

26488

XV reunión Internacional  
**acOrbat**  
2002

Cartagena de Indias / Colombia / 27 oct - 2 nov - 2002



Mano a mano  
con el futuro.

**MEMORIAS**

PROCEEDINGS - MEMOIRES

acOrbat  
INTERNACIONAL



20983

REVISTA COLOMBIANA DE AGRICULTURA

## Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (*Musa AAB* Simmonds) en la región cafetera central colombiana

Physical and chemical changes during ripening of the dominico-hartón plantain fruit (*Musa AAB* Simmonds) in the Colombian central coffee zone

Arcila P., M.I.<sup>1</sup>, Giraldo G., G.<sup>2</sup>, Celis, F.e.<sup>2</sup>; Duarte, J.<sup>2</sup>

### RESUMEN

La variedad Dominico-Hartón es la más cultivada en la región Cafetera Central Colombiana. En tres localidades de esta zona, fueron evaluadas la composición física y química de los frutos en diferentes estados de maduración. Para ello, durante 12 meses se cosecharon cinco racimos en su estado de madurez fisiológica (16 a 18 semanas). Se determinó el peso, tamaño, la distribución de materia seca, la acidez, el pH, los sólidos solubles totales y los carbohidratos en el fruto central de la mano uno de cada racimo. Los frutos de mayor tamaño crecieron en las localidades La Laker y El Agrado a 1050 m y 1320 m.s.n.m., respectivamente. Durante la maduración se registraron pérdidas de peso en el fruto entre 10 a 20%, el contenido de carbohidratos disminuyó de 76 a 60%, los niveles de azúcares se incrementaron durante la maduración de 4 a 38% (frutos muy maduros); igualmente, se aumentó la concentración de ácido málico en la pulpa. Estos resultados son de mucha importancia en la industrialización de plátano en esta región.

**Palabras clave:** Cosecha y Postcosecha, Maduración, Carbohidratos, Cambios físicos y químicos.

### ABSTRACT

At Colombian Central Coffee Zone, the Dominico-Hartón plantain variety is the most cultivated. The physical and chemical changes of the fruit during ripening was evaluated in three locations (La Laker, Caldas, El Agrado, Quindío, El Jardín, Risaraldá). For this five bunches were harvested in its physiological ripeness stage (16 and 18 weeks) during 12 months. Weight, size, dry material distribution, acidity, pH, soluble solids and carbohydrates were determined in the central fingers in fruits in the hand at different stages of ripeness. The heaviest fruits were grown at 1050 and 1320 meters above sea level (La Laker y El Agrado, respectively). Ripening the weight loss of fruit was 10 to 20%, the starch contents decreased, correspondingly from 76% (green fruit plantain) to 60% (very ripe plantain). Total sugar levels increased during ripening from 4 - 38% (very ripe plantain) also increased total acidity of the pulp. These results are of importance in relation to plantain processing for this zone.

**Index words:** Harvest and Postharvest, Ripening, Starch, Physical and Chemical Composition.

### INTRODUCCIÓN

El plátano Dominico-Hartón es la variedad más cultivada en la región Andina Colombiana, tanto para mercado en fresco como procesado. Con la apertura del mercado industrial, la demanda por calidad interna del producto se ha incrementado y el conocimiento de las características internas del fruto en la cosecha y durante su maduración, ha surgido como necesidad para estandarizar la materia prima y definir procesos de trans-

formación, reducir pérdidas; mejorar la calidad de los productos finales y avanzar en la innovación de productos. Los estudios sobre la composición química y física de algunos cultivares de plátano y banano durante la postcosecha en África, han mostrado que los carbohidratos se reducen, los azúcares y el ácido málico se aumentan, la relación pulpa/cáscara (PC) se incrementa, el diámetro y el peso del fruto se reduce (Faulkes *et al.*, 1978; Fernández *et al.*, 1979; Marriot *et al.*, 1981; Vivian y

1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA; Apartado aereo 1887, Itimbá (570) 7496311, E-mail: copoaim@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

2. Universidad del Quindío, Apartado aereo 360, teléfono (570) 7410100, E-mail: giraldo@unquindio.edu.co, J Programa de Química, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia.

Mendoza, 1990; Firmín, 1991; Offem y Thomas, 1993). Por otra parte, Izonlua y Omuara (1988), estudiaron la composición mineral durante la maduración. En Colombia, en el clon Dominico-Hartón, Morales et al. (1998), evaluaron la composición física y química del fruto de Dominico-Hartón durante su llenado en la planta. El objetivo de este estudio fue determinar los cambios físicos y químicos en diferentes estados de maduración del plátano Dominico-Hartón cultivado en la región Cafetera Central en tres ambientes diferentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre Agosto de 1997 y Diciembre de 1999, en tres localidades (La Luker, Caldas; El Agrado, Quindío; El Jazmín, Risaralda) de la región Cafetera Central, correspondientes a bosque muy húmedo premontano (h. m. h. - PM). Los frutos muestreados provinieron de plantaciones de Dominico-Hartón sembradas a 3.0 x 2.0 m entre surcos y plantas, respectivamente. De cada localidad, durante 12 meses, se cosecharon cinco racimos en el estado de madurez fisiológica (I y 18 semanas); a cada racimo se le determinó el peso, el número de manos y frutos. Para efectos del muestreo se definió la "madurez fisiológica" como el estado de máxima acumulación de materia seca en el fruto y la "maduración" como el proceso subsiguiente de pérdida progresiva de color de la cáscara, adaptando la escala de Von Loewenke, 1950, citado por Simmonds (1973) para banana Gros Michel, con los siguientes estados de maduración: verde oscuro (V), verde claro (VC), amarillo verde (AV), amarillo intenso (A) y muy amarillo (MA). En cada uno de estos estados, de cada racimo se seleccionaron frutos de la mano uno para determinarles peso, longitud y perímetro, la concentración de sólidos solubles totales y el pH; luego se separó la cáscara de la pulpa, se secaron, pesaron y mularon. A la harina de la pulpa, se le

determinó la concentración de ácido málico, sólidos solubles totales (SST) y el almidón y los azúcares totales y reductores (por hidrólisis enzimática, por el método de Antrona y de Nelson, respectivamente), análisis que fueron realizados en el laboratorio del CIAT, Palmira. El contenido de minerales se realizó en el laboratorio de suelos de Compoica, Tibaitatá. Se aplicó el diseño experimental de parcelas sub-subdivididas con cinco repeticiones, en el cual la parcela principal fue la localidad, la subparcela las épocas de muestreo y la sub-subparcela los estados de maduración. Los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza y a pruebas de correlación de Pearson; para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey ( $P < 0,05$ ). Adicionalmente, se analizó el suelo y se registraron la temperatura, humedad relativa (H.R.), precipitación y brillo solar en las tres localidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características del suelo y el clima de las tres localidades

Los suelos de los lotes experimentales presentaron el contenido mineral indicado en la Tabla 1; son suelos sueltos y de buen drenaje para el desarrollo del cultivo; el pH y la materia orgánica (M.O.) estuvieron en un valor adecuado siendo muy superior esta última en el Jazmín. La relación Ca/Mg es más alta en El Agrado y la Luker. Los niveles de potasio (K), que es un elemento importante para el desarrollo del cultivo, fueron superiores en La Luker y El Agrado; el B estuvo bajo en las tres localidades y el S y Zn muy altos en El Jazmín.

En relación al clima, entre localidades hay una diferencia altitudinal de aproximadamente 300 m, la precipitación anual fue mayor en El Jazmín ( $> 2000$  mm) y menor en El Agrado y La Luker, la temperatura media fue inversamente proporcional a la

Tabla 1. Composición química del suelo de tres localidades de la región cafetera central

Localidad	pH	M.O. (%)	mg/100g de suelo (ppm)										Textura
			K	Ca	Mg	P	Fe	Mn	Zn	Cu	S	B	
La Luker	5,3	7,0	0,71	8,6	1,22	17	84	18	5	8	10	0,5	Franco
El Agrado	5,4	6,0	0,64	7,8	1,11	61	54	12	5	1	4	0,3	Franco
El Jazmín	5,6	14,2	0,17	5,8	1,04	40	66	12	16	4	38	0,2	Franco arenosa

llujad y varió en las tres localidades, mientras que las horas de brillo solar al año fueron mayores a menor altitud, con una diferencia entre La Luker y El Agrado de aproximadamente 300 horas y entre esas dos localidades y El Jazmín alrededor de 250 horas (Tabla 2).

A pesar de que el cinturón altitudinal cafetero no registró una nubosidad media a alta con pocas posibilidades de que ocurran períodos continuos de lluvia según Guzmán y Jaramilla (1989), en años recientes se ha presentado un cambio en el régimen hídrico. La precipitación y el brillo solar registrados durante el estudio fueron muy variables, con valores superiores a los ocurridos en años anteriores. Considerando que los requeri-

mientos de lluvia del cultivo de plátano, son de alrededor de 1800 mm de precipitación anual bien distribuida que corresponden a 150 mm mes (Belalcázar *et al.*, 1991), la precipitación que tuvo lugar para el desarrollo del fruto en las diferentes localidades fueron suficientes en La Luker y El Agrado y excesivas en El Jazmín, indicando que el cultivo de plátano en estas localidades no estuvo sujeto a deficiencias de agua. De acuerdo a la distribución mensual de la lluvia que es de tipo bimodal en la región (con dos períodos de mayor y menor precipitación/año) se designaron dos épocas lluviosa y seca, las cuales se correlacionaron con el período de llenado del fruto en la planta (cuatro meses) (Tabla 3).

Tabla 2. Condiciones climáticas de tres localidades de la región cafetera central

Localidad	Municipio	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación (mm/año)	Temperatura (°C)	H.R. (%)	Brillo solar (h)
"La Luker"	Palestina (Caldas)	1020	1912	22,5	75,6	1901
"El Agrado"	Momenegro (Quindío)	1320	1885	21,0	76,4	1622
"El Jazmín"	Santa Rosa (Risarcaldó)	1600	2294	19,0	77,9	1376

Tabla 3. Precipitación acumulada cuatrimestral (mm) en tres localidades de la región cafetera

Mes	La Luker	El Agrado	El Jazmín
Agosto/97	408,1*	388,8*	481,9*
Septiembre/97	383,5*	401,0*	527,5*
Octubre/97	294,0*	315,8*	538,5*
Noviembre/97	490,3**	599,1*	751,9**
Diciembre/97	478,2**	645,9**	757,5**
Enero/98	440,0*	504,6*	543,9*
Febrero/98	482,3**	527,0*	509,1*
Marzo/98	352,9*	601,5**	432,4*
Abril/98	505,8**	778,0**	634,7*
Mayo/98	436,7*	998,7**	900,0**
Junio/98	524,5**	998,7**	913,0**
Julio/98	547,1**	725,2**	1065,6**
Promedio	445,2	629,4	671,9

\* Valores inferiores al promedio que corresponden a un período cuatrimestral de menor precipitación (época seca)  
 \*\* Valores mayores al promedio que corresponden a un período cuatrimestral de mayor precipitación (época lluviosa)

## Cambios físicos

El peso del racimo de las tres localidades, en las dos épocas climáticas varió significativamente, obteniéndose los racimos más pequeños en El Jazmín y los más pesados en El Agrado, con una diferencia en peso mayor a 1 kg. El peso de los frutos fue mayor en La Luker y El Agrado. La longitud externa de los frutos recién cosechados fue significativamente mayor en La Luker y El Agrado que en El Jazmín (Tabla 4). El bajo peso y tamaño de los frutos provenientes de El Jazmín se debe posiblemente a las condiciones de baja temperatura y brillo solar, las cuales parecen influir en la expresión del fruto (Bieto y Talón, 1993; Turner, 1994). A pesar de que los suelos de El Jazmín tienen una composición mineral adecuada para el desarrollo del cultivo de Dominico-Hartón, la calidad interna se vio afectada por la presencia de tejidos par-mados en una gran proporción en todos los frutos, lo cual indica que las condiciones altitudinales y climáticas de dicha localidad no provocan un plátano Dominico-Hartón de buena calidad comercial y organoléptica, restringiendo las zonas óptimas para la producción de este cultivo a altitudes más bajas (1000 a 1400 m. aproximadamente).

Promedios con letras diferentes, en cada época y columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Tukey ( $P < 0,05$ )

Mientras que la longitud externa de los frutos no presentó reducciones durante la maduración, la longitud interna y el perímetro se redujeron en aproximadamente 1 cm, lo cual coincide con lo reportado por Willis et al., (1984), Frimán (1991) y Olfem y Thomas (1993).

En relación con el peso fresco, la Figura 1, muestra la disminución del peso fresco de los frutos de Dominico-Hartón durante la maduración. Las pérdidas en peso variaron con el clima, la localidad y el estado de maduración ( $P < 0,05$ ) y fluctuaron entre el 10 y el 20%. Las pérdidas fueron mayores en los frutos provenientes de la época seca y fueron mayores en el cambio de estado de verde oscuro (V) a verde claro (VC), continuando a una tasa menor hasta el estado muy amarillo. En ambas épocas, los frutos de La Luker fueron los que perdieron más peso.

## Maduración y cambios químicos del fruto

Se encontraron variaciones significativas en el tiempo de maduración del fruto, entre localidades, épocas y estados de maduración ( $P < 0,05$ ), transcurriendo de 6 a 12 días, para alcanzar el estado amarillo y 15 días para el estado muy amarillo. Los frutos provenientes de El Agrado tanto en el período seco como lluvioso se maduraron en menor

Tabla 4. Rendimiento y calidad del clon Dominico-Hartón proveniente de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso, A)

Época climática	Localidad	Peso del racimo (kg)	Manos/ racimo	Frutos/ racimo	Peso del fruto (g)	Longitud Externa (cm)	
						V	A
Seca	Luker	13,4 a	7 a	44 a	301 a	24,8 a	24,1 a
	Agrado	15,7 a	8 a	50 a	310 a	25,0 a	23,9 a
	Jazmín	10,1 b	6 b	37 b	270 b	23,4 b	22,2 a
Lluviosa	Luker	11,5 a	7 a	42 b	278 b	23,9 a	23,6 a
	Agrado	14,3 b	8 a	55 a	250 a	21,9 a	21,7 a
	Jazmín	10,8 a	7 a	44 b	240 b	23,4 a	22,1 a
C.V (%)		23,4	15,0	22,4	20,0	6,76	
F(Localidad, L)		**	*	**	**	**	
F(Época, E)		**	**	**	**	**	
F(LxÉ)		**	**	**	**	**	

\* Prueba de F significativa ( $P < 0,05$ )

\*\* Prueba de F significativa ( $P < 0,01$ )

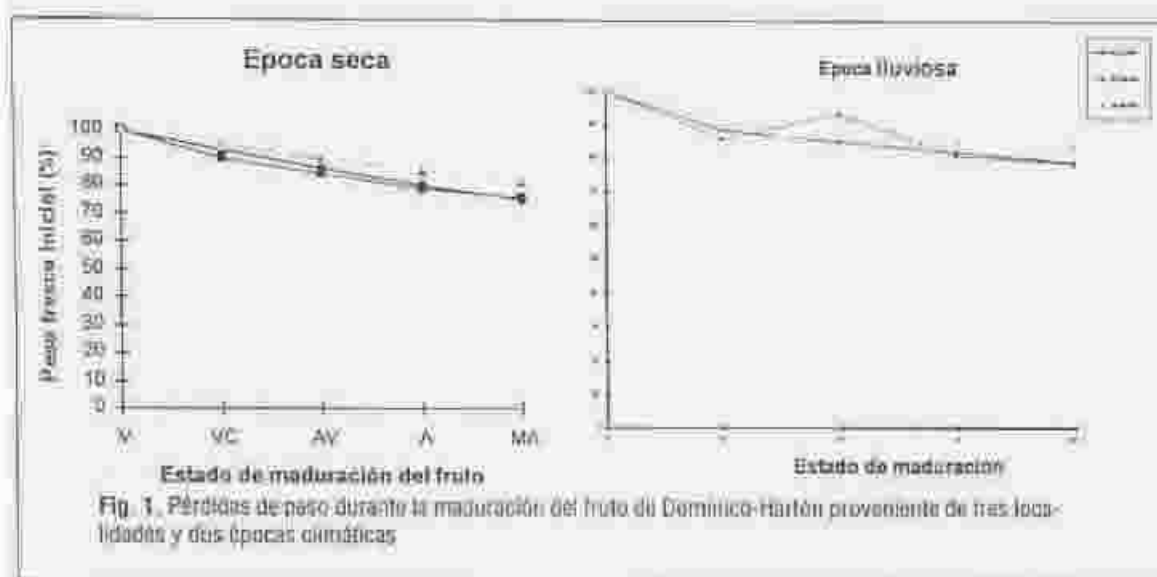


Fig. 1. Pérdidas de peso durante la maduración del fruto de Dominico-Hartón proveniente de tres localidades y dos épocas climáticas

tiempo que los demás. El cambio de estado verde oscuro a verde claro y de amarillo intenso a muy amarillo son los de mayor duración del proceso. El conocimiento de la vida útil del fruto en cada estado de maduración son la base para el desarrollo de proyectos de industrialización y estudios de investigación en conservación del fruto. (Tabla 5).

Una de las maneras de abordar la identificación del estado de madurez es mediante la valoración de ciertas características químicas del producto (pH, acidez, fibra, almidón, sólidos solubles totales (SST), azúcares, entre otros). Tales características están relacionadas con el grado de aceptabilidad comercial del producto. A medida que trans-

Tabla 5. Período de maduración, pH, acidez titulable (AT) en la pulpa y contenidos de fibra en la cáscara de frutos de Dominico-Hartón provenientes de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso, A; Muy amarillo, MA)

Epoca Climática	Localidad	Maduración (Días)			pH		Acido málico (%)			Fibra (%)		
		A	MA	V	A	MA	V	A	MA	V	A	MA
Seca	Lubet	11.1 a	16.4 a	6.1 a	4.3 a	4.4 a	0.25	1.09	0.95	8.6	9.1	8.8
	Agrado	9.7 a	14.5 a	6.1 a	4.0 a	4.0 a	0.28	1.06	0.95	8.3	7.6	8.3
	Jaramin	10.3 a	15.1 a	5.9 a	4.7 a	4.6 a	0.31	1.10	0.89	8.3	7.9	9.0
Lluviosa	Lubet	12.5 a	17.7 a	6.0 a	4.5 a	4.5 a	0.30	1.1	0.97	8.6	9.0	8.6
	Agrado	8.4 b	13.2 b	6.2 a	4.6 b	4.5 b	0.29	1.16	0.78	8.6	9.0	8.9
	Jaramin	10.8 a	15.9 a	5.9 a	4.5 a	4.5 a	0.28	1.08	0.98	7.0	7.0	7.6
(CV %)		14.27		3.07								
F(Localidad, L)		**		**								
F(Epoca, E)		**		**								
F(Maduración, M)		**		n.s.								
F(LaEx M)		**		n.s.								

\*\* Prueba de F significativa (P<0.01)  
 n.s. Prueba de F significativa (P<0.01)  
 Promedios con letras distintas, en cada época y columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Tukey (P<0.05)

curre la maduración del fruto, el pH disminuye, esto concuerda con lo reportado por Cardoñas (1955). Esta variable no tuvo cambios significativos por efecto del ambiente (Tabla 5).

**Acido málico.** El contenido de ácido málico se incrementa durante el proceso de maduración del fruto desde el estado verde oscuro hasta el estado amarillo intenso (A) y disminuye en el estado sobremaduro (MA) (Tabla 5). Esto concuerda con lo expresado por Marriot *et al.* (1981), Azcón-Bieto y Tatón (1996) en plátano y banano. En la época seca, los frutos de La Luker en estado verde oscuro (V) registraron la menor concentración de este ácido y los de El Jazmín el mayor contenido. El incremento de este ácido ocurre aceleradamente en el cambio de verde claro (VC) a amarillo intenso (A). La concentración de acidez está altamente relacionada con el sabor que toma el fruto durante el proceso de maduración y con los azúcares totales y reductores de la pulpa,  $R=0.77442$  ( $P<0.01$ ), indicando que a medida que se incrementa la concentración de ácido málico, se incrementan los azúcares totales. Durante la maduración, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares; estos pueden ser considerados como una reserva energética más del fruto, siendo por consiguiente de esperar que su contenido decline en el período de actividad metabólica máxima durante el curso de la maduración Wills *et al.* (1984) (Tabla 5). **Fibra** de las dos estructuras que conforman el fruto de plátano, la cáscara es la que posee mayor cantidad de fibra (alrededor del 1%), la pulpa presenta cantidades muy reducidas (0,2 a 0,5%); no hay una tendencia definida de incremento o reducción de la fibra durante el proceso de maduración del fruto de Dominico-Hartón, contrariamente, Cardoñas (1955) reporta que la fibra es mayor en frutos verdes y menor en frutos maduros. Los frutos provenientes de la época seca de las tres localidades, presentaron el mayor contenido de fibra en estado verde que en amarillo, teniendo el fruto sobremaduro (MA) cantidades similares al fruto verde. Estos resultados indican que para cualquier proceso industrial que involucre la cáscara de plátano como materia prima por su contenido de fibra se puede utilizar cualquier estado de maduración del fruto (Tabla 5). **Almidón:** en el fruto de plátano Dominico-Hartón, la pulpa contiene mayores cantidades de almidón que la cáscara. Los frutos presentaron altos porcentaje de

almidón tanto en estado verde como am observándose una disminución gradual del rido de almidón a medida que el fruto mad cual coincide con lo reportado por Firmín y Ofen y Thomas (1993). De ambos org degradación del almidón es mayor en la pul en la cáscara. En la época seca, los frutos de las tres localidades presentaron una leve concentración de almidón que los frutos de ca lluviosa. De las tres localidades, la red más drástica de almidón (mayor al 50%) en la pulpa de frutos en El Agrado, provenie la época más seca. Esto indica la compleja comportamiento fisiológico de la madura los frutos en su interacción con el ambiente dando que la calidad organoléptica se pue tar por efectos del clima, entre otros factor rante el proceso de maduración del fruto, minución del almidón en la pulpa fue ma rida en el cambio de amarillo verde (AV) amarillo (MA) (Tabla 6).

Con respecto a la degradación del almi la cáscara, este se redujo en un 50 % al c del estado verde oscuro (V) al muy amarill los contenidos de almidón en la cáscara y mismo estado de maduración no variaron dos épocas climáticas y entre las tres loca donde se desarrolló el estudio (Tabla 7).

El contenido de almidón tanto en la pulpa en la cáscara es inversamente proporcional tenido de azúcares totales y reductores,  $R=0$  ( $P<0.01$ ) Firmín (1991), encontró en lo verdes de plátano concentraciones de almi 77,5%, en frutos maduros de 36% y de 2 muy maduros, lo cual indica que la mayo formación de almidón a azúcares ocurre h estados finales de maduración de los fruto do explicable que el fruto de plátano de E co-Hartón en estado amarillo (A) y MA ter ytes concentraciones de almidón como ; to de factores genéticos o interacción sim

**Sólidos solubles totales.** El azúcar es el i nente mayoritario de los sólidos solubles (SST), por lo cual estos son usados como para establecer normas de maduración de; frutas y su calidad comestible suele esta correlacionada con los sólidos solubles (Wills *et al.* 1977). Se observó que los sól lubles en la pulpa se incrementan a medi avanza la maduración, mostrando diferen

**Tabla 6. Concentración de Almidón, Azúcares Totales y Sólidos Solubles Totales (SST) en la Pulpa de Frutos de Dominico-Hartón provenientes de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso, A; Muy amarillo, MA)**

Época climática	Localidad	Almidón			Azúcares Totales (%)			SST (%)		
		V	A	MA	V	A	MA	V	A	MA
Seca	Laker	77	71	61	3	26	37	7.1 a	24.7 a	29.6 a
	Agrado	78	68	56	3	26	35	6.2 b	27.5 b	32.2 a
	Jazmín	76	70	63	3	28	29	7.9 b	28.1 b	31.9 a
Lluviosa	Laker	74	66	64	4	29	36	6.8 b	24.9 a	30.1 a
	Agrado	75	70	57	6	29	38	6.3 a	26.1 b	30.5 a
	Jazmín	75	66	50	6	32	38	7.1 a	28.6 b	31.2 a
CV (%)								11.31		
F(Localidad, L)								n.s.		
F(Época, E)								**		
F (Maduración, M)								**		
F(LxÉxM)								**		

\*\* Prueba de F significativa (P<0,01)  
 n.s. Prueba de F significativa (P<0,01)  
 Promedios con letras distintas, en cada época y columna, son estadísticamente diferentes según la prueba-rango múltiple de Tukey (P<0,05)

**Tabla 7. Concentración de almidón, azúcares totales en la cáscara de frutos de Dominico-Hartón provenientes de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso, A; Muy amarillo, MA)**

Época climática	Localidad	Almidón			Azúcares Totales (%)		
		V	A	MA	V	A	MA
Seca	Laker	30	35	25	3	12	18
	Agrado	52	35	20	3	13	19
	Jazmín	52	37	26	2	16	23
Lluviosa	Laker	52	38	23	5	13	20
	Agrado	51	42	25	6	16	19
	Jazmín	34	46	33	6	16	20

nificativas entre épocas, localidades y estadios de maduración (P<0,05). Los frutos verdes y muy amarillos provenientes de El Jazmín, de ambas épocas climáticas presentaron la mayor concentración, mientras que los menores contenidos se encontraron en los frutos en estado verde de El Agrado. La alta concentración relativa de SST en frutos al momento de la cosecha indica que el criterio de cosecha de los racimos en la región que generalmente es visual genera la recolección en un esta-

do algo avanzado de maduración del fruto, siendo posible investigar los procesos de maduración del fruto recolectando el producto en etapas tempranas. En el estado amarillo se presentaron las mayores concentraciones de sólidos solubles; esta variable puede constituirse en un índice de maduración para la selección de muestras en procesos de industrialización de la pulpa de plátano.

**Azúcares totales y reductores.** La concentración de azúcares totales es muy baja durante el

período de crecimiento de los frutos en la planta debido a que la síntesis de almidón es intensa y progresiva hasta alcanzar el fruto su madurez fisiológica. Durante la maduración el almidón es degradado rápidamente acumulándose azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa (Marriott *et al.*, 1981; Hubbard *et al.*, 1990), por este patrón característico del metabolismo de carbohidratos puede ser alterado bajo ciertas condiciones ambientales como la exposición a temperaturas extremas durante la maduración (Linaza, 1976). Cuantitativamente, el cambio más importante asociado a la maduración de frutos es la degradación de los carbohidratos poliméricos; estas transformaciones tiene el doble efecto al alterar tanto el gusto como la textura del producto (Wills *et al.*, 1984). La mayoría de los azúcares totales del fruto de plátano Dominico Hartón son azúcares reductores, los cuales están estrechamente correlacionados ( $R=0.97794$ ,  $P<0.01$ ). De los dos órganos que conforman el fruto durante la maduración, la pulpa contiene el doble de azúcares que la cáscara en los estados A y MA. En términos generales se presentó un aumento de la concentración de azúcar a medida que avanza el estado de maduración, lo cual coincide con Marriott *et al.* (1981), Fimín (1991), Ofén y Thomas (1993) (Tablas 6 y 7). La pulpa y la cáscara de los frutos en estado verde oscuro (V) provenientes de la época lluviosa en las tres localidades presentaron mayores cantidades de azúcares totales que los de la época seca. Los cambios en los contenidos de azúcares totales en la pulpa de un estado de maduración a otro son muy acelerados, indicando esto que la síntesis de azúcares en este órgano sucede en un muy corto tiempo, mientras que en la cáscara la síntesis de azúcares reductores ocurre de manera más lenta. Los azúcares totales de la pulpa están relacionados con los azúcares totales y reductores de la cáscara,  $R=0.95940$  ( $P<0.01$ ).

**Minerales.** De los elementos analizados (Nitrógeno, N; Fósforo, P; Potasio, K; Calcio, Ca; Magnesio, Mg; Manganese, Mn; Zinc, Zn; Cobre, Cu y Hierro, Fe) todos a excepción del Magnesio y el Cobre se observaron en mayor cantidad en la cáscara que en la pulpa, lo cual la convierte en un producto de deshecho muy importante que podría ser utilizada en la elaboración de productos para consumo humano y animal. En la pulpa se presentó en orden de importancia: Potasio > Nitrógeno >

Fósforo > Magnesio > Calcio > Hierro > Zinc > Cobre > Manganese. Los altos contenidos de P, lasio encontrados en este estudio concuerdan con los reportados por Izquierdo y Omuari (1980), que fueron tres veces mayor en la cáscara (3.8% que en la pulpa (1%). Durante la maduración del fruto, la concentración de la mayoría de los minerales permanece con ligeras variaciones tanto en la pulpa como en la cáscara, contrario a lo reportado por los mismos autores quienes afirman que el potasio aumenta durante la maduración del fruto y el fósforo disminuye.

La actividad fisiológica y el desempeño productivo de los clones de plátano, en una zona de producción, dependen de la interacción armónica entre su genotipo y los factores ambientales pudiendo variar bajo diferentes condiciones etiológicas y climáticas.

## CONCLUSIONES

Las zonas óptimas de cultivo para el clon Dominico Hartón en la región cafetera, están ubicadas entre los 1000 y 1400 m.s.n.m.

El tamaño del fruto de Dominico Hartón varía según la localidad y el clima. La composición química del fruto varía de acuerdo al estado de maduración del fruto y de la zona de producción.

## RECONOCIMIENTOS

A Ciencias, Comité Departamental de Calenteros del Quindío, Universidad del Quindío, Compoica, La Granja Luker, SENA, CIAT y Cemcafé por el apoyo financiero para el desarrollo de este estudio.

## LITERATURA CITADA

- Aznón-Bios, J.; Díez, M. 1996. Fisiología y bioquímica vegetal. Madrid: McGraw-Hill, p. 463-479.
- Cardenas, D. R. 1955. El plátano en Colombia, plátanos y bananos. Imp. Pacífico-Cali 367 p.
- Fernández, K.M., Carvallo, V. D., Calvete, J. 1979. Physical changes during ripening of silver bananas of silver bananas. Journal of food science, 44:1256-1259.
- Fauller, D.; Espino, S.; Marín, D.; Despeche, M.; Pession, G. 1978. El plátano en la alimentación de bovinos. Composición y producción de biomasa. Res. Tropical Science 21, 1981-1987. 1978. El plátano en la alimentación de bovinos. Composición y producción de biomasa. Producción Animal Tropical (Santo Domingo), 3:141-160.
- Fimín A. 1991. Chemical and physical changes in plantain (*Musa paradisiaca*) during ripening. Tropical Science, 33: 185-187.
- Gómez M.O., Jaramila, R.A. 1989. Estudio climático de Baa

- inda y Quindío, Cenicafé: Boletín Técnico No. 15, 194p.
- Hubard, N.L.; Pinner, G.M.; Huber, S.C. 1990. Role of sucrose phosphatase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climacteric. *Plant Physiology* 94: 201-208.
- Ilse, O.; Thomas, O.O. 1993. Chemical changes in relation to taste and degree of maturation of plantain (*Musa sapientum*) and (*Musa sapientum*) fruits. *Food Research International* 26: 187-193.
- Infante, W.A.L.; Ochoa, V.O.T. 1998. Efecto de la Maduración en la Composición Química de la Cáscara y Pulpa de Plátano. *Journal of the Science of Food and Agriculture, Inglaterra*, 45(4), 7-19 p.
- Mas, L.A. 1976. Quantitative evaluation of ripeness in banana fruit ripening at normal to elevated temperatures. *Acta Horticulturae* 57: 163-173.
- Mohr, E.; Rábago, M.; Karkay, S.R. 1997. Transformación del almidón y el azúcar durante la maduración de plátano y banano. *Journal of Food and Agriculture, Inglaterra* 35(10) 1021-1026 p.
- Morales Chorro, H.; Belacázar Carvajal, J.J.; Cayón Salinas, G. 1998. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico-química de los frutos en cuatro clones comerciales de mosáceas. En Seminario Internacional sobre Producción de Plátano, Armenia (Colombia), Mayo 1998. Memorias Armenia (Colombia), Caucaico - Universidad del Quindío, p. 237 - 246.
- Simmonds, N.W. 1973. *Los Plátanos*. Blume, Barcelona, 529 p.
- Wain, S.; Swindell, D. 1990. Developmental Physiology and Ripening Behaviour of "Seneca" Banana (*Musa sp.*). *J. Fruits*, 5(4): 152-157.
- Will, R.H.H.; Lee, C.H.; Mijangos, W.B.; Hall, E.G.; Graham, D. 1977. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-cosecha*. Burgos, (Insto. Agrícola, Zaragoza, España), 195 p.
- Will, R.; Lee, T.; Mc Cleary, K.; Graham, D. 1984. *Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-Cosecha*. Zaragoza, España, Acribia, p.19-22, 43-46, 81-83.