

Efecto de la defoliación sobre el comportamiento postcosecha del fruto de plátano dominico-hartón (Musa aab Simmonds)

Gerardo Cayón Salinas - Huberto Morales Osorno

Luz Dary Celis García

Corpoica A.A. 1807 Armenia (Quindío)

e-mail: corpoarm@armenia.multi.net.co

COMPENDIO

En el Centro de Investigación El Agrado (1.310 m.s.n.m.) se evaluaron los efectos de defoliaciones selectivas en plantas en estado inicial de floración, sobre el proceso posterior de maduración de los frutos de plátano dominico-hartón. Los racimos se cosecharon en el estado de madurez fisiológica y se almacenaron a temperatura ambiente; en los frutos verdes y maduros se determinó el peso, perímetro central y la concentración de almidón y azúcares totales. La pérdida de peso durante la maduración fue mayor en los frutos provenientes de las plantas con nueve hojas, seis hojas superiores y tres hojas inferiores; los frutos de plantas con tres hojas superiores y tres hojas intermedias perdieron menos del 2% de su peso fresco durante la maduración. El peso de la pulpa aumentó y el de la cáscara disminuyó, como consecuencia de la maduración; el peso de la cáscara se redujo significativamente en los frutos de las plantas con nueve hojas, seis hojas superiores y tres hojas inferiores, mientras que fue menor en las de tres hojas superiores, tres hojas intermedias y el testigo sin hojas. La pulpa y cáscara de los frutos desarrollados en las plantas con mayor área foliar mostraron mayor concentración de materia seca en los estados verde y maduro. En los frutos maduros, la pulpa mostró menor concentración de almidón en los tratamientos de defoliación drástica, indicando una hidrólisis más acelerada, como consecuencia de la pérdida de hojas durante la época de formación de los frutos.

Palabras claves: poda, fisiología postcosecha, maduración, carbohidratos.

ABSTRACT

Effect of leaf removal on postharvest response of the fruit of dominico-hartón plantain (Musa aab Simmonds)

The effect of selective leaf removals, on the further ripening process of the plantain Dominico-Hartón fruits, carried out plants at the initial flowering stage, was evaluated at "El Agrado" Research Center, located at 3,930 f.a.s.l. The bunches were harvested at the maturity physiological stage, and stored at environmental temperature; weight, central perimeter, starch and total sugar concentration were measured in the green, as well as in the ripened fruits. Weight loss during ripening was greater in fruits from plants with nine leaves, six upper leaves and three lower ones, while the fruits from plants with three upper leaves, and three intermediate ones, lost less than 2% of their fresh weight during ripening. The pulp weight increased, and the skin decreased as a consequence of ripening; the skin weight decreased significantly in fruits from plants with nine leaves, six upper and three lowers, while it was less in those of three upper leaves, three intermediate ones, and the no leaves control. The pulp and skin of fruits developed in plants with a greater leaves area, showed a larger concentration of dry matter in both, the green and the ripening stages. In the ripening fruits, pulp showed a lesser starch concentration, for the drastic leaves removal treatments, pointing out a more speedy hydrolysis, as a consequence of the leaves lost during the fruits formation time.

Keywords: pruning, postharvest physiology, ripening, carbohydrates

Introducción

En los cultivos de plátano de la zona cafetera central, la eliminación selectiva y frecuente de hojas afectadas por las sigatocas amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach) y negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es una práctica complementaria en el manejo integrado de éstas enfermedades, lo que contribuye eficazmente a la disminución de la presión de inóculo del patógeno en las plantaciones; sin embargo, es necesario conocer el grado de defoliación fitosanitaria que no afecte el tamaño y calidad de los frutos de plátano para garantizar la rentabilidad de la plantación. La modificación del dosel de la planta de plátano, mediante la remoción selectiva de hojas, afecta el desarrollo del área foliar y reduce el crecimiento de los frutos, siendo más drástico el efecto a medida que la defoliación es más intensa (Cayón et al., 1998). Durante el período de postcosecha del fruto ocurren varios procesos bioquímicos y fisiológicos que le dan sus características de calidad y aceptabilidad para el consumo. El cambio más notable durante la maduración es la pérdida paulatina del color verde y amarillamiento de la cáscara como resultado de la degradación de la clorofila, permitiendo que la pigmentación debida a los carotenos y xantofilas se torne visible, la pulpa comienza a ablandarse y el almidón es convertido rápidamente a sacarosa, glucosa y fructosa (Sánchez - Nieva et al., 1970).

En Colombia, las pérdidas durante la cosecha y postcosecha del plátano se han estimado en 300.000 t/año -equivalentes al 10% de la producción nacional- y representan un valor cercano a 35 millones de dólares. Las causas de estas pérdidas se atribuyen a la baja tecnificación de los cultivos, cosecha inadecuada, manipulación deficiente del producto desde el sitio de producción hasta el consumidor final, falta de adecuación del producto, ataque de plagas y enfermedades, vendavales y granizadas (Peláez et al., 1996; Duque y Bohórquez, 2000). En un estudio sobre los factores que afectan la postcosecha del plátano, se encontró que la pérdida de hojas, enfermedades foliares, daños mecánicos a los frutos, lesiones por antracnosis y retraso en la cosecha de los racimos tienen los más significativos efectos sobre el comportamiento en postcosecha de los frutos (Ferris et al., 1993). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de defoliaciones selectivas, hechas en el estado de floración, sobre el comportamiento postcosecha de los frutos de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB).

Materiales y métodos

El experimento se realizó entre noviembre de 1997 y febrero de 1999 en el Centro Experimental El Agrado, situado en el municipio de Montenegro (Quindío), a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, 1.310 m.s.n.m., temperatura media anual de 21° C, 1.985 mm de precipitación anual y 80% de humedad relativa media, condiciones correspondientes al bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST). El suelo del campo experimental es de textura franco arenosa, pH 6,0 y 5,7% de materia orgánica. La distancia de siembra fue de 3,0 m entre surcos y 2,0 m entre sitios para una densidad de 1.666 plantas por hectárea. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con siete tratamientos, tres repeticiones y 12 plantas por repetición. Cuando las plantas del lote experimental se encontraban en la fase de asomo apical de la inflorescencia, se sometieron a diferentes grados de defoliación con el fin de dejarlas, en cada tratamiento, con el número de hojas funcionales como se presenta en la **Tabla 1**. El área foliar por planta (AF) en cada tratamiento se determinó calculando el área de cada hoja con la fórmula $AF = L \times A \times IF$, donde L es longitud de la hoja, A es ancho de la parte media e IF es el índice foliar (0,80246) constante para el clon Dominico-Hartón (Belalcázar et al., 1991).

Tabla 1. Número de hojas y área foliar por planta conservadas después de las defoliaciones en inicio de floración

Tratamientos	Área foliar (m ²)
Nueve hojas	14.5
Seis hojas superiores	9.6
Tres hojas superiores	4.1
Tres hojas intermedias	5.5
Seis hojas inferiores	10.4
Tres hojas inferiores	4.9
Sin hojas	-

En cada parcela se cosecharon tres racimos en estado de madurez fisiológica (110 días después de floración), se almacenaron a temperatura ambiente (21°C y 80% de humedad relativa), donde continuaron su proceso natural de maduración. Cuando los frutos alcanzaron los estadios verde oscuro (V) y amarillo (A), de la escala de maduración propuesta para el clon dominico-hartón (**Tabla 2**), de cada racimo se seleccionaron los dos frutos centrales de las manos 1, 3 y 5 para determinarles peso individual, peso fresco y seco de la pulpa y cáscara,

Tabla 2. Escala de maduración del plátano dominico-hartón.

Grado	Color de cáscara	Descripción
1	Verde oscuro (V)	Verde intenso y uniforme (fruto en madurez fisiológica)
2	Verde-claro (VC)	Verde con trazas de amarillo (fruto "hecho")
3	Amarillo-verde (AV)	Más amarillo que verde (fruto pintón)
4	Amarillo (A)	Totalmente amarillo (fruto maduro)
5	Muy amarillo (MA)	Amarillo intenso con trazas oscuras (fruto sobremaduro)

Fuente (Cayón et al., 2000)

perímetro central y contenido de humedad y concentración de carbohidratos. Para obtener el peso seco, las muestras fueron deshidratadas en horno de ventilación forzada a 65°C por 24 horas; las muestras secas de la pulpa se molieron y se les determinó ácido málico (titulación), almidón (hidrólisis enzimática), azúcares totales (antrona) y azúcares reductores (método de Nelson). Los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0,05$), utilizando el programa estadístico MSTAT-C (Michigan State University, 1991).

Resultados y discusión

Peso fresco

Se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los tratamientos, en cada estado de maduración (verde y maduro), lo cual indica que la defoliación de las plantas afecta el peso fresco del fruto

y sus componentes (cáscara y pulpa) durante el proceso de maduración (Tabla 3). El peso total se redujo al madurar el fruto, observándose que la pérdida de peso durante el proceso fue mayor en los frutos provenientes de las plantas con nueve hojas, seis hojas superiores y tres hojas inferiores, mientras que los frutos de las plantas con tres hojas superiores y tres hojas intermedias perdieron menos del 2% de su peso fresco durante la maduración. El peso de la cáscara también disminuyó en todos los tratamientos como consecuencia de la maduración y se redujo significativamente en los frutos de las plantas con nueve hojas, seis hojas superiores y tres hojas inferiores, mientras que esta disminución del peso de la cáscara fue menor en las de tres hojas superiores, tres hojas intermedias y el testigo sin hojas. Aunque la tendencia general fue de aumentar el peso fresco de la pulpa durante la maduración, en los frutos provenientes de plantas con nueve hojas, seis hojas superiores y tres hojas inferiores, la pulpa experimentó un incremento leve durante el proceso; es probable que en los frutos de estos tres tratamientos se haya acelerado el proceso fisiológico de maduración incrementándose la

Tabla 3. Influencia de la defoliación sobre el peso fresco del fruto verde y maduro del clon dominico-hartón

Tratamientos	Peso fruto (g)		Peso cáscara (g)		Peso pulpa (g)	
	Verde	Maduro	Verde	Maduro	Verde	Maduro
Nueve hojas	370 a	288 a	140 a	92 a	230 a	197 a
Seis hojas superiores	274 b	227 b	105 b	74 b	169 b	154 b
Tres hojas superiores	199 c	196 c	79 d	63 c	120 c	133 bc
Tres hojas intermedias	187 c	185 cd	79 d	64 bc	109 c	121 cd
Seis hojas inferiores	273 b	250 b	109 b	74 b	164 b	176 a
Tres hojas inferiores	200 c	160 de	90 c	54 d	110 c	107 de
Sin hojas	134 d	148 e	64 e	59 cd	70 d	89 e
C.V.(%)	11	13	16	14	10	15
F (Tratamientos)	**	**	**	**	**	**
F (Estados maduración)	n.s.		**		**	

Promedios con letras distintas, en la misma columna, difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

** Prueba de F significativa ($P < 0,01$), ns Prueba de F no significativa

hidrólisis del almidón hacia azúcares, como efectivamente se comprueba por la mayor concentración de azúcares totales que mostraron los frutos maduros de estos tratamientos (Tabla 4).

Peso seco

Se observó una tendencia a disminuir el peso seco del fruto durante el proceso de maduración y, a medida que la defoliación fue más drástica, los frutos presentaron menor contenido de materia seca en la pulpa y cáscara (Tabla 5); esta tendencia no se cumplió en los frutos

desarrollados en las plantas sin hojas, los cuales mostraron un ligero aumento de la materia seca al pasar del estado verde al maduro. La pulpa y cáscara de los frutos desarrollados en las plantas con mayor área foliar (nueve hojas, seis hojas inferiores, seis hojas superiores) mostraron mayor concentración de materia seca en los estados verde y maduro; vale la pena resaltar que estos tratamientos incluyen las tres hojas intermedias de la planta, las cuales han demostrado ser las de mayor eficiencia fotosintética y más directamente comprometidas en el llenado de los frutos del racimo de dominico-hartón (Cayón et al., 1995).

Tabla 4. Efecto de la defoliación sobre la concentración de carbohidratos en la pulpa durante la maduración del fruto de plátano dominico-hartón

Tratamiento	Almidón		Azúcares totales (%)		Azúcares reductores (%)	
	Verde	Maduro	Verde	Maduro	Verde	Maduro
Nueve hojas	80 a	68 b	0.8 a	37 b	0.5 b	35 b
Seis hojas superiores	82 a	77 a	0.3 bc	36 b	0.2 bc	30 e
Tres hojas superiores	80 a	52 d	0.9 a	34 c	0.5 b	33 d
Tres hojas intermedias	80 a	65 b	0.8 a	30 d	0.7 a	30 e
Seis hojas inferiores	78 ab	68 b	0.5 b	37 b	0.4 b	36 a
Tres hojas inferiores	81 b	40 f	0.4 b	37 b	0.3 b	34 c
Sin hojas	76 b	50 e	0.2 c	39 a	0.0 c	33 d
C.V.(%)	1,2	1.6	1.8	0.2	3.2	0.1
F (Tratamientos)	**		**		**	
F (Estados maduración)	**		**		**	

Promedios con letras distintas, en la misma columna, difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

** Prueba de F significativa ($P < 0.01$).

Tabla 5. Influencia de la defoliación sobre el peso seco del fruto verde y maduro del clon dominico-hartón

Tratamiento	Peso fruto (g)		Peso cáscara (g)		Peso pulpa (g)	
	Verde	Maduro	Verde	Maduro	Verde	Maduro
Nueve hojas	106 a	100 a	20 a	19 a	87 a	81 a
Seis hojas superiores	81 b	74 c	14 b	12 c	67 b	62 b
Tres hojas superiores	59 c	55 d	11 c	10 d	49 c	46 c
Tres hojas intermedias	53 c	63 d	10 c	10 d	43 c	53 bc
Seis hojas inferiores	88 b	86 b	16 b	14 b	72 b	73 a
Tres hojas inferiores	59 c	43 e	10 c	8 d	49 c	35 d
Sin hojas	31 d	35 e	7 d	8 d	24 d	27 d
C.V.(%)	20	15	21	16	20	16
F (Tratamientos)	**		**		**	
F (Estados maduración)	**		**		**	

Promedios con letras distintas, en la misma columna, difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

** Prueba de F significativa ($P < 0.01$).

Humedad

En todos los tratamientos, el contenido de humedad de la cáscara disminuyó y el de la pulpa aumentó durante la maduración de los frutos, lo cual indica que la eliminación selectiva de las hojas durante el desarrollo del racimo no altera significativamente el proceso fisiológico posterior de pérdida de agua en la postcosecha (*Tabla 6*). El porcentaje de agua en la pulpa aumenta durante la maduración debido a la hidrólisis del almidón y al movimiento osmótico de agua desde la cáscara hacia la pulpa; esta diferencia marcada en la presión osmótica entre la pulpa y cáscara se desarrolla durante la maduración porque la concentración de azúcares se incrementa más rápidamente en la pulpa que en la cáscara (Burdon et al., 1993). Las condiciones ambientales del trópico y los daños físicos que puedan sufrir los frutos de plátano durante el manejo postcosecha, favorecen la pérdida rápida de humedad en la cáscara y se ha demostrado que esta pérdida de agua acelera la maduración reduciendo la duración de la vida verde y preclimática del fruto (George y Marriott, 1983). Estos resultados concuerdan con los de varios autores quienes encontraron que las propiedades físicas del fruto de plátano cambian durante el proceso natural de maduración, disminuyendo significativamente el peso promedio y la humedad del fruto, el peso de la pulpa aumenta y el de la cáscara disminuye, incrementándose la relación pulpa/cáscara (Sánchez-Nieva et al., 1970; Stover y Simmonds, 1987; Firmin, 1991).

Carbohidratos

La composición química de los frutos de plátano cambia durante el proceso natural de maduración como consecuencia de la gran actividad metabólica de síntesis, degradación y partición de compuestos en la pulpa y cáscara. Durante la maduración el almidón es degradado rápidamente, acumulándose azúcares, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa (Areas y Lajolo, 1981; Marriott et al., 1981; Hubbard et al., 1990). En la *Tabla 4* se aprecia que las concentraciones de almidón y azúcares en la pulpa de los frutos verdes se disminuyeron como consecuencia de las defoliaciones realizadas y fueron significativamente bajas en el tratamiento de eliminación de todas las hojas de la planta. En los frutos que se desarrollaron en plantas con seis hojas inferiores y seis hojas superiores -en las cuales siempre estuvo presente el tercio medio- la concentración de almidón fue similar al tratamiento testigo de nueve hojas. En los frutos maduros la pulpa mostró menor concentración de almidón en los tratamientos de defoliación drástica (tres hojas superiores, tres hojas inferiores y sin hojas), indicando una hidrólisis más acelerada del almidón como consecuencia de la pérdida de hojas durante la época de formación de los frutos. La presencia de suficientes hojas funcionales durante el período de llenado del racimo es fundamental debido a que la sacarosa necesaria para la síntesis del almidón en la pulpa de los frutos en formación proviene, en su mayoría, de la fotosíntesis foliar y muy poco de la fotosíntesis realizada por la cáscara como consecuencia de la muy baja densidad estomática

Tabla 6. Influencia de la defoliación sobre el contenido de humedad durante la maduración del fruto con el clon dominco - hartón

Tratamiento	Fruto (%)		Cáscara (%)		Pulpa (g)	
	Verde	Maduro	Verde	Maduro	Verde	Maduro
Nueve hojas	71	65 b	86 b	79 b	63	65
Seis hojas superiores	71	68 b	87 b	84 a	61	67
Tres hojas superiores	70	71 b	87 b	85 a	59	65
Tres hojas intermedias	72	66 b	88 b	85 a	60	65
Seis hojas inferiores	68	65 b	85 b	81 b	56	59
Tres hojas inferiores	71	73 ab	89 a	85 a	55	67
Sin hojas	77	76 a	90 a	86 a	66	70
C:V.(%)	5	6	2	21	9	10
F (Tratamientos)	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.
F (Estados maduración)	n.s.		**			n.s.

Promedios con letras distintas, en la misma columna, difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

** Prueba de F significativa ($P < 0,01$); * Prueba de F significativa ($P < 0,05$); n.s. Prueba de F no significativa.

de la cáscara comparada con la de las hojas (Simmonds, 1973; Burdon et al., 1993). Una pérdida excesiva de hojas funcionales después de la floración puede acelerar el proceso de degradación del almidón durante la postcosecha, con la consecuente modificación de las propiedades organolépticas y reducción de la vida verde comercial de los frutos.

Los resultados de este estudio confirman la relación entre el comportamiento postcosecha de los frutos de plátano y la actividad fisiológica de las hojas presentes durante el período de llenado del racimo, lo cual fue evidente por las mejores características físicas y químicas de la pulpa y cáscara de los frutos provenientes de las plantas que conservaron mayor área foliar funcional, incluyendo las hojas intermedias. De acuerdo con esto, en las defoliaciones fitosanitarias de las plantaciones no se deben eliminar las últimas seis hojas formadas, que incluyen las tres intermedias, para no afectar la calidad postcosecha de los frutos.

Agradecimientos

Al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío por el soporte técnico y financiero para la realización de este estudio. A la secretaria Gloria Inés López por su paciente y preciso trabajo de mecanografía del documento.

Bibliografía

Areas, J.A.; Lajolo, F.M. 1981. Starch transformation during banana ripening. I. The phosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acumunata*. *Journal of Food Biochemistry* 5: 19-37.

Belalcázar, S.; Valencia, J.A.; Lozada, J.E. 1991. La planta y el fruto. En: Belalcázar C., S. (ed.). *El cultivo del plátano en el trópico*. Cali. ICA-INIBAP-CUD-COMITECAFE QUINDÍO. pp. 43-89.

Burdon, J.N.; Moore, K.G.; Wainwright, H. 1993. Postharvest water loss of plantains and cooking bananas fruits. *Acta Horticulturae* 343: 307-308.

Cayón, S., D. G.; Lozada Z., J.E.; Belalcázar C., S. 1995. Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano (*Musa AAB Simmonds*) durante el llenado del racimo. En: ACORBAT XI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (02, 1994, San José, Costa Rica). Memorias. Editora Vicky Morales Soto. San José, C.R., ACORBAT. pp. 725-739.

Cayón, G.; Arcila, M.I.; Belalcázar, S.; Celis, L.D. 1998. Efecto de la remoción de hojas sobre la partición de materia seca, carbohidratos y proteína en el racimo del plátano dominico-hartón *Musa AAB Simmonds*). In

ACORBAT XIII Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Banano en el Caribe y en América Tropical (11, 1998, Guayaquil, Ecuador). Memorias. Editor Luis Hidalgo A. Guayaquil, Ecuador, ACORBAT. pp. 153-164.

Cayón, D.G.; Giraldo, G.; Arcila, M.I. (eds.). 2000. Postcosecha y Agroindustria del Plátano en el Eje Cafetero de Colombia. Armenia, Colombia. CORPOICA, Universidad del Quindío, ASIPLAT, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, COLCIENCIAS. Fudesco, Armenia. p. 33.

Duque, A.L.; Bohórquez, Y. 2000. Modelo para la determinación de pérdidas postcosecha del plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) producido en el departamento del Quindío. In Cayón, D.G.; Giraldo, G.; Arcila, M.I. (eds.). Postcosecha y Agroindustria del Plátano en el Eje Cafetero de Colombia. CORPOICA, Universidad del Quindío, ASIPLAT, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, COLCIENCIAS. Fudesco, Armenia, Colombia. p. 153-158.

Ferris, R.S.B.; Hotsonyame, G.K.; Wainwright, H.; Thompson, A.K. 1993. The effects of genotype, damage, maturity and environmental conditions on the postharvest life of plantains. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 70: 45-50.

Firmin A. 1991. Chemical and physical changes in plantains (*Musa paradisiaca*) during ripening. *Tropical Science* 31: 183-187.

George, J.B.; Marriott, J. 1983. The effect of humidity in plantain ripening. *Scientia Horticulturae* 21: 37-43.

Hubbard, N.L.; Pharr, D.M.; Huber, S.C. 1990. Role of sucrose phosphate syntase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climatic. *Plant Physiology* 94: 201-208.

Marriott, J.; Robinson, M.; Karikari, S.K. 1981. Starch and sugar transformation during the ripening of plantains and bananas. *Tropical Science* 32: 1021-1026.

Peláez, M.C.; González, G.S.; Díaz, E.I.; Amaya, A.; Giraldo, A. 1996. Comercialización del plátano dominico-hartón cultivado en el departamento del Quindío. En: Tecnología del Eje Cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano. Belalcázar, S.; Cayón, G.; Jaramillo, O.; Cortés, C. (eds.). CORPOICA, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, CIID (IDRC). INIBAP, INPOFOS. Fudegraf, Armenia. pp. 110-125.

Sánchez-Nieva, F.; Hernández, I.; Bueso, C. 1970. Studies on the ripening of plantain under controlled conditions. *Journal of Agriculture University of Puerto Rico*. 54: 517-529.

Simmonds, N. W. 1973. *Los plátanos*. Blume, Barcelona. 593 p.

Stover, R.H.; Simmonds, N.W. 1987. *Bananas*. Longman Group, London, U.K. 468 p.