

Efecto de la edad de cosecha en las características poscosecha del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Incidence of the harvesting age on postharvest characteristics behavior of Dominico Hartón Plantain (*Musa AAB Simmonds*)

Luis Fernando Mejía-Gutiérrez^{1*}, Gloria Inés Giraldo-Gómez², y Diógenes de Jesús Ramírez-Ramírez³

¹Docente Departamento de Ingeniería, Universidad de Caldas, Calle 65 No. 26-10, Manizales, Caldas, Colombia. ²Docente Departamento de Física y Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Carrera 27 No. 64-60, Colombia. ³Docente Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Carrera 27 No. 64-60, Colombia. *Autor para correspondencia: luis.mejia_g@ucaldas.edu.co, lufermegu@gmail.com

Rec.: 02.02.12 Acept.: 24.11.12

Resumen

En el departamento de Caldas, Colombia, se realizó la caracterización física, química y fisiológica durante las fases de cosecha y poscosecha del plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) cultivado en el municipio de Belalcázar. La investigación se hizo con frutos de 14, 16 y 18 semanas después de la floración. Cada 2 días y hasta senescencia se evaluaron los cambios de peso, firmeza, parámetros de color $L^*a^*b^*$, relación pulpa/cáscara, índice de madurez, pH, humedad, almidones, índice de respiración y tasa de etileno. En este trabajo se utilizó un diseño longitudinal de medidas repetidas, balanceado, con un factor en tres niveles. El factor evaluado fue el tiempo de cosecha y las variables de respuesta fueron los parámetros fisicoquímicos. Los resultados mostraron variación en peso cercanas a 7%, el parámetro de color tinte varió entre -61.46 y 86.74, el croma entre 26.31 y 37.11 y el ΔE entre 1.4603 y 8.360, el pH varió entre 6.2 y 3.98, una relación pulpa/cáscara entre 2.53 y 4.11, la relación °brix/acidez entre 11.36 y 26.2, la humedad entre 60.56% y 56%, el almidón entre 51.7% y 67% de MS, la tasa de producción de CO₂ entre 3.4 y 8.9 g/kg por hora, el etileno entre 24 y 225 $\mu\text{lt/kg}$ por hora. Los parámetros de maduración mostraron comportamiento climatérico y los días a maduración total fueron de 9, 14 y 21 para los frutos de 18, 16 y 14 semanas desde floración.

Palabras clave: Características agronómicas, características fisico-químicas, Dominico Hartón, maduración, poscosecha.

Abstract

In this study a physical, chemical and physiological characterization of Dominico Hartón plantain grown in the Belalcázar municipality (Department of Caldas, Colombia) during harvest and post-harvest was carried out. The research was performed with fruits of 14, 16 and 18 weeks after flowering. Every two days until senescence changes in weight, firmness, parameters of color $L^*a^*b^*$, pulp/peel, the relationship pulp/shell, maturity index, pH, humidity, starch, respiration rate and ethylene rate were measured. This study used a longitudinal repeated measures design, balanced, with a three-level factor. The factor evaluated was harvest time and the response variables were the physicochemical parameters. The results showed variation in weight near to 7%, the color parameter tint was between -61.46 and 86.74, chroma between 26.31 and 37.11 and ΔE of 1.4603 to 8360, the pH ranged from 6.2 to 3.98, pulp/peel of 2.53 to 4.11, the relationship °Brix/acidity of 11.36 to 26.2, humidity content between 60.56% and 56%, starch,

51.7% to 67% DM, the CO₂ production rate between 3.4 and 8.9 g / kg. h, ethylene from 24 to 225 μL / kg. h. The maturation parameters showed climacteric behavior and total days of ripening were 9, 14 and 21 for the fruits of 18, 16 and 14 weeks from flowering.

Key words: Agronomic characteristics, Dominico Harton, maturation, physicochemical characteristics, postharvest.

Introducción

En la región cafetera de Colombia la producción de plátano se estima en 60% de la cosecha nacional del producto, destacándose el cultivo del clon Dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds). Los principales centros productores se encuentran en la zona cafetera de la región andina, donde existen 234,000 ha que contribuyen con 67% de la producción nacional. En el departamento de Caldas el área sembrada se estima en 194,249 ha con una producción de 679,655 t en 3101 unidades productoras. A nivel nacional el cultivo genera cerca de 300,000 empleos directos permanentes por año, es decir, aproximadamente 60,000 familias se dedican a las labores del cultivo en todo el país, y Caldas participa con 4.8%, aproximadamente (DANE, 2012).

Las pérdidas de plátano en la región Andina ocurren principalmente durante la cosecha y poscosecha por mal manejo en el corte y acopio en finca, transporte deficiente a los centros de distribución y falta de tecnologías de manejo y conservación poscosecha. En el municipio de Belalcázar (Caldas) las pérdidas pueden alcanzar 10% de la producción, equivalentes a 6 t por semana, según datos del Centro de Acopio municipal. Estas pérdidas se pueden minimizar si se tienen en cuenta la morfología, la fisiología y los efectos de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en la fase poscosecha y la vida útil del fruto (Arrieta et al., 2006; Barrera et al., 2010). Los productores de plátano en el municipio de Belalcázar cosechan el fruto entre la semana 14 y la 18 desde floración, sin considerar las condiciones agroclimáticas, lo que ocasiona pérdidas en la cosecha y rechazo en la poscosecha. Los estudios de comportamiento poscosecha muestran que durante el proceso de maduración del plátano ocurren numerosos cambios. Arcila (2002) encontró que la maduración puede extenderse hasta 20 días, y Morrelli y Kader

(2012) consideran que la cosecha se realiza según la apariencia, el llenado o la angularidad de los frutos. En cultivos tecnificados se determina el índice de cosecha según la edad a partir de la floración. Arcila et al. (2002) determinaron que la composición química, la maduración y el comportamiento poscosecha del plátano cultivado en el departamento del Quindío varían con la edad de cosecha. La madurez fisiológica de este fruto tiene una marcada influencia sobre la calidad física, características organolépticas y vida útil en almacenamiento (Reid, 2002). La edad en la cosecha afecta el tiempo hasta la maduración y senescencia de los frutos (Cayón et al., 2000); Azcón-Bieto y Talón (2008) y Barrera y Cayón (2004) encontraron que la tasa de respiración también depende de la edad de cosecha y es un indicativo de la celeridad de deterioro del producto.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar información técnica sobre el momento adecuado de cosecha de plátano Dominico Hartón en el municipio de Belalcázar, Colombia, que proporcione mayor rendimiento, producto de mejor calidad y mayor vida útil.

Materiales y métodos

Para el estudio se utilizaron muestras de plátano Dominico Hartón cosechado en el municipio de Belalcázar, ubicado en el suroccidente del departamento de Caldas (Colombia), con una precipitación anual entre 1800 y 2300 mm, temperatura entre 18 °C y 24 °C y suelos franco arenosos de fertilidad media. En época lluviosa, se identificaron muestras (racimos) en las cuales cada 2 días se hicieron observaciones de sus propiedades físicas y químicas, desde las semanas 14, 16 y 18 a partir de la floración y hasta la sobremaduración de los frutos, según la apariencia visual. Para la toma de muestras los racimos fueron identificados con cintas sobre plantas recién paridas —primera semana de apari-

ción de la bellota— En total se seleccionaron nueve racimos que correspondieron a tres por cada semana de cosecha.

De cada racimo se tomaron la segunda y tercera ‘mano’ y de cada una de ellas, los tres frutos centrales (dedos). La longitud se midió desde el punto floral hasta el punto inicial del pedicelo en la corona; para determinar el punto de medida del perímetro central (*P*), el peso y la relación pulpa/cáscara se tomaron los pesos en conjunto (fruto entero) y por separado (pulpa y cáscara) utilizando una balanza analítica digital Mettler Toledo XP 504 con capacidad para 520 g; el color se determinó con un colorímetro Hunter – LAB modelo DP-9000 del Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Casa-Luker; se calcularon las variables *L**, *a**, *b**, el tinte (Ecuación 1), el croma (Ecuación 2) y ΔE (Ecuación 3). La firmeza se determinó con penetrómetro utilizando un texturómetro EZTest Shimadzu table tipo universal, con celda de 500 N. En la pulpa se midieron los parámetros químicos: acidez expresada como porcentaje de ácido málico, según el método adaptado 942.05/90 de la A.O.A.C; sólidos solubles (°brix) con refractómetro de escala de 0 - 30% con corrección por temperatura y acidez de acuerdo con la Ecuación 4 (Icontec-NTC 4086, 1996); contenido de almidón por el método de Antrona modificado (AOAC 2002.02/90; pH por el método 981.12/90 de la A.O.A.C; índice de maduración con la relación °brix/acidez; Ca y Fe por absorción atómica con un espectrofotómetro Varian Spectra AA 220; fósforo (P) por el método colorimétrico (cloruro estañoso) (Ferrer, 1993; Monsalve, 2001); humedad en estufa (AOAC 930.15/90); intensidad respiratoria con respirómetro tipo Pettenkofer basado en el principio de recolección de CO₂ del proceso de respiración en hidróxido de bario y posterior titulación (Ecuación 5) (Mejía y León, 2002); tasa de producción de etileno por cromatografía de gases con cromatógrafo Hewlett Packard 5890 serie II, con detector de ionización de flama (FID), columna HP 5, gas de arrastre nitrógeno, presión 8.51 psi, flujo 3.7 ml/min, temperatura de inyección y de detector 50 °C. Para el trabajo se utilizó un diseño longitudinal de medidas repetidas, balanceado, con un factor en tres niveles. El

factor evaluado fue el tiempo de cosecha y las variables de respuesta fueron los parámetros físico-químicos. Para el análisis de los datos se utilizó Anova de medidas repetidas con significancia de 5% mediante el software libre R (R development Core Team 2011).

$$Tinte = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

$$Croma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ec. 2}$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad \text{Ec. 3}$$

$$S.T \text{ corregido} = 0.194 * A + S.S.T \quad \text{Ec. 4}$$

donde,

a = intervalo de colores entre el verde (-) y el rojo (+),

b = intervalo de colores entre el azul (+) y el amarillo (-),

ΔE = cambio total de color.

L = luminosidad (0 = negro, 100 = blanco)

A es el porcentaje de ácido málico y S.S.T. son los sólidos solubles totales.

$$IR = \frac{(V_b - V_m) \times N \times 22}{W \times t} \quad \text{Ec. 5}$$

donde,

IR = Intensidad de respiración,

V_b = Volumen de ácido en ml, gastado en la titulación del blanco,

V_m = Volumen de ácido en ml, gastado en la titulación de la muestra,

N = Normalidad del ácido,

22 = Peso del meq de CO₂ en mg,

W = Peso de la muestra en kg,

t = Tiempo en horas de flujo continuo de aire a través del sistema.

Resultados y discusión

Características físicas

La composición y la apariencia física del plátano Dominico Hartón al momento de la cosecha cambiaron con la edad desde inicio de floración. Los parámetros físicos (Figura 1) muestran que el peso de los frutos aumenta a medida que transcurre el llenado del fruto. En

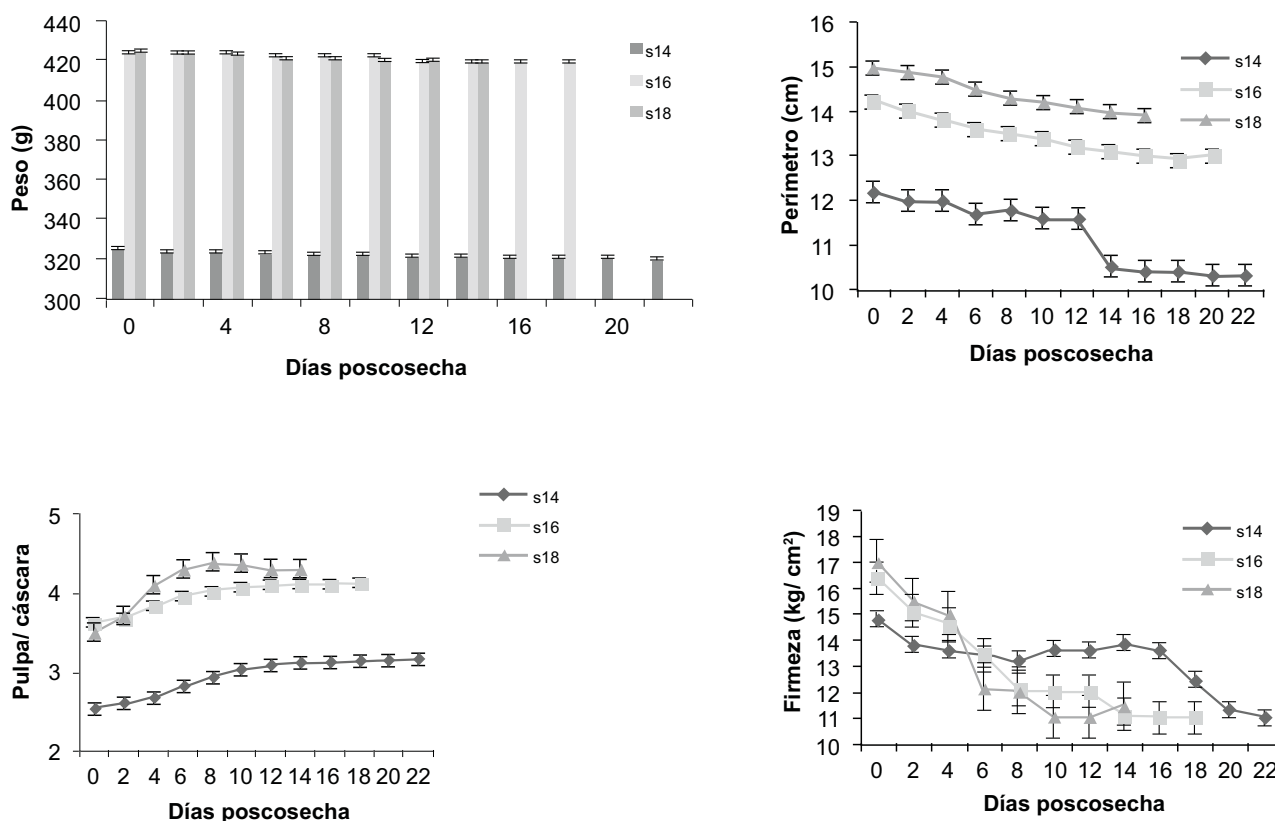


Figura 1. Parámetros físicos de frutos de plátano Dominico Hartón en diferentes edades de poscosecha.

época de lluvias esta característica se completa a la semana 18, con un valor medio de 425 g y un aumento de peso entre las semanas 14 y 16 de 30.5%, lo que concuerda con los hallazgos de Arrieta et al. (2006). Este aumento coincide con aumento en el perímetro del fruto, por lo que la relación pulpa/cáscara no varió en forma significativa después de la semana 16. Estos resultados son debidos a una mayor cantidad de fotoasimilados como consecuencia de la mayor cantidad de radiación solar a la que estuvieron expuestos los frutos después de la semana 18. Durante el proceso de maduración, entre el día de cosecha y el día 14 poscosecha, el peso del fruto disminuyó 29.75 g, equivalente a 7%, variación directamente proporcional a la edad de cosecha. Igualmente el perímetro se redujo como consecuencia de la pérdida de humedad y de compuestos volátiles por transpiración y respiración, principalmente de la cáscara. La relación pulpa/cáscara aumentó en el tiempo hasta madurez, desde 3.5 hasta 4.38 para

los frutos de 18 semanas, 3.61 hasta 4.1 a 16 semanas, y 2.53 hasta 3.1 para los frutos de 14 semanas. La firmeza del fruto (kg/cm^2) aumentó con la edad de cosecha, siendo de 14.8 a 14 semanas, 16.4 a 16 semanas y 17 a 18 semanas en el momento de cosecha, no obstante, disminuyó con el tiempo de maduración siendo más blandos los frutos de mayor llenado.

El tinte presentó valores entre -61.46 y 86.74 y el croma entre 28.71 y 28.83 ($P < 0.05$) (Cuadro 1) y mayor intensidad de color verde en los plátanos de mayor edad de cosecha, con un verde más oscuro para los valores más altos de croma; la evolución del color amarillo dado por el parámetro b^* es proporcional al cambio total del color o parámetro ΔE . En el Cuadro 1 se observan incrementos ($P < 0.05$) en color en las muestras de cosechas a 16 y 18 semanas, pero no en las cosechas a 14 semanas, cuando aún no se alcanza el color amarillo puro y, más bien, se tornan oscuros. El tiempo hasta alcanzar el color amarillo

Cuadro 1. Valores de parámetros de color en plátano Dominico Hartón.

Días de poscosecha	Semanas a floración								
	14	16	18	14	16	18	14	16	18
	Tinte			Croma			ΔE		
0	-61.46	-61.55	-61.65	26.31	28.71	28.83	1.7843	3.3536	4.3721
2	-63.99	-64.23	-65.15	25.43	29.85	31.8	1.4603	2.1394	3.3644
4	-66.54	-68.63	-69.84	24.85	29.71	32.14	2.3939	2.1394	2.8188
6	-65.4	-74.45	-75.43	26.19	27.74	33.87	1.6366	2.879	5.6564
8	-69.19	-75.92	-82.13	28.52	28.48	37.11	1.8467	2.4441	3.1324
10	-69.89	-80.61	-82.03	31.41	25.78	35.21	1.9311	3.3601	8.3601
12	-71.93	-79.12	-82.04	34.01	25.73	27.32	1.2786	5.2326	0.9987
14	-75.34	86.74	78.33	27.52	24.46	27.45	2.4516	8.5534	—
16	84.67	82.82	78.32	27.30	24.45	—	4.0611	0.616	—
18	82.17	78.65	—	27.33	25.35	—	2.0142	—	—
20	78.68	78.56	—	27.11	—	—	2.9194	—	—
22	78.61	—	—	27.18	—	—	—	—	—

para los frutos cosechados a 18 y 16 semanas fue de 9 y 14 días, respectivamente, lo que concuerda con los hallazgos de Barrera et al. (2010) y Arcila (2002); por el contrario, los frutos cosechados a 14 semanas adquieren consistencia dura y una tonalidad marrón 21 después de la cosecha.

Características químicas y fisiológicas

En la Figura 2 aparecen las propiedades químicas del fruto. El día de cosecha la humedad presentó un valor promedio de 60.2% para los frutos en las tres edades de cosecha. En base húmeda, la pérdida fue mayor en los frutos de 18 semanas, ya que estos tienen una mayor área de transferencia de masa. Estas pérdidas fueron, respectivamente, de 20.3%, 6.7% y 5.02% en los frutos de 18, 16 y 14 semanas. El contenido de almidón (%MS) aumentó con la edad de cosecha, siendo, respectivamente, de 56.5, 67 y 74.8 para los frutos de 14, 16 y 18 semanas, lo que coincide con aumento de la consistencia. Durante la maduración, el almidón disminuyó aproximadamente 7%, 15% y 32% para los frutos de 14, 16 y 18 semanas debido a la hidrólisis a azúcares sencillos. Arrieta et al. (2006) y

Barrera et al. (2009) afirman que el °brix y la acidez aumentan hasta que el fruto alcanza el climaterio. Arcila (2002) encontró que el aumento de la acidez es menor en frutos a menor edad de cosecha, razón por la cual a pesar de que alcanzan valores similares de °brix, presentan mayor relación °brix/acidez. El pH tendió a estabilizarse después de la maduración total del fruto. Las concentraciones promedio de Fe, Ca y P fueron, respectivamente, de 39 ppm, 15 ppm y 34 ppm, sin variación por efecto de la edad de cosecha ni durante la poscosecha.

Las tasas máximas de respiración y producción de etileno ocurrieron los días 18, 11 y 6 para los frutos cosechados a 14, 16 y 18 semanas, respectivamente (Figura 3), lo que concuerda con los resultados obtenidos por Cayón et al. (2000) y Azcón-Bieto y Talón (2008).

En resumen, la variable semanas de cosecha tuvo efecto significativo para las características pulpa/cáscara, humedad, tasas de respiración y producción de etileno, y parámetros de color. Las variables pH y firmeza presentaron independencia respecto a la edad de cosecha y dependencia en el tiempo pos-

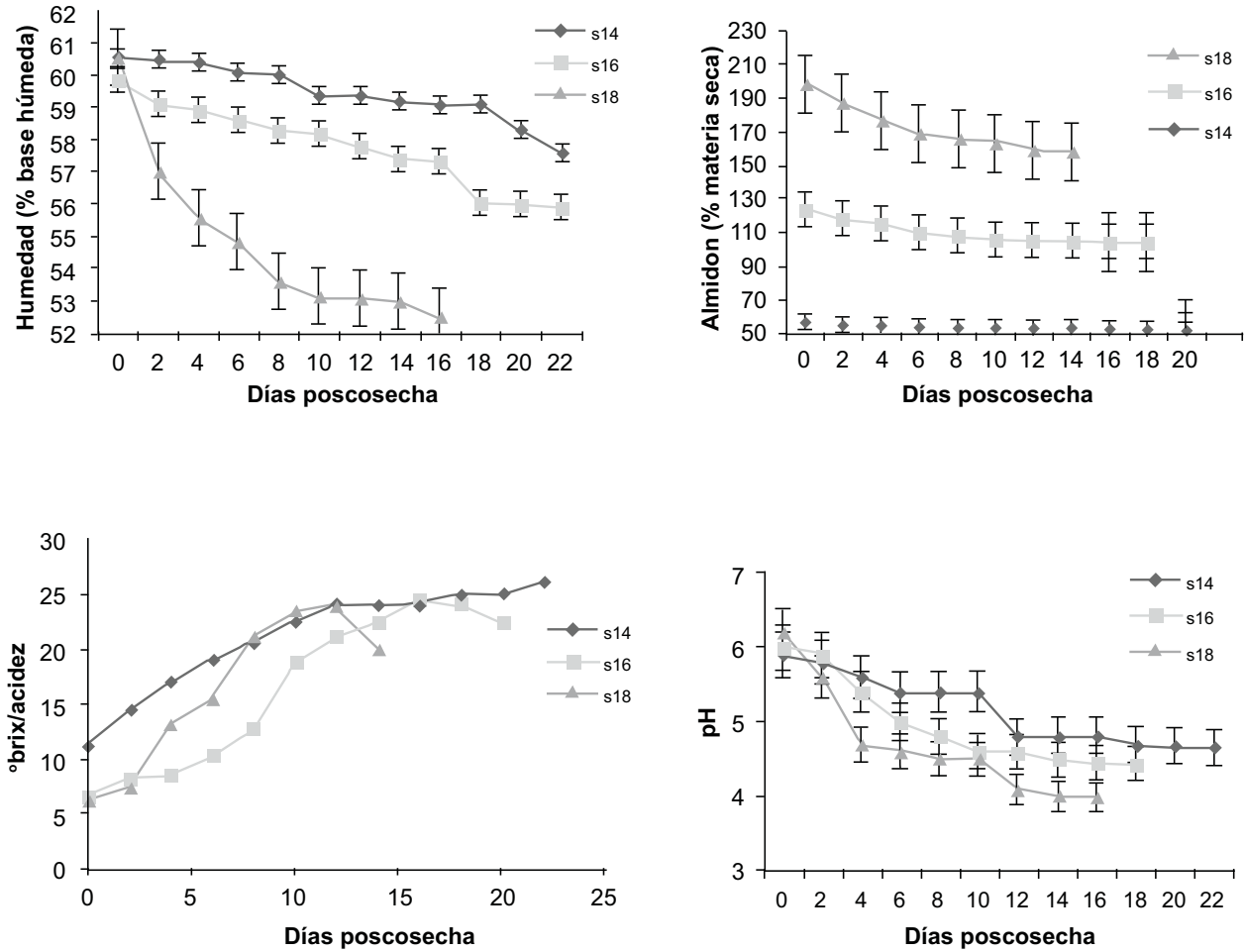


Figura 2. Parámetros químicos de frutos de plátano Dominico Hartón en diferentes edades de poscosecha.

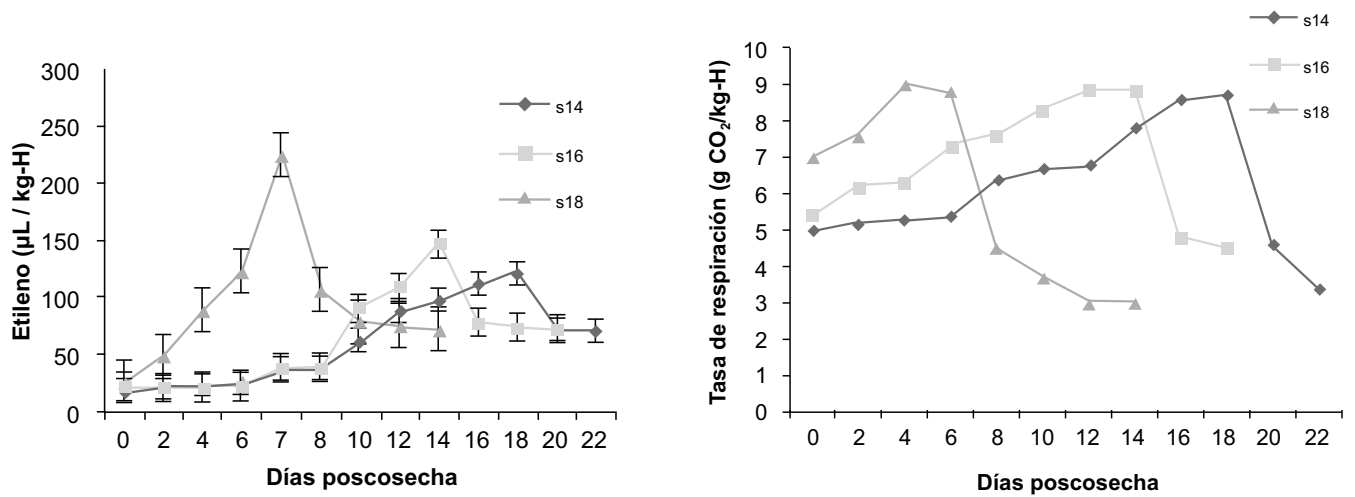


Figura 3. Parámetros fisiológicos de frutos de plátano Dominico Hartón en diferentes edades de poscosecha.

cosecha ($P < 0.05$). La variable peso presentó dependencia con la edad de cosecha, pero no con el tiempo durante la poscosecha.

Conclusiones

- Las características físicas y la composición química del fruto de plátano clon Dominico Hartón variaron de acuerdo con la edad de cosecha. Después de 16 semanas variaron el peso y la relación pulpa/cáscara aunque no significativamente; con la edad de cosecha mejora la apariencia física del fruto.
- Las tasas de producción de dióxido de carbono y etileno fueron proporcionales a la edad de cosecha y aumentaron hasta el climaterio, estado a partir del cual disminuyeron hasta la época de senescencia.
- Los frutos de 18 semanas presentaron mayor cantidad de almidón en estado verde, y no se encontró relación entre la edad de cosecha y el contenido de Fe, Ca y P
- Los frutos cosechados a 14 semanas no maduraron satisfactoriamente y su apariencia, color y firmeza no son adecuados para el mercado, además, presentaron bajo rendimiento de pulpa y cáscara y menor contenido de almidón.
- La mejor edad de cosecha fue de 16 semanas, edad en la cual el aumento de peso posterior no justifica un mayor tiempo para cosecha. En esta edad, la relación °brix/acidez y el contenido de almidón son comparables con los de frutos cosechados a 18 semanas, la apariencia es aceptable y el periodo de vida útil verde es adecuado para los mercados nacionales.

Referencias

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) 1990. Official Methods of Analysis. Washington, D.C.
- Arcila, P. M. 2002. Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano. Capacitación Tecnológica para el Mejoramiento del Agronegocio del Plátano en el Eje Cafetero. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) Regional Nueve. Módulo IX. Armenia. 22 p.
- Arcila, P. M.; Cayón, S. G.; y Morales, O. H. 2002. Características físicas y químicas del fruto de Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*) de acuerdo con su posición en el racimo. En: XIV Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Banano en el Caribe y América Tropical. Acorbat, Augura. 27 de octubre de 2002. Cartagena, Colombia. p. 498 - 502
- Arrieta, A. J.; Baquero, U. M.; y Barrera, J. L. 2006. Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano Papocho (*Musa ABB Simmonds*). Agron. Col. 24(1):48 - 53.
- Azcón-Bieto, J.; y Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2nd Edición. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid. Pp. 463 - 478.
- Barrera, J. L. y Cayón, D. G. 2004. Contribución fisiológica de las hojas y del epicarpio del fruto del plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) al llenado y calidad del racimo. Córdoba (Colombia). Pp. 13 - 17. En: Orozco, J.; Orozco-Santos, M.; Zapata-Altaminaro, R.; Vizcaíno-Guajardo, A.; Morfin-Valencia, A.; y Hernández-Bautista, J. A. (eds.). Memorias XVI Reunión internacional ACORBAT, Oaxaca (México), septiembre 26 a octubre 01 de 2004. ACORBAT, Oaxaca (México). 189 p.
- Barrera, V. J.; Cayón, S. G.; y Robles, G. J. 2009. Influencia de la exposición de las hojas y el epicarpio de frutos sobre el desarrollo y la calidad del racimo de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*). Agron. Col. 27(1):73 - 79.
- Barrera V., J. L.; Arrazola P., G. S.; y Cayón S., D. G. 2010. Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en dos sistemas de producción. Acta Agron. 59(1):20 - 29.
- Cayón, D. G.; Giraldo, G. A.; y Arcila, M. I. 2000. Fisiología de la maduración. En: Poscosecha y agroindustria del plátano en el Eje Cafetero de Colombia. Corpoica. Comité de Cafeteros. Universidad del Quindío. ASPLAT. Colciencias. Fudesco. Armenia (Colombia). p. 27 - 37.
- DANE. 2012. Boletín de Prensa. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA. 2011. Bogotá, D. C., febrero 24 de 2012. Disponible en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/boletin_ena_2011.pdf [Fecha de revisión: Octubre 29 de 2012]
- Ferrer, O. 1993. Técnicas de análisis químico cuantitativo aplicado a las ciencias agropecuarias. Manual de laboratorio. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. I.I.A. Maracaibo, Venezuela.
- Mejía G., L. F.; León, A. L. 2002. Determinación del tiempo para cosecha y comportamiento fisiológico poscosecha del banano Gross Michael Manizales, Julio de 2002. Disponible en: www.bdigital.unal.edu.co/1010/1/libardoleonagaton.2002.pdf [Fecha de revisión: Octubre 22 de 2012]

- Monsalve, E. 2001. Determinación de oligoelementos en pescados de consumo en la Ciudad de Mérida. Venezuela. Trabajo de Investigación a nivel de Educación media Diversificada. Tesis de Pregrado Mérida: Universidad de Los Andes.
- Morrelli, K. L. y Kader, A. A. 2012. Plantain: Recommendations for maintaining postharvest quality. UCDAVIS, Postharvest technology, maintaining produce quality & safety. Disponible en: [www.http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Plantain/](http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Plantain/) [Fecha de revisión: Noviembre 30 de 2012]
- Reid, M. S. 2002. Maturation and maturity indices. En: Kader, A. A. (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3th edition. University of California. Agricultural and Natural Resources. Publication 3311. Oakland. California. p. 55-62.
- R Foundation for Statistical Computing. R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. Vienna. Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponible en: <http://www.R-project.org/> [Fecha de revisión: Octubre 22 de 2012]