

# DINÁMICA DE LA ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN DOS ESPECIES DE SOMBRIO USADAS EN CAFETALES DE COLOMBIA

Jhon Jaime Arias Hernández\*; Néstor Miguel Riaño Herrera\*\*; Manuel Aristizábal Loaiza\*\*\*

---

**ARIAS H., J.J.; RIAÑO H., N.M.; ARISTIZÁBALL., M. Dinámica de la acumulación de materia seca en dos especies de sombrío usadas en cafetales de Colombia. Revista Cenicafé 65 (2):7-17. 2014**

La investigación se realizó con el fin de conocer la dinámica de la acumulación de materia seca de plátano dominico hartón (*Musa AAB Simmons*) y guamo santafereño (*Inga edulis*) para determinar el secuestro de carbono de cada una de las especies, a través de su ciclo productivo. El trabajo se realizó en áreas seleccionadas de los departamentos del Valle del Cauca y Quindío (Colombia). Se utilizó la cubicación como principal herramienta de medición y se midió individualmente la biomasa fresca por planta, además del porcentaje de materia seca y fracción de carbono. A partir de los resultados obtenidos de biomasa se generaron modelos no lineales, tanto en tiempo cronológico como en tiempo térmico. Los resultados indican que los modelos sigmoidales son los que en su mayoría representan el comportamiento de la materia seca total de las plantas evaluadas. El porcentaje de fracción de carbono para la planta de plátano en promedio fue de 37,2% y para guamo del 44,9%. Además, se comprobó que no existen evidencias estadísticas de una relación directa entre la edad y la cantidad de carbono en cada órgano de las plantas evaluadas. Estos resultados llevan a conocer el potencial de almacenamiento de carbono de sistemas productivos cafeteros, dando las pautas para establecer las compensaciones por este servicio ambiental y así crear la gestión para reducir las emisiones de carbono a la atmósfera.

**Palabras clave:** Cubicación, biomasa, carbono.

---

## DRY MATERIAL ACCUMULATION DYNAMICS IN TWO SHADING SPECIES USED IN COFFEE CROPS IN COLOMBIA

The research was conducted in order to understand the dynamics of dry matter accumulation of hartón dominican plantain (*Musa AAB Simmons*) and guamo santafereño (*Inga edulis*) to determine the carbon sequestration of each species through its cycle productive. The work was conducted in selected areas of the departments of Valle del Cauca and Quindío (Colombia). Was used cubication as the main tool and individually measuring the fresh biomass per plant, and the dry matter percentage and carbon fraction. From biomass results were generated nonlinear models in chronological and thermal time. The results indicate that the sigmoidal models are those mostly represent the behavior of the total dry matter of the plants tested. The percentage of carbon fraction of the plantain plant was on average 37.2% and 44.9% for guamo. In addition it was found that there are no statistical evidence of a direct relationship between age and the amount of carbon in each organ of the tested plants. The above results lead to know the carbon storage potential of coffee production systems, providing guidelines for establishing compensation for this service and create environmental management to reduce carbon emissions to the atmosphere.

**Keywords:** Cubication, biomass, carbon.

---

\* Investigador Asociado (hasta el 31 de diciembre de 2011), Disciplina de Fisiología, Cenicafé

\*\* Investigador Principal, Coordinador del Programa de Caficultura y Variabilidad Climática, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

\*\*\* Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Profesor titular Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia.

La acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), es la principal causa calentamiento global de la Tierra; en este sentido, se ha establecido que los incrementos en los niveles de CO<sub>2</sub> están directamente relacionados con la elevación de la temperatura ambiental y, que si tales aumentos siguen los modelos establecidos, producirán una aceleración del cambio climático. Es así como el calentamiento global se relaciona con el efecto de la industrialización, la contaminación humana, el uso de combustibles fósiles y con la tala de bosques, que son consideradas causas antropogénicas (3).

Desde comienzos de la revolución industrial el efecto invernadero natural se ha incrementado por el aumento de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). El más importante de éstos es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que participa con más del 50% en las emisiones totales, siendo sus fuentes principales el uso de combustibles fósiles y los cambios en el uso del suelo, sobre todo por deforestación y explotación de madera no sustentable (6). De continuar el actual nivel de emisiones, en los próximos 100 años la temperatura media podrá aumentar entre 3 y 6°C, y el nivel de los mares entre 0,4 m y 1,0 m (14).

Según lo acordado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en 1997, y particularmente en el Protocolo de Kyoto (PK), los países desarrollados se comprometieron a reducir en un 5,2% la emisión de GEI con respecto a la producida en 1990, con un período de cumplimiento pactado entre el 2008 y el 2012. Es así, como estas reducciones se dan por el establecimiento de plantaciones de especies que tengan un alto potencial de fijación del dióxido del carbono atmosférico a través de la fotosíntesis.

El almacenamiento y la fijación de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agroforestales (4). La estimación de la biomasa en plantaciones es un tema relevante en relación con el problema del calentamiento global del planeta, en años recientes se ha incrementado el interés por estudiar el papel de los cultivos y bosques en los ciclos de elementos biogeoquímicos, especialmente del carbono, y su relación con los gases de efecto invernadero (5). La FAO (7), considera que la biomasa es un elemento principal para determinar la cantidad de carbono almacenado en un cultivo, además permite elaborar previsiones sobre el ciclo mundial del carbono.

Existen métodos directos e indirectos para estimar la biomasa aérea de un bosque. El método directo consiste en cortar el árbol y pesar la biomasa directamente; otra forma es calcular la biomasa aérea de manera indirecta, a través de ecuaciones y modelos matemáticos obtenidos por análisis de regresión entre las variables recolectadas en terreno y en inventarios (2). Estudios realizados tanto en Norteamérica como en Europa y Asia, concuerdan en que la evaluación de la biomasa arbórea debe contemplar la separación de componentes en fuste, hojas y ramas, e incluso deberían separarse corteza y raíces (10).

Esta investigación aborda el crecimiento de las especies plátano dominico hartón (*musa AAB Simmons*) y guamo santafereño (*Inga edulis*) en términos de biomasa acumulada (en tiempo cronológico y tiempo térmico), y la proporción de carbono presente en cada órgano. Los resultados obtenidos permitirán incluir estas especies en el “Modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico: CREFT®”. El modelo CREFT® es una herramienta que permite cuantificar el crecimiento y la captura

de carbono por especies forestales nativas e introducidas en condiciones del trópico. Los datos que genera el modelo luego de una simulación, representan de manera muy cercana el potencial de crecimiento y producción de las especies bajo las condiciones de siembra en Colombia (12).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del cultivo de plátano dominico hartón.** La cubicación de plátano dominico hartón se desarrolló en la finca El Bambusal, vereda Pueblotapao (Montenegro, Quindío); con una altura de 1.294 m.s.n.m., con temperatura promedio de 21°C, relieve suavemente ondulado, régimen de lluvias bimodal: dos épocas de abundantes lluvias de marzo a mayo, y de septiembre a noviembre y dos temporadas de menor precipitación, de diciembre a febrero y de junio a agosto. La humedad relativa y el brillo solar no se distribuyen de manera homogénea, temporal ni espacialmente, pues están condicionados por el relieve, las épocas del año y la circulación atmosférica.

**Localización del cultivo de guamo santafereño.** La cubicación de guamo se realizó en dos municipios del norte del Valle del Cauca, con la especie *Inga edulis* (guamo santafereño) en fincas que comprenden los municipios de El Águila y Argelia, con alturas entre 1.200 y 1.900 m.s.n.m., con una mayor concentración por encima de los 1.700 m, con temperaturas promedio entre 18 y 21°C, topografía con pendientes mayores a 60%, con precipitaciones anuales entre 1.800 - 2.400 mm, y los períodos de menor lluvia entre enero - febrero y julio - agosto.

**Metodología.** Para el cultivo del plátano se seleccionaron siete edades (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 meses) y para el sombrío con guamo se seleccionaron seis edades (2, 4, 8, 10, 15, 20 años). La metodología de cubicación

se realizó con base en la adaptación de la metodología CREFT® - Modelo de Crecimiento y Captura de Carbono para Especies Forestales en el Trópico (13). Se efectuaron cinco repeticiones dentro de un área de una hectárea. Cada repetición fue una planta seleccionada aleatoriamente, de plátano o guamo, que tuviera la edad correspondiente.

Para las dos especies se obtuvo la materia seca por medio del método directo o destructivo (cubicación), el cual consistió en medir los parámetros básicos de un árbol (peso fresco y seco, de cada uno de sus órganos), apeándolo y calculando la biomasa mediante pesaje de cada uno de los componentes (raíz, fuste, ramas, follaje y frutos). Para la transformación de los pesos secos a carbono equivalente, se utilizó la Ecuación <1>.

$$PS \times 0,50 \times 3,66 = \text{dióxido de carbono equivalente (CO}_2\text{eq)} <1>$$

PS = peso seco

0,50 = 50% de porcentaje de carbono

3,66 = constante para convertir carbono en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq)

**Determinación del peso seco.** En las dos especies cubicadas (plátano y guamo) se separaron la raíz, el tallo, las hojas, las flores y los frutos (en caso de existir), y se pesaron individualmente, con el fin de obtener el peso fresco total por órgano, de allí se obtuvo una muestra de 250 g, que se empacó e identificó con la información respectiva. La muestra se llevó a pre-secado en un secador parabólico tipo túnel, de donde fueron llevadas a peso seco constante, mediante una estufa de extracción de humedad a una temperatura de 65°C durante 48 h. Después de obtenida la muestra en peso seco constante, ésta se llevó al laboratorio para la determinación del porcentaje de carbono.

**Determinación del contenido de carbono de una muestra, utilizando el equipo CHN -2400 serie II (Perkin Elmer Co. USA).** Se molieron 25 g de cada muestra seca, en el equipo Willey Mill – 2, y de cada muestra seca y molida se tomó una submuestra de 0,1 g, que fue colocada en cápsulas de inyección, en el automuestreador del analizador elemental Leco – CHN TrueSpec (Leco Co. USA). El sistema se basa en el método de Pregl-Dumas, en el cual las muestras son puestas en combustión en presencia de oxígeno puro y los gases generados en máximo nivel de oxidación son separados y leídos por detectores de infrarrojo y de conductividad. En total, se tomaron cinco muestras por cada edad, o sea 35 muestras para plátano y 30 muestras para guamo.

**Medición del área foliar total en guamo.** Se pesó una muestra seca de 200 g de hojas de guamo, a la cual previamente se le determinó el área foliar en el laboratorio y el peso total de las hojas, se calculó el área foliar total de cada árbol, mediante la relación área-peso seco.

**Medición del área foliar total en plátano.** Se recortó un área de 10 x 10 cm del limbo foliar de la planta, se pesó y por medio de ésta se obtuvo el área foliar total de la planta.

**Análisis y construcción de curvas de crecimiento y desarrollo.** Para cada una de las edades de las plantas y en cada una de las repeticiones, se construyeron curvas de desarrollo mediante gráficos de dispersión y regresiones no lineales, en función de la edad y el tiempo térmico, con el fin de conocer a través del tiempo cuál es la dinámica de fijación de CO<sub>2</sub> con respecto a la edad del cultivo (plátano o guamo).

**Cálculo del tiempo térmico.** Para el cálculo del tiempo térmico se utilizó la información histórica y actual de las variables climáticas: temperatura mínima diaria, temperatura media y temperatura máxima diaria de estaciones meteorológicas en el área de influencia de las plantaciones. Con estos valores se calculó el tiempo térmico diario (grados día acumulados - °D<sub>acum</sub>) hasta la fecha de muestreo, de acuerdo con Lovatt *et al.* (9). Al no tener estación meteorológica en el sitio de muestreo, la base de datos de temperatura se corrigió por altitud (con base en la diferencia de altitud entre el sitio y la estación meteorológica), haciendo uso de factores de corrección desarrollados a partir de modelos de regresión lineal que relacionan la altitud y la temperatura en cada región.

La información del clima se obtuvo de la Red Climática de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC); en el Quindío, la estación meteorológica más cercana al sitio de cubicación del cultivo del plátano fue “El Agrado” y para el departamento del Valle del Cauca (municipios El Águila y Argelia), la cubicación de los guamos se realizó en la estación meteorológica de “Albán”.

**Análisis de la información.** El estudio fue de tipo observacional (no se tuvieron tratamientos inducidos sobre los árboles), por lo tanto, se analizaron las condiciones existentes en el campo. Se analizó la información mediante anovas y comparaciones múltiples.

Se midieron las variables de respuesta en cinco árboles por edad. Estas variables fueron los pesos secos de raíz, tallo, rama, hojas y frutos. Utilizando el tiempo térmico y el tiempo cronológico como variables independientes, se ajustaron modelos empíricos no lineales para describir la relación de éstos con cada una de las variables dependientes. Con la ayuda del programa MS -Excel 2007

se crearon las bases de datos y los modelos matemáticos se realizaron con la ayuda del software SigmaPlot versión 10.

Para determinar si la edad de la planta influyó sobre las mediciones de carbono para cada uno de los órganos, se utilizó un anova de una vía y las medias entre edades se compararon con una prueba de Tukey al 95%, debido a que el análisis fue en condiciones controladas de laboratorio (comparación paramétrica).

El tiempo térmico se utilizó para remover el efecto del diferencial de temperatura de los sitios geográficos sobre la acumulación de biomasa de las plantas. Esto funciona debido a que el tiempo térmico es una medida de calor diario (unidades térmicas en grados centígrados) que reciben las plantas; por tal razón las curvas de crecimiento se trabajaron de igual manera en función del calor recibido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las curvas y modelos de crecimiento son una expresión generalizada del crecimiento de las plantas, en las Tablas 1 y 2, se muestra la variabilidad de modelos para cada órgano de las plantas evaluadas; sin embargo, la representación del peso total se encuentra traducida en modelos sigmoidales y logarítmico normal de pico, acorde con los resultados de Briggs *et al.* (1), quienes trabajaron en el crecimiento de cultivos de maíz, donde observa la similitud de curvas en función de la materia seca (sigmoidal), las cenizas (sigmoidal), la altura (logarítmico normal de pico) y el área foliar por planta (Gaussiano asimétrico).

Para el peso seco total se obtuvieron los coeficientes de correlación de 0,86 para plátano y 0,89 para guamo (tiempo

cronológico) y 0,89 para plátano y 0,98 para guamo (tiempo térmico), lo cual indica como la predicción de la biomasa total, usando los parámetros establecidos en cada uno de los modelos, tiene un alto grado de asociación entre las variables. Los órganos que son representados por modelos gaussianos son el pseudotallo, el pecíolo, la nervadura, las hojas, el vástago y el área foliar. Este comportamiento se refiere a la ganancia en peso hasta un punto máximo de inflexión, donde se presenta una disminución con la misma tasa con la que se dio el crecimiento (modelo simétrico) del peso seco, debido a la traslocación de nutrientes hacia los órganos reproductivos como los frutos.

### Porcentajes de carbono

En las Tablas 3 y 4 se muestran los porcentajes de carbono para cada componente de las plantas de plátano dominico hartón y guamo santafereño, respectivamente, donde los valores son estadísticamente similares a través del tiempo, excepto en guamo, donde el tallo superior y las ramas presentan diferencias significativas con respecto a la edad de 2 años. Los contenidos de carbono, en porcentaje del peso seco, varían según el órgano de la planta. En plátano, los valores más altos corresponden a las hojas y los más bajos a la raíz (Tabla 3). La información reportada por Morrissey y Justus (11) y Snowdon *et al.* (15) en cuanto a los porcentajes de carbono en un órgano, corresponden aproximadamente al 50% de la materia seca total, muy similares a los valores promedio de carbono de 45% en guamo santafereño, pero en contraposición, con los valores alcanzados para los órganos del plátano dominico hartón, los cuales se encuentran en promedio alrededor del 37%, acorde a lo reportado por Figueroa *et al.* (8).

**Tabla 1.** Modelos de crecimiento de los órganos de la planta de plátano dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*), expresados en peso seco, en función del tiempo cronológico y térmico.

Órgano/ variable	Tiempo	Modelo	a	b	x <sup>0</sup>	y <sup>0</sup>	R <sup>2</sup>
Raíz	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	632,7	8,1	29,8		0,91
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	231,2	1921,5	4932,5		0,92
Corno	Cronológico	$f=Y_0+a*x$	93,9			-3,8	0,66
	Térmico	$f=y_0+a*x$	0,35			53,1	0,66
Pseudotallo	Cronológico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	6494,2	3,3	10,4		0,77
	Térmico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	6615,3	927,5	2632,2		0,77
Pecíolo	Cronológico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	519,2	2,3	8,3		0,78
	Térmico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	516,5	637,4	2044,6		0,78
Nervadura	Cronológico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	197,9	2,3	8,8		0,79
	Térmico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	196,9	651,7	2186,9		0,79
Hojas	Cronológico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	906,6	2,3	8,5		0,84
	Térmico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	902,6	637,9	2114		0,84
Vástago	Cronológico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	135,5	3,8	9,2		0,44
	Térmico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	137,1	1080,2	2296,8		0,40
Fruto	Cronológico	$F=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	2896,2	1,1	11,4		0,97
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	3020,9	360,1	2977,2		0,97
Peso total	Cronológico	$f=a*\exp(-0,5*(\ln(x/x_0)/b)^2)/x$	11543,9	0,5	10,7		0,86
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	8928,6	128,9	1457,7		0,89
Área foliar	Cronológico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	118277,1	2,4	8,1		0,92
	Térmico	$f=a*\exp(-5*((x-x_0)/b)^2)$	118134,7	661,5	2004,8		0,91
Longitud	Cronológico	$F=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	432,2	2,2	5,4		0,91
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	424,4	536,6	1230,5		0,91

**Tabla 2.** Modelos de crecimiento de los órganos de la planta de guano (*Inga edulis*) expresados en peso seco el función del tiempo cronológico y térmico.

Órgano/ variable	Tiempo	Modelo	a	b	$x_0$	$R^2$
Raíz	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	299,9	2,6	12,8	0,96
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	313,5	10132,0	49601,7	0,96
Tallo inferior	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	415,6	3,2	14,9	0,94
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	480,4	12723,4	60156,2	0,94
Tallo medio	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	261,9	1,7	11,5	0,97
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	263,7	6490,8	43531,3	0,97
Tallo superior	Cronológico	$f=\exp(a*x)$	0,3			0,89
	Térmico	$f=\exp(a*x)$	7,71E-05			0,9
Ramas	Cronológico	$f=a*\exp(b*x)$	3,7	0,1		0,93
	Térmico	$f=a*\exp(b*x)$	3,1	4,19e-05		0,93
Tallo total	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	1071,7	3,1	14,6	0,98
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	1206,6	12180,3	57966,2	0,98
Hojas	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	35,3	3,4	11,0	0,77
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	36,8	13503,9	43052,1	0,77
Peso total	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	1399,6	2,9	14,1	0,98
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	1538,6	11864,9	55491,3	0,98
Área foliar	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	3506892,0	2,7501	9,8	0,83
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	3558963,9	10703,9	37485,3	0,83
Longitud	Cronológico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	19,9	3,3	7,5	0,89
	Térmico	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	19,9	12642,8	28469,9	0,89

**Tabla 3.** Porcentaje de carbono (%) para las diferentes edades, según el órgano, en plátano dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*).

Edad (meses)	Órgano									
	Raíz	Cormo	Ti	Tm	Ts	Peciolo	Hojas	Vástago	Bellota	Fruto
2	34,1 a	36,2 a	36,6a							
4	33,1 a	36,2 a	35,3 a	36,5 a	35,7 a	35,3 a	43,2 a			
6	33,8 a	36,8 a	35,1 a	36,9 a	35,0 a	36,5 a	44,5 a			
8	34,6 a	35,5 a	36,5 a	36,8 a	36,0 a	36,0 a	42,9 a	36,7 a	40,2 a	
10	35,5 a	35,1 a	35,9 a	36,5 a	35,9 a	36,5 a	44,2 a	36,4 a	40,2 a	
12	33,3 a	35,0 a	35,6 a	35,8 a	35,6 a	36,0 a	43,0 a	35,7 a	40,5 a	40,5 a
14	33,7 a	35,2 a	36,1 a	35,7 a	36 a	36,7 a	43,7 a	36,9 a	40,7 a	40,9 a

Ti = Tallo inferior, Tm = Tallo medio, Ts = Tallo superior. Valores seguidos por letras distintas, para cada órgano, presentan diferencia significativa, Tukey al 5%.

**Tabla 4.** Porcentaje de carbono (%) para las diferentes edades, según el órgano, en guamo santafereño (*Inga edulis*).

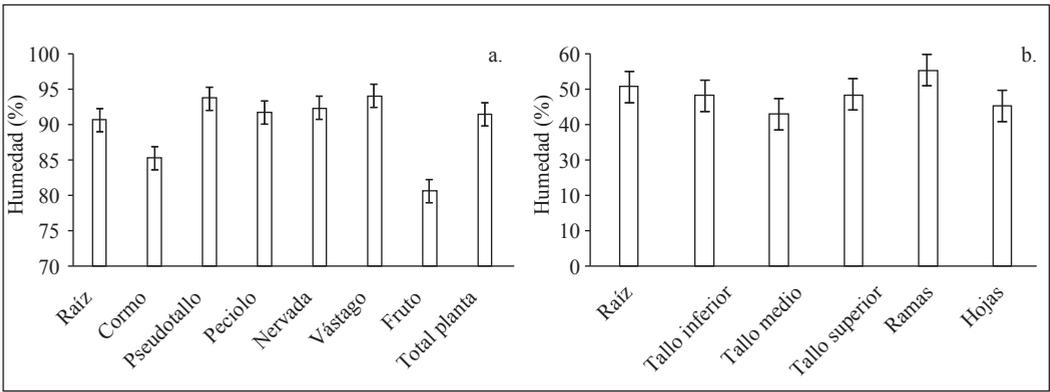
Edad (meses)	Órgano					
	Raíz	Ti	Tm	Ts	Ramas	Hojas
2	44,6 a	44,0 a	44,2 a	43,7 a	43,7 a	45,7 a
5	44,3 a	43,9 a	44,2 a	44,6 ab	44,5 ab	45,9 a
8	44,3 a	44,6 a	45,2 a	44,9 ab	45,5 b	46,1 a
10	44,1 a	45,0 a	45,2 a	45,6 ab	45,2 b	46,3 a
15	44,1 a	45,0 a	44,9 a	44,5 b	45,3 b	46,1 a
20	44,1 a	44,8 a	45,1 a	45,6 b	44,9 b	46,3 a

Ti = Tallo inferior, Tm = Tallo medio, Ts = Tallo superior. Valores seguidos por letras distintas, para cada órgano, presentan diferencia significativa, Tukey al 5%.

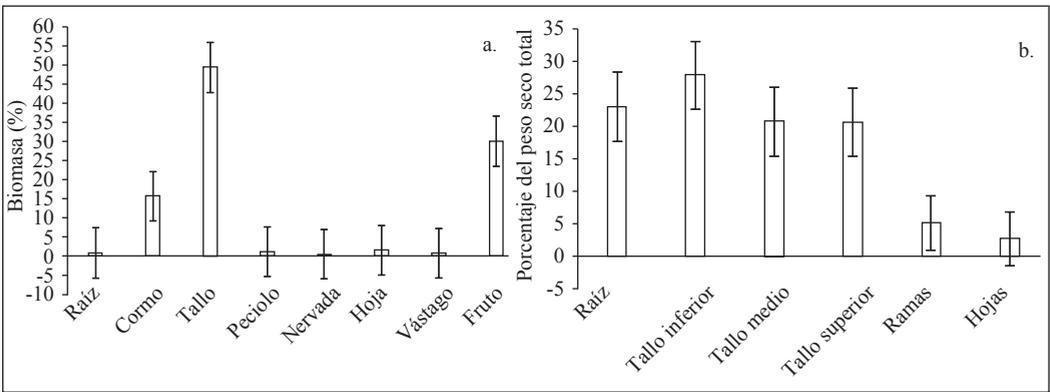
**Contenidos de humedad.** Los contenidos de humedad encontrados para los diferentes componentes del plátano dominico hartón (Figura 1a) muestran que el pseudotallo y el vástago poseen los mayores porcentajes de humedad, mientras que los menores porcentajes se encuentran en el cormo y el fruto, acorde con los valores reportados por Reyes (12), con valores entre 85% y 88%. Para el guamo santafereño, los contenidos de humedad para los diferentes componentes (Figura 1b), muestran que las ramas son las que presentan el mayor porcentaje de humedad, mientras que es el tallo medio el que presenta los menores porcentajes; en general, los porcentajes de humedad están alrededor del 50% para todo el árbol de guamo.

**Distribución de biomasa.** En la fase final de crecimiento del plátano dominico hartón (14 meses), puede evidenciarse que el tallo y el fruto son los órganos que muestran los mayores porcentajes de acumulación de biomasa, seguidos por el cormo (Figura 2a); en cuanto al guamo santafereño, la distribución de biomasa indica que el tallo inferior y la raíz presentan los mayores porcentajes de acumulación de materia seca con respecto al peso seco total de la planta. Las ramas y las hojas son las que muestran los menores porcentajes de acumulación (Figura 2b).

Los resultados obtenidos en porcentajes de la relación parte aérea – raíz, para el plátano dominico hartón corresponden a



**Figura 1.** Contenido de humedad en los diferentes órganos de plátano **a.** dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) y **b.** guamo santafereño (*Inga edulis*).



**Figura 2.** Distribución de biomasa en función del peso seco total para diferentes órganos de plátano **a.** dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) y **b.** guamo santafereño (*Inga edulis*).

99,12% parte aérea y 0,88% raíz, mientras que para el guamo santafereño es de 76,05% parte aérea y 23,95% raíz.

Con el desarrollo de esta investigación se obtuvieron las curvas de crecimiento, tanto en tiempo cronológico como térmico, para las especies de plátano dominico hartón y guamo santafereño.

Por medio del muestreo destructivo de cada una de las plantas (cubicación), con el fin de analizar las cantidades de carbono

en cada órgano, se observó que los valores obtenidos están acorde a los reportados en otros estudios. De igual manera, se observó que no existen evidencias estadísticas para demostrar la relación directa entre la edad y el porcentaje de carbono en cada órgano de las plantas evaluadas. Además, los resultados revelan que los componentes de las plantas evaluadas presentan una concentración de carbono que no es la misma en todos los casos, lo cual debe ser considerado cuando se estime el tamaño de los depósitos de carbono para esas condiciones.

En general, con la obtención de la información de la dinámica de acumulación de materia seca en las especies evaluadas, puede obtenerse de manera cuantitativa el potencial de almacenamiento de carbono de sistemas productivos cafeteros, así como el valor por tonelada de carbono almacenada temporalmente por hectárea, dando las pautas para establecer las compensaciones por este servicio ambiental y así crear la gestión para reducir las emisiones de carbono a la atmósfera.

### AGRADECIMIENTOS

Al profesional en mercadeo Diego Fernando Álzate, al auxiliar de laboratorio Anderson Aguirre, a la doctora Ximena Restrepo, al Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca en cabeza del Doctor Héctor Fabio Ospina, a los extensionistas del Municipio del Águila y Argelia – Valle, al ingeniero agrónomo Héctor Chica y al ingeniero forestal Diego Obando.

### LITERATURA CITADA

1. BRIGGS, G. E.; KIDD, F.; WEST, C. A. 1920. Quantitative analysis of plant growth. *Annals of applied Biology*. 7: 202 – 223.
2. BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. Department of Natural Resources and Environmental Sciences. University of Illinois Urbana, Illinois, USA.
3. CABALLERO.; LOZANO, S.; ORTEGA, B. 2007. Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista digital universitaria – UNAM*. 8(10):1067 - 6079
4. CUÉLLAR, N.; ROSA, H.; GONZÁLEZ, M. 1999. Los servicios ambientales del agro: El caso del café de sombra en El Salvador. *PRISMA*. 34:1-16.
5. DALANEY, M.; BROW, S.; LUGO, A.; TORRES, L.; QUINTERO, N. 1997. The distribution of organic

carbon in major components of forest located in five zones of Venezuela. *Journal Tropical Ecology* 13:697 – 708.

6. EGUREN, L. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: Balances y perspectivas. [En línea]. [Chile]. [Citado Feb., 2010]. CEPAL – División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Series 83. 83p. Disponible en Internet: URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/LEAD/X6367s/x6367s00.pdf>
7. FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1998. Terms and Definitions. FAO Forest Resources Assessment Programme, Working Paper 1. Roma, Italia.
8. FIGUEROA, N. C.; ETCHEVERS, B. J. D.; VELÁZQUEZ, M. A.; ACOSTA, M. M. 2005. Concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la Sierra Norte de Oaxaca *TERRA Latinoamericana*, Vol. 23, Núm. 1, enero-marzo, pp. 57-64. Universidad Autónoma Chapingo. México.
9. LOVATT, C., STREETER, S., MINTER, T., O'CONNELL, N., FLAHERTY, D., FREEMAN, M., GOODELL, P. 1989. Phenology of flowering in *Citrus sinensis* [L.] Osbeck, cv. Washington Naval orange. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 1, Pag. 186 – 190.
10. MACDIKEN, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural development. 45 p.
11. MORRISSEY, A; JUSTUS, J. 1998. Global Climate Change. Committee for the National Institute for the Environment, Washington D. C.
12. REYES, V.L.J. Antecedentes del banano y/o plátano. [En línea]. Consultado Octubre 2011. Disponible en internet: <http://www.monografias.com/trabajos73/antecedentes-banano-plátano/antecedentes-banano-platano2.shtml>
13. RIAÑO, N., TANGARIFE, G., OSORIO, O., GIRALDO, J., OSPINA, C. OBANDO, D., GÓMEZ, L., JARAMILLO, L. Modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico. CREFT VI.0. 2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Federación Nacional de Cafeteros, Centro Nacional de Investigaciones en Café “Pedro Uribe Mejía” CENICAFÉ, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal CONIF. 51p.

14. SABOGAL, J. 2007. Generación de pagos por certificados de reducción de emisiones, bajo el mecanismo de desarrollo limpio para cercos vivos en la cuenca alta del Rio Pasto. En: Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión. Volumen XV, número 1. Universidad Militar Nueva Granada .Pág. 167 – 182.
15. SNOWDON,P.;RAISON,J.;KEITH,H;MONTAGU, K.;BI, K;RITSON, P.;GRIERSON, P.;ADAMS, M.;BURROWS, W.;EAMUS, D. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbon accounting system technical report N° 31. Marzo 2001. Australian Greenhouse Office. 114p.