdida acelerada de peso.

Longitud de dedos

La longitud no es un parámetro muy diferencial entre los clones a excepción de FHIA 23 que tendió a presentar la menor longitud de dedos (13,16 cm) al momento de la cosecha; por su parte, FHIA 03 y FHIA 17 presentaron la mayor longitud de dedos con valores promedio en los tres ciclos de 15,19 y 15,12 cm, respectivamente. Las longitudes intermedias fueron de FHIA 02 con 14,43 cm y FHIA 01 con 14,17 cm (cuadro 2). Se ha reportado que FHIA 03 puede presentar valores de longitud de dedo entre 15 y 18 cm, mientras que FHIA 01 y FHIA 02 valores de 18 a 23 cm y 17 a 21 cm, respectivamente (7), por lo que FHIA 03 bajo condiciones de este ensayo, presenta valores similares de longitud de dedo a los presentados por otros investigadores, no así para FHIA 01 y 02. En evaluaciones realizadas en Costa Rica FHIA 01 alcanzó valores de longitud entre 18 y 26,7 cm, mientras que FHIA 02 entre el rango de 20,5 y 21,8 cm, bajo condiciones de manejo inorgánico y orgánico, respectivamente (16).

Diámetro

El diámetro del fruto fue directamente proporcional a su perímetro ($R=0,956$; $P<0,0001$). En este sentido, FHIA 03 presentó el mayor calibre a la cosecha (38,33 mm) y FHIA 23 el menor (30,76 mm), FHIA 02, 17 y 01 pre-

sentaron diámetros de 33,00; 31,80 y 30,92 mm, respectivamente (cuadro 2).

En madurez organoléptica se observó una disminución del diámetro para todas las variedades (cuadro 3), lo cual es directamente proporcional a la pérdida del espesor de la pulpa de los frutos ($R=0,872$; $P<0,0001$).

Perímetro

Para la variable perímetro del fruto se diferenciaron tres grupos: FHIA 03 (14,22 cm), FHIA 02, FHIA 17 y FHIA 01 (12,33; 11,86 y 11,80 cm, respectivamente) y FHIA 23 (11,46 cm) (cuadro 2). Los perímetros de FHIA 01 y FHIA 02 coincidieron con otras evaluaciones realizadas a estos clones, mientras que en el caso de FHIA 03, en este ensayo se observaron valores ligeramente por encima de los reportados (12 a 14 cm) (7). Posteriormente en madurez organoléptica, el perímetro tendió a disminuir proporcionalmente a los valores de perímetro encontrados para madurez fisiológica en los diferentes clones (cuadro 3).

Firmeza

Se considera la firmeza como la respuesta a la presión ejercida al contacto con el fruto, y está íntimamente relacionada al desarrollo de un adecuado manejo postcosecha del producto, lo que pone de manifiesto la necesidad de conocer el comportamiento particular en cuanto al patrón e intensidad de ablandamiento durante la maduración de los diversos cultivares dentro de cada rubro frutícola. Por tanto, su determinación es importante en la evaluación de la susceptibilidad de los frutos a daños físicos o mecánicos en el manejo postcosecha (6).

La firmeza para todos los clones

Cuadro 2. Madurez Fisiológica. Parámetros físicos de calidad y contenido de almidón en clones FHIA (*Musa*) para tres ciclos de producción.

Variedad	Peso (g)	Densidad (g.mL ⁻¹)	Longitud externa (cm)	Perímetro (cm)	Diámetro (mm)	Espesor cáscara (mm)	Espesor pulpa (mm)	Firmeza (mm)	Almidón (%)
FHIA 01	97,41 ^{c*}	1,012 ^a	14,17 ^b	11,80 ^{bc}	30,92 ^{bc}	3,12 ^b	27,83 ^b	1,77 ^a	67,24 ^{ab}
FHIA 02	108,67 ^{bc}	1,018 ^a	14,43 ^{ab}	12,33 ^b	33,00 ^b	3,13 ^b	29,88 ^b	1,70 ^a	63,85 ^{ab}
FHIA 03	139,73 ^a	1,041 ^a	15,19 ^a	14,22 ^a	38,33 ^a	3,45 ^a	34,90 ^a	2,04 ^a	74,48 ^a
FHIA 17	115,00 ^b	1,047 ^a	15,12 ^a	11,86 ^{bc}	31,80 ^{bc}	2,75 ^c	29,05 ^b	1,90 ^a	58,05 ^b
FHIA 23	95,16 ^c	1,022 ^a	13,16 ^c	11,46 ^c	30,76 ^c	2,7 ^c	28,06 ^b	1,76 ^a	56,18 ^b
Valor P	0,001	0,376	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,028	0,017
CV	12,77	4,82	4,43	4,43	5,35	7,09	5,85	17,20	19,94
R ²	0,77	0,54	0,79	0,87	0,85	0,76	0,83	0,65	0,59
DSH	17,32	0,06	0,78	0,67	2,16	0,26	2,14	0,38	15,65

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$)

Valor P = Probabilidad; CV= Coeficiente de Variación; R²= Varianza explicada por el modelo; DSH= Diferencia significativa honesta

Cuadro 3. Madurez organoléptica. Parámetros físicos de calidad y contenido de almidón en clones FHIA (*Musa*) para tres ciclos de producción.

Variedad	Peso (g)	Densidad (g.mL ⁻¹)	Longitud externa (cm)	Perímetro (cm)	Diámetro (mm)	Espesor cáscara (mm)	Espesor pulpa (mm)	Firmeza (mm)	Almidón (%)
FHIA 01	84,03 ^{bc*}	0,96 ^b	13,62 ^{bc}	10,93 ^{bc}	29,63 ^{bc}	1,34 ^a	28,30 ^{bc}	7,62 ^c	2,61 ^b
FHIA 02	92,90 ^b	0,98 ^{ab}	14,12 ^{ab}	11,44 ^b	31,20 ^b	1,29 ^a	29,90 ^b	8,61 ^b	3,98 ^b
FHIA 03	125,36 ^a	0,99 ^{ab}	14,49 ^{ab}	13,26 ^a	34,43 ^a	1,33 ^a	33,11 ^a	10,42 ^a	8,68 ^a
FHIA 17	96,25 ^b	1,02 ^a	14,63 ^a	10,81 ^{bc}	29,80 ^{bc}	1,47 ^a	28,34 ^{bc}	9,10 ^b	2,37 ^b
FHIA 23	74,96 ^c	1,00 ^{ab}	12,86 ^c	10,35 ^c	27,94 ^c	1,07 ^a	26,85 ^c	8,45 ^{bc}	3,47 ^b
Valor P	0,001	0,076	0,001	0,001	0,001	0,580	0,001	0,001	0,001
CV	14,88	4,66	5,22	6,04	6,46	35,23	6,73	8,75	5,071
R ²	0,81	0,56	0,66	0,84	0,80	0,77	0,77	0,80	0,85
DSH	17,20	0,06	0,89	0,84	2,42	0,56	2,41	0,94	3,14

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$)

Valor P = Probabilidad; CV= Coeficiente de Variación; R²= Varianza explicada por el modelo; DSH= Diferencia significativa honesta

no presentó diferencias significativas en la madurez fisiológica encontrándose valores de penetración de 1,70 y 2,04 mm (cuadro 2). Sin embargo, en madurez organoléptica los frutos de FHIA 03 fueron los que presentaron pulpas más suaves (10,42 mm), seguidos de FHIA 17, 02 y 23 con 9,1 mm; 8,61mm y 8,45 mm, respectivamente, los cuales presentaron un grupo de firmezas medias; y finalmente FHIA 01 presentó frutos con mayor firmeza (7,62 mm) (cuadro 3).

Se observó una correlación inversamente proporcional ($R = -0,806$; $P < 0,0001$) entre espesor de cáscara y mm de penetración en pulpa, denotando mayor firmeza en los frutos, lo cual puede explicarse en una mayor resistencia de la cáscara a la pérdida de agua y por tanto el mantenimiento de la turgencia de los frutos.

La textura del banano de postre, de cocción y plátanos es un atributo que resulta de la combinación de diversos factores tales como la turgencia por agua y los componentes estructurales de los tejidos y células.

Densidad

En madurez fisiológica no se observaron diferencias en densidad entre los clones evaluados, encontrándose valores ligeramente por encima de 1 (cuadro 2); sin embargo, a la madurez organoléptica, los FHIA 01 tuvieron menos densidad ($0,96 \text{ g.mL}^{-1}$) y los FHIA 17 mayor ($1,02 \text{ g.mL}^{-1}$) (cuadro 3). La importancia del cálculo de esta variable radica en su relación con la capacidad de almacenamiento de los frutos con respecto al estado de maduración a la cosecha.

En los inicios del desarrollo de los frutos, el valor del volumen es ligera-

mente superior al valor del peso fresco de los frutos, manteniéndose esta tendencia hasta los días cercanos a alcanzarse la madurez fisiológica, cuando el peso fresco de los frutos es ligeramente superior al volumen, debido a que se ha incrementado la acumulación de sólidos solubles (10).

Se considera que frutos que tienen menor cantidad de sólidos solubles, tendrán una menor gravedad específica y por tanto flotarán en un recipiente lleno de agua y se considera que están inmaduros. Los frutos que se hunden tendrán una gravedad específica mayor, lo cual puede ser una forma práctica, aunque no muy precisa, de descartar frutos que aún no han alcanzado la madurez fisiológica (10).

En el caso de plátanos, se han reportado valores para frutos en madurez fisiológica de $1,014 \text{ g.mL}^{-1}$ y luego en madurez organoléptica de $1,084 \text{ g.mL}^{-1}$ (10).

Espesor de cáscara y pulpa

Se observaron mayores diferencias entre el espesor de la cáscara entre clones que entre el espesor de sus pulpas para la madurez fisiológica, ocurriendo lo contrario para el caso de la madurez de consumo, donde el espesor de pulpas presentó más diferencias entre clones que cuando fueron cosechados. En este orden de ideas, FHIA 03 presentó el mayor grosor de cáscara (3,45 mm) al momento de ser cosechado y FHIA 23 el menor grosor (2,70 mm) (cuadro 2). En madurez organoléptica el grosor de las cáscaras no presentó diferencias significativas entre los clones y los valores estuvieron alrededor de 1,07 mm y 1,47 mm entre ellos (cuadro 3). To-

dos estos valores por debajo de los encontrados en la literatura, los cuales oscilaron para el FHIA 03 entre 4,0 y 4,5 mm, para el FHIA 01 entre 3,0 y 3,8 mm y para el FHIA 02 entre 2,5 y 3,0 mm (7).

En cuanto al espesor de pulpa, en madurez fisiológica el FHIA 03 presentó valores promedio de 34,90 mm, constituyendo los más altos con diferencias marcadas con los otros clones cuyos valores de espesor de pulpa estuvieron entre 27,83 y 29,88 mm (cuadro 2). Estos parámetros coincidieron con los reportados en otras evaluaciones (7), incluyendo la tendencia del FHIA 03 a presentar mayor espesor de pulpa que el resto de los clones. Sin embargo, al comparar los valores encontrados en madurez fisiológica con los de madurez organoléptica se observó la tendencia de FHIA 03 y FHIA 23 a perder mayor espesor de pulpa, con 33,11 mm y 26,85 mm (cuadro 3), respectivamente, dado que en los demás esta variable prácticamente no sufrió alteración.

El azúcar aumenta con mayor rapidez en la pulpa que en la cáscara, y esta diferencia se refleja en un cambio diferencial de la presión osmótica. La consecuencia es que la pulpa extrae agua de la cáscara, efectuándose un cambio proporcional en el peso de las mismas (24). En mediciones realizadas en la presión osmótica en varias partes del racimo del plátano se observó que la presión osmótica en todas las partes del racimo de plátanos no maduros fue marcadamente constante y que la maduración estuvo aparejada al establecimiento de grados de presión osmótica que tendían a provocar el movimiento del

agua, del tallo al fruto y, dentro de éste, de la cáscara a la pulpa (24). Durante la maduración normal la piel de los bananos pierde agua tanto a la atmósfera como a la pulpa (25).

Por tanto, la tendencia del contenido acuoso de la pulpa del plátano maduro es una resultante de por lo menos, cuatro procesos: la *transpiración* y la *hidrólisis* de la fécula, que tienden a disminuir el contenido acuoso; la penetración de agua por *ósmosis* desde la cáscara y el tallo; y la producción de agua por medio de la *respiración*, que tienden a aumentarlo. Estos últimos procesos son predominantes y el resultado neto se traduce en un ligero aumento a medida que el fruto va pasando del estado verde al de plena madurez, fluctuando los valores en cinco clones de 63-74% a 68-77% (24). La alta proporción de piel con respecto al peso del fruto que oscila desde 80% para frutos verdes, 40% para frutos maduros fisiológicamente y 33% para frutos maduros, indudablemente ilustra la contribución significativa de la cáscara al metabolismo total del fruto del banano (19).

Color de Cáscara

Todos los frutos fueron cosechados con cáscara de color verde (1 en la escala de color) (figura 1) y luego fueron analizados en madurez organoléptica cuando el fruto comenzó a perder firmeza. Según esta apreciación no todos los frutos alcanzaron el color amarillo total (6 en la escala de color) (figura 1), sino que hubo clones con más presencia de color verde en su cáscara. En tal sentido, los FHIA 03, 02 y 01 presentaron la coloración amarilla más uniforme (6,42; 6,16 y 6,09, respectivamente) y los

FHIA 23 y 17 la presencia de trazas verdes en su color final (5,41 y 5,28, respectivamente) (cuadro 4).

Existen reportes donde el color amarillo vivo puede ser difícil de lograr cuando las plantaciones de bananos han sido producidos en condiciones de desequilibrio nutricional (5).

Variables Químicas

Contenido de Almidón

Estudios histológicos realizados en *Musa* spp. AAA grupo 'Gros Michel' mostraron que la síntesis de almidón comienza alrededor de la cuarta semana DEI (20).

Cuando los frutos de banano son cosechados en la madurez fisiológica, tienen aproximadamente un 20 a 25% de almidón, el cual es hidrolizado casi totalmente durante la maduración organoléptica para ser transformado en azúcares solubles, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa (10). En

éste período los frutos también van perdiendo firmeza lo cual en este ensayo se reflejó en una correlación negativa entre el contenido de almidón y los mm de penetración en el fruto ($R = -0,892$; $P < 0,0001$)

El contenido de almidón disminuye de 20% en la fruta verde a 1-2% en la madura; su proporción es mayor en el plátano para cocción maduro (aproximadamente un 6%) que en el plátano fruta (24).

Al evaluar los contenidos de almidón para los tres ciclos de producción de los clones FHIA en madurez fisiológica, se observó una tendencia de FHIA 03 de mantener las concentraciones más altas de éste carbohidrato en el fruto, pero sin diferencias significativas entre clones (cuadro 2), sin embargo, al pasar los frutos a madurez organoléptica, se observó que hubo una diferencia evidente entre los frutos de

Cuadro 4. Madurez organoléptica. Parámetros químicos de calidad y color de cáscara de clones FHIA (*Musa*) para tres ciclos de producción.

Variedad	SST (°Brix)	pH	Color de cáscara	Carotenoides en cáscara (mg.100 mL ⁻¹)
FHIA 01	21,13 ^{b*}	4,57 ^b	6,09 ^{abc}	26 ^b
FHIA 02	21,23 ^{ab}	4,65 ^b	6,16 ^{ab}	23 ^b
FHIA 03	22,40 ^a	4,34 ^c	6,42 ^a	54 ^a
FHIA 17	18,04 ^c	4,96 ^a	5,28 ^c	20 ^b
FHIA 23	17,39 ^c	5,00 ^a	5,41 ^{bc}	48 ^a
Valor P	0,001	0,001	0,001	0,001
CV	5,12	3,72	11,59	28,94
R ²	0,88	0,82	0,69	0,92
DSH	1,26	0,21	0,84	20

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0,05$)
 Valor P = Probabilidad; CV= Coeficiente de Variación; R²= Varianza explicada por el modelo; DSH= Diferencia significativa honesta

cocción (FHIA 03) con contenidos remanentes de almidón alrededor de 8,68%; mientras que, el resto de los bananos de postre presentaron concentraciones entre 3,98 y 2,37% para FHIA 01 y FHIA 23, respectivamente; sin que existieran diferencias significativas entre estos últimos (cuadro 3).

Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST)

En la mayoría de frutos maduros incluidos los bananos, bananos de cocción y plátanos, los azúcares son los principales componentes de los sólidos solubles. Los SST son un importante atributo postcosecha en la evaluación de nuevos híbridos de bananos, y pueden ser utilizados como índice de maduración o estado de madurez (6). En el estado amarillo se presentan las mayores concentraciones de ellos constituyéndose éste un índice importante para la selección de materiales con fines de industrialización (2).

El contenido de azúcares como mayor componente de los SST en la madurez organoléptica de los clones estudiados, fue de 22,40% para FHIA 03, seguido de 21,23 y 21,13% para FHIA 02 y FHIA 01 y por último 18,04 y 17,39% en FHIA 17 y 23, respectivamente (cuadro 4). En este caso el clon con mayor intervención genética de la especie *balbisiana* (plátanos) presentó un mayor contenido de azúcares.

Acidez y pH

En cuanto a la variedad FHIA 01 ó 'Goldfinger', a pesar de que los resultados de una encuesta entre consumidores australianos lucieron positivos, la falta de interés por parte de los distribuidores canadienses y un sabor que se pensó era un tanto ácido

para el mercado norteamericano, restringió el comercio de esta variedad en particular (22).

En las mediciones de pH realizadas a los frutos en el presente trabajo se obtuvo el mayor pH de pulpa en FHIA 23 (5,00) y el menor pH en FHIA 03 (4,34) (cuadro 4), coincidiendo estos valores con los reportados para fruta madura de las variedades Titiaro, Pineo Gigante, Pineo Martinico, Pineo Enano, Martinico, Cuyaco, Manzano y Topocho Cenizo, donde los rangos estuvieron en el orden de 4,11 y 5,20; correspondiendo estos dos a Topocho Cenizo y Pineo Enano, respectivamente (26). Cabe destacar que el menor valor de pH coincidió con el reportado para la variedad de cocción Topocho Cenizo, al igual que con el FHIA 03 (cuadro 4).

La acidez de la pulpa, expresada en pH alcanza el máximo en el climaterio o poco después, y acusa luego, por lo general, un ligero descenso a medida que la maduración progresa. Diversas mediciones de pH dieron oscilaciones entre 5,0 y 5,8 para la pulpa de la fruta verde y entre 4,2 y 4,8 para la fruta postclimatérica (24). Sin embargo, los valores encontrados para banano de postre y plátanos fueron diferentes, siendo la acidez del plátano casi dos veces más alta que la de la pulpa madura de cuatro tipos de bananos (24).

En tal sentido, el Dr. Rowe de la FHIA afirma que los híbridos desarrollados a partir del 'Prata Ana', podrían reemplazar al 'Cavendish' si el consumidor acepta una fruta con un sabor ligeramente ácido (14). Sin embargo, dichas preferencias pueden variar dependiendo de las localidades,

por lo que las pruebas de degustación tienen especial importancia.

Experiencias en Londres demuestran que la aceptabilidad de los bananos tetraploides variaron considerablemente aunque los mejores clones fueron similares a clones del 'Cavendish' como el 'Valery'; los resultados mostraron mayor preferencia hacia bananos con sabor acentuado y dulces; y baja hacia bananos astringentes y con sabor a madera. Mientras que, en el caso de la acidez ésta no parece jugar un papel determinante en la preferencia del consumidor (3).

Contenido de carotenoides

La síntesis o aparición visual de carotenoides durante la maduración de los frutos, pueden seguir diferentes patrones según la especie frutícola considerada (10).

En el caso de los carotenoides, hubo correspondencia entre el color amarillo intenso observado en la cáscara de los frutos FHIA 03 con el mayor contenido de carotenoides ($54 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) y el color menos intenso observado en FHIA 17 con el menor contenido de carotenoides ($20 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$), sin embargo, fue en FHIA 23 donde se encontraron las concentraciones más altas de carotenoides, a pesar de presentar trazas de color verde comparados con los frutos de otros clones que se observaron más amarillos (cuadro 4), por lo que es propicio recordar que los carotenoides pueden estar presentes en concentraciones adecuadas como para expresar un color intenso, pero la presencia de la clorofila hace que

este no se evidencie. Por lo que se puede inferir que un desorden fisiológico en el momento de la maduración puede interferir en la obtención del mejor color en los frutos.

Deficiencias de potasio pueden dar origen a "amarillos prematuros", lo cual va acompañado de escasez de hojas al madurar la fruta y racimos pequeños oblicuos y deformados (24).

Análisis de componentes principales

Es importante definir las interrelaciones entre cada componente de la calidad de un producto y correlacionar métodos objetivos y subjetivos de evaluación de dicha calidad. Ésta información es esencial para la selección de nuevos cultivares, seleccionar óptimas prácticas de producción, definir madurez óptima de cosecha, e identificar los procedimientos adecuados de manejo postcosecha (14).

En este orden de ideas tomando como base los resultados obtenidos en el presente ensayo se determinó que las variables físicas: peso del fruto, perímetro, espesor de la pulpa, diámetro, longitud externa e interna y densidad explican aproximadamente el 78% de la variabilidad encontrada entre clones para la madurez fisiológica (cuadro 5), y éstas aunadas a la firmeza explican el 75% para la fase de madurez organoléptica (cuadro 6).

En cuanto a las variables químicas: los SST, el pH y el contenido de carotenoides explicaron en mayor cuantía (77%) la variabilidad entre clones para la madurez organoléptica (cuadro 7).

Cuadro 5. Componentes principales para variables físicas en madurez fisiológica de clones FHIA (*Musa*).

	CP1	CP2	Componente	Eigenvalor	%Varianza	% Acumulativo
Peso de dedo	0,946	-0,163	1	4,923	61,538	61,538
Longitud externo dedo	0,805	-0,296	2	1,348	16,850	78,333
Longitud interno dedo	0,513	-0,710	3	0,843	10,539	88,927
Perímetro dedo	0,955	-0,241	4	0,550	6,879	95,806
Espesor de cáscara	0,605	0,403	5	0,264	3,303	99,109
Espesor de pulpa	0,955	-0,154	6	0,055	0,682	99,791
Diámetro de dedo	0,962	0,185	7	0,017	0,209	100,000
Densidad	-0,025	0,681	8	3,1x10 ⁻⁵	3,8x10 ⁻⁴	100,000
Firmeza	0,174	0,153				

Cuadro 6. Componentes principales para variables físicas en madurez organoléptica de clones FHIA (*Musa*).

	CP1	CP2	Componente	Eigenvalor	%Varianza	% Acumulativo
Peso de dedo	0,963	0,032	1	4,996	62,456	62,456
Longitud externo dedo	0,789	0,110	2	1,021	12,766	75,221
Longitud interno dedo	0,753	0,035	3	0,829	10,365	85,586
Perímetro dedo	0,927	-0,035	4	0,705	8,818	94,404
Espesor de cáscara	0,467	0,376	5	0,294	3,681	98,085
Espesor de pulpa	0,927	-0,133	6	0,121	1,512	99,597
Diámetro de dedo	0,962	-0,041	7	0,032	0,402	99,999
Densidad	-0,135	0,919	8	4,1x10 ⁻⁵	5,1x10 ⁻⁴	100,000
Firmeza	0,238	0,840				

Cuadro 7. Componentes principales para variables químicas en madurez organoléptica de clones FHIA (*Musa*).

	CPI	CP2	Componente	Eigenvalor	%Varianza	% Acumulativo
Sólidos solubles totales	0,885	0,077	1	2,046	51,160	51,160
Almidón	0,693	0,066	2	1,038	25,938	77,099
Ph	-0,880	0,230	3	0,678	16,947	94,046
Carotenoides	0,089	0,987	4	0,238	5,954	100,00

Conclusiones

Variables físicas

Los frutos de los clones FHIA evaluados fueron clasificados en alta, media y baja calidad, al realizar comparaciones entre ellos y al tomar valores referenciales de variedades homólogas comerciales.

En el procesamiento de datos obtenidos para tres años consecutivos de producción, se observaron diferencias significativas entre algunas variables de calidad entre los clones. El FHIA 03 (banano de cocción) presentó los mejores parámetros de calidad con respecto a las variables peso, longitud de dedo, perímetro y espesor de pulpa; con tendencia a un mayor potencial de conservación postcosecha por presentar el mayor grosor de cáscara en madurez fisiológica y la menor pérdida de peso al alcanzar su madurez organoléptica.

Los FHIA 02 y 17 (bananos de postre) calidad media y los FHIA 01 y 23 presentaron la menor calidad, observando entre ellos los frutos de menor peso y tamaño.

FHIA 17 y 23 presentaron menor intensidad de color amarillo al madurar con cierta heterogeneidad bajo las condiciones ambientales referidas para el ensayo.

Variables químicas

FHIA 03 presentó el contenido más alto de almidón en madurez organoléptica, propio de un banano de cocción; siendo el contenido de sólidos solubles totales finales en los frutos, directamente proporcional al contenido inicial de almidón, encontrándose el valor más alto en FHIA 03 y los menores en FHIA 17 y 23.

Los valores de pH denotaron la presencia de frutos ligeramente ácidos al paladar, y en cuanto al contenido de carotenoides en cáscara éste fue mayor en la variedad que alcanzó la mayor coloración amarilla (FHIA 03),

aunque pudo estar en altos contenidos (FHIA 23) enmascarado por remanentes de color verde o presencia de clorofila como consecuencia de desordenes en el proceso de maduración.

Literatura citada

1. AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington, D.C. 1298 p.
2. Arcila, P., G. Giraldo, F. Celis y J. Duarte. 2003. Cambios físico-químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (Musa AAB Simmonds) en la región cafetera central colombiana. *MusaDoc*. INIBAP. Francia. pp. 455-463.
3. Baldry, J., D.G. Coursey y G.E. Howard. 1981. The comparative consumer acceptability of triploid and tetraploid banana fruit. *Trop. Sci.* 23:33-75.
4. Burdon, J., S. Dori, E. Lomaniec, R. Marinansky, y E. Pesis. 1994. The post-harvest ripening of water stressed banana fruits. *Journal of Horticultural Science* 69:799-804.
5. Champion, J. 1968. El Plátano. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blume. Tuset. pp. 241.
6. Dadzie, B.K. y J.E. Orchard. 1996. Post-harvest criteria and methods for routine screening of banana/plantain hybrids. International Network for the improvement of Banana and plantain. Montpellier, France. 64 p.
7. Dadzie, B.K. 1998. Post-harvest characteristics of black sigatoka resistant banana, cooking banana and plantain hybrids. *Inibap Technical Guidelines*. France. 95 p.
8. Ewel, J. y A. Madriz. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Investigación. 264 p.
9. Gómez, S., C. Jurado y M. Arcila. 2003. Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quindío. ACORBAT. Sesión carteles: cosecha y postcosecha. *MusaDoc*. INIBAP. Francia. pp. 517-522.
10. Guadarrama, A. 2001. Fisiología Postcosecha de frutos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. *Revista Alcance* 61. 139 p.
11. Holderness, M., S. Sharrock, E. Frison y M. Kairo. 2000. Banano Orgánico 2000: Hacia una iniciativa orgánica para el banano de la Cuenca del Caribe. Informe del Taller Internacional sobre Producción y comercialización del banano orgánico producidos por pequeños productores. 31 de Octubre al 04 de Noviembre, 1999. República Dominicana. *MusaDoc*. INIBAP. Francia.
12. Jones, D. 1994. Primera reunión de la red de fitomejoradores de *Musa*. *INFOMUSA* 3:3-9.
13. Jullien, A., N. Malézieux, N. Michaux-Ferrières, M. Chillet y B. Ney. 2001. Within-bunch variability in Banana fruit weight: Importance of developmental lag between fruits. *Annals of Botany* 87:101-108.
14. Kader, A. 1992. Quality and Safety Factors: Definition and evaluation

- for fresh horticultural crops. In: Kader, A. Postharvest Technology of Horticultural crops. 2^a edition. Publication 3311. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. California. 296p.
15. Laborem, G., L. Rangel y M. Espinoza. 2003. Manejo postcosecha del banano. *Tecnología Postcosecha. Fonaiaip* 61:36-38.
 16. Laprade C., S. y R. Ruiz B. 2002. Comportamiento productivo de los híbridos FHIA-01 (AAAB) y FHIA-02 (AAAB) bajo fertilización inorgánica y orgánica. *Memorias del taller internacional sobre producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. MusaDoc. INIBAP. Francia.* pp. 180-185.
 17. McCollum, E. 1953. A rapid method for determining total carotenoids and carotene in tomatoes. *Proc. Amer. Hort. Sci.* 61:431-433.
 18. McReady, R.M., J. Guggolz, V. Silveira, y H.S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry* 22:1156-1158.
 19. Palmer, J. 1971. The Banana. In: Hulme, A. *The biochemistry of fruits and their products.* Volume 2. 2^a edition. Academic Press, London. pp. 65-105.
 20. Ram, H., M. Manasi, y F. Steward. 1962. Growth and development of the banana plant. *Annals of Botany* 26:657-673.
 21. SAS Institute, Inc. 1999. *Sas OnlineDoc*®, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc.
 22. Sauvé, E. y W. Edwarson. 2002. Introducción de nuevos bananos al mercado canadiense la experiencia del CIID con las variedades FHIA. *MusaDoc. INIBAP. Francia.* pp. 222-251.
 23. Self, G. 2003. *Musa fruits pre- and post-harvest. Memorias XV Reunión Internacional ACORBAT 2002.* Cartagena de Indias. *MusaDoc. INIBAP. Francia.* pp. 481-497.
 24. Simmonds, N.W. 1973. *Los Plátanos. Colección Agricultura Tropical.* Editorial Blume. Tuset. 539 p.
 25. Stover, R. y N. Simmonds. 1987. *Bananas.* 3a edition. John Wiley and Sons Inc. New York. pp. 468.
 26. Villalonga, A. 1981. Caracterización físico-química en algunas variedades de banana. *Rev. Fac. Agron.* XII:95-107. http://www.redpav-fpolar.onfo.ve/fagro/v12_12/v122m008.html. Cuadro 1. Variables medidas en madurez fisiológica y organoléptica de clones FHIA (*Musa*).