

## Producción de biomasa y extracción de nutrientes por *Theobroma cacao* L. en plantaciones de Baracoa<sup>1</sup>

Fernando Selva-Hernández\*, Carlos Alberto Bustamante-González\*\* y Osnielkis Sánchez-Durán\*

### Resumen

Las investigaciones se desarrollaron en áreas de la Estación Experimental Agro-Forestal UCTB Baracoa, entre 2012 y 2017 con el objetivo de determinar la biomasa aportada por plantas de cacao obtenidas por mezcla clonal y por semillas híbridas, así como la extracción de los elementos N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en plantaciones en producción del municipio de Baracoa. Se seleccionaron al azar cinco plantas de cacao propagadas por semillas híbridas y tres a través de mezclas clonales de plantaciones en producción representativas del municipio. Para las evaluaciones se procedió a seccionar las plantas en hojas, tallo principal, ramas primarias y ramas secundarias, frutos, flores y raíces. Se evaluó también la hojarasca tomada de la zona de goteo de cada planta. En las muestras se determinó el N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. La biomasa total aportada por el cacao osciló entre 14 y 25 t x ha<sup>-1</sup> en dependencia del método de obtención de la planta. En la composición de la biomasa de las plantas obtenidas por propagación vegetativa, el mayor porcentaje lo aportó el tallo lignificado (29,33 %), seguido en por las raíces (18 %) y las ramas primarias (17 %). En los híbridos se comportó: raíces (26,9 %) > ramas primarias (25,4 %) > y frutos (18,6 %). Independientemente del método de obtención de la planta, el potasio resultó el elemento que más se extrajo (238 - 490 kg x ha<sup>-1</sup>), seguido del nitrógeno (111 - 209 kg x ha<sup>-1</sup>) y muy inferior el fósforo (32 - 67 kg x ha<sup>-1</sup>). El fruto extrajo como promedio del total de nutrientes el 29 % del N, el 39 % del P y el 30 % del K. La relación internutrientes para el cacao en la localidad de Baracoa resultó de 3,2:1:7,3.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, mezcla clonal, semillas híbridas, biomasa, propagación vegetativa, nutrientes.

### Abstract

The investigations were developed in areas of the Estación Experimental Agro-Forestal UCTB Baracoa, between 2012 and 2017 with the objective of determining the biomass contributed by cocoa plants obtained by clonal mixture and for hybrid seeds, as well as the extraction of the elements N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in production plantations of the Baracoa municipality. Five plants of cocoa spread by hybrid seeds and three through clonal mixture of plantations in representative production of the municipality were selected at random. For the evaluations, was proceed to cut the plants in leaves, main shaft, primary branches and secondary branches, fruits, flowers and roots. The taken trash of the area of leak of each plant was also evaluated. In the samples it was determined the N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O. The total biomass contributed by the cocoa oscillated between 14 and 25 tons ha<sup>-1</sup> in dependence of the method of obtaining of the plant. In the composition of the biomass of the plants obtained by vegetative propagation the biggest percentage it contributed it the shaft lignified (29,33 %), continued in for the roots (18 %) and the primary branches (17 %). In the hybrid ones were behaved: roots (26,9 %) > primary branches (25,4 %) > and fruits (18,6 %). Independently of the obtaining method of the plant the potassium was the element that more it was extracted (238 - 490 Kg ha<sup>-1</sup>), followed by the nitrogen (111 - 209 Kg x ha<sup>-1</sup>) and very inferior the phosphorous (32 - 67 Kg x ha<sup>-1</sup>). The fruit extracted like average of the total of nutritious 29 % of the nitrogen, 39 % of the phosphorous and 30 % of the potassium. The relationship inter-nutrients for the cocoa in the Baracoa town was of 3,2:1:7,3.

Key words: *Theobroma cacao*, clonal mixture, hybrid seeds, biomass, vegetative, nutritious propagation.

<sup>1</sup> Recibido: 10/8/2017

Aprobado: 15/12/2017

\* Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, Guantánamo. eeafbaracoa@forestales-co.cu

\*\* Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba. nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

## Introducción

El cacao constituye uno de los cultivos tradicionales de la estructura agraria en las zonas montañosas en Cuba, que desde su introducción ha contribuido notablemente a la diversificación agrícola. El cacao se cultiva en Cuba principalmente en la región oriental, en seis municipios de la provincia de Guantánamo, que representa el 78 % del área nacional y el 88 % de la producción nacional; en cuatro municipios de la provincia de Santiago de Cuba, que representa del área nacional y la producción nacional el 12 % y 8 %, respectivamente; en la provincia de Granma tres municipios cultivan cacao con el 6 % del área nacional y el 3 % de la producción nacional, y en la provincia de Holguín donde tres municipios cultivan cacao y representa el 4 % del área nacional y el 1 % de la producción nacional (Selva y col., 2004).

Para Nair y Ranachandran (1997) el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la producción del cultivo de cacao depende principalmente del ciclaje de biomasa y nutrientes que brinde el sistema de producción. Añade que el ciclaje de biomasa y nutrientes, generado a partir de prácticas de manejo, son la principal fuente de fertilización y una forma eficiente de conservar la materia orgánica del suelo en cultivos a los que no adhieren fertilizantes externos. Uno de los aspectos que mayor cantidad de insumos demanda en el cultivo del cacao es la fertilización. Gran parte de las aplicaciones no son aprovechadas por el árbol de cacao, perdiéndose por lixiviación o escurrimientos. Esto constituye una pérdida económica importante para el productor, con consecuencias ecológicas negativas (Salgado-Mora, 2009).

Según Damien (2010), citado por Guerrero (2014), la biomasa vegetal se define como el conjunto de material orgánico producido por las plantas a través de la captación de la energía solar y del  $\text{CO}_2$  atmosférico y su transformación en polímeros complejos mediante el proceso fotosintético. La mayoría de los sistemas agrarios producen grandes cantidades de biomasa residual agrícola procedente de las hojas, tallos, raíces y/o frutos, la misma que contiene una gran cantidad de energía.

El objetivo del trabajo consistió en determinar la biomasa aportada por plantas de cacao obtenidas por mezcla clonal y por semillas híbridas, así como la extracción de los elementos N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  en esas plantaciones en producción en Baracoa.

## Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa durante 2012-2017 con el objetivo de determinar la biomasa aportada por plantas de cacao obtenidas por mezcla clonal y por semillas híbridas, así como la extracción de los elementos N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  en esas plantaciones en producción.

Para las evaluaciones se tomaron plantas en producción de áreas pertenecientes a la UCTB Baracoa. En el caso de las plantas de cacao propagadas por vía sexual (semillas híbridas), se tomaron cinco de una plantación con un promedio de edad de 25 años. Las tres plantas propagadas por vía asexual (mezclas clonales), con una edad promedio de 25 años se tomaron en tres sitios diferentes (UCTB Baracoa; Saibá y Jobo Dulce). Cada planta se consideró como una repetición.

La sombra predominante es de *Gliricidia sepium* (Jacq Kum ex Walp). El suelo predominante en los tres sitios experimentales es Pardo sin carbonatos (Hernández y col., 1999) y la pendiente fluctuó entre el 18 y 42 %.

Cada planta se seccionó en los siguientes órganos: hojas, tallo principal, ramas primarias, ramas secundarias, frutos, flores, raíces y hojarasca en la zona de goteo de cada planta al momento de la evaluación.

Para la extracción de las raíces se construyó una calicata en forma de media luna en el área vital de las plantas hasta la profundidad de 1 m a la distancia de 1,5 m del tronco principal. Para el cálculo de la masa seca de las raíces el valor se multiplicó por dos para estimar el peso total.

Después del pesaje de cada órgano se tomaron 100 g fresco de cada uno y se secaron en estufa a 70 °C durante 72 horas hasta peso constante. Se utilizó una pesa modelo Yara. Todos los datos de masa seca se extrapolaron a una hectárea de cacao plantada a 3 m x 3 m (1111 plantas).

Las muestras posteriormente se trituraron en un molino Retsch tipo SM 100 comfort, en el laboratorio de tecnología de la madera en la sede central del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos de Barajagua, Cienfuegos, para la determinación de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$ . Los contenidos totales de cada elemento se obtuvieron por digestión húmeda con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y determinación del N con el reactivo de Nessler, P por el método del molibdato de amonio y K por fotometría de llama.

Con los datos de masa seca y las concentraciones de nutrientes se calculó la extracción de N, P y K por las plantas de cacao.

Se evaluó el comportamiento promedio de cada órgano en los dos métodos de propagación evaluados, y se calcularon los errores estándares utilizando el programa Statistica (2004).

## Resultados y discusión

En Cuba, hasta el momento no se disponían de resultados sobre la producción de biomasa de las plantas de cacao ni la extracción de los principales nutrientes.

Según Guerrero (2014), la mayoría de los sistemas agrícolas producen grandes cantidades de biomasa residual agrícola procedente de las hojas, tallos, raíces y/o frutos.

La biomasa total aportada por el cacao osciló entre 14 y 25 t x ha<sup>-1</sup> en dependencia del método de obtención de la planta.

La biomasa de las plantas obtenidas por semillas híbridas resultó superior al de las multiplicadas vegetativamente, tal vez debido al diferente manejo agronómico de las mismas, ocasionado por la diferente arquitectura de ellas.

En la composición de la biomasa de las plantas obtenidas por propagación vegetativa el mayor porcentaje lo aportó el tallo lignificado (29,33 %), seguido en orden descendente por las raíces y las ramas primarias; sin embargo, en los híbridos el mayor porcentaje lo aportan las raíces (26,9 %), seguido de las ramas primarias y los frutos (Tabla 1).

**Tabla 1. Composición de la biomasa de *Theobroma cacao* L. en mezcla clonal e híbridos en Baracoa (kg x planta<sup>-1</sup>)**

Órganos	Clones		Híbridos	
	Masa seca	Por ciento	Masa seca	Por ciento
Flores	4,7 (± 1,3)	0,03	2,8 (± 0,8)	0,01
Frutos	2052,1 (± 209,5)	14,58	4785,9 (± 1214,8)	18,6
Hojarasca	938,1 (± 90,7)	6,66	162,2 (± 69,8)	0,6
Hojas	1744,5 (± 430,8)	12,39	3167,3 (± 1109,0)	12,3
Raíces	2543,3 (± 36,5)	18,07	6930,7 (± 1167,7)	26,9
Tallo principal	4129,0 (± 567,2)	29,33	3287,2 (± 941,8)	12,8
Ramas primarias	2519,7 (± 575,3)	17,90	6546,2 (± 373,3)	25,4
Ramas secundarias	145,7 (± 36,5)	1,03	869,9 (± 700,2)	3,4
<i>Total</i>	<i>14 077,1 (± 689,6)</i>	<i>100</i>	<i>25 752,2 (± 2361,6)</i>	<i>100</i>

Número entre paréntesis representa el error estándar de la media.

Las hojas y hojarasca aportaron valores que oscilaron entre el 12 y el 18 % del total de la biomasa. Estos valores pudieran incrementarse si se hubiera considerado el total de la hojarasca producida por las plantas en un ciclo productivo anual.

En estudios de evaluación de biomasa por cafetos en Brasil se informó que las hojas a los 72 meses de plantados los cafetos representaban el 17 % del total de la biomasa de las plantas (Bragança *et al.*, 2008), mientras que en Nicaragua, Balladares y Calero (2005), en estudios de sistema de manejo de cafetal, encontraron que las hojas representaron entre el 25 y el 27 % de la biomasa, independientemente del manejo y el momento de muestreo.

Se debe destacar que al momento de realizar la evaluación los frutos representaban entre el 15 y el 18 % de la biomasa total. Bustamante y col. (2015), al realizar evaluaciones de fitomasa en *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, estimaron que en ese cultivo el fruto llegó a representar entre el 11 y el 12 % del total de la biomasa.

En la composición química de los órganos se encontró que el órgano que mayor contenido de N presentó fueron las flores, seguido de las hojas y seguidamente los frutos. El P presentó mayor concentración en las flores, seguido en orden descendente por los frutos y luego las ramas secundarias. La concentración mayor de K se aprecia en los frutos, seguido de las ramas secundarias y luego las flores (Tabla 2).

**Tabla 2. Contenido de nutrientes en los órganos del cacao (% masa seca)**

Órgano	N	P	K
Flores	1,91	0,30	2,28
Frutos	1,46	0,26	2,80
Hojarasca	1,19	0,06	0,19
Hojas	1,68	0,15	1,58
Raíces	0,48	0,07	1,41
Tallo principal	0,39	0,06	1,11
Ramas primarias	1,36	0,19	2,45
Ramas secundarias	0,44	0,05	1,01

Tanto en la mezcla clonal como en las plantas obtenidas por semillas híbridas, de forma general el elemento que más se extrajo resultó el K, seguido del N y muy inferior la extracción de P. Comportamientos similares refieren Mora (2008) y Cueva (2013), cuando encontraron que la cantidad extraída por planta son variables y está directamente relacionada con el desarrollo del cultivo. Citan que en un análisis realizado en Costa Rica, reportan que 1000 kg de cacao seco extrae aproximadamente 44 kg de N, 10 kg de P y 77 kg de K (Tabla 3).

**Tabla 3. Extracción de nutrientes por *Theobroma cacao* L cultivado por mezcla clonal y semillas híbridas**

Órganos	Mezcla clonal (kg/ha)			Híbridos (kg/ha)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Flores	0,1 (± 0,02)	0,04 (± 0,008)	0,1 (± 0,03)	0,05 (± 0,2)	0,02 (± 0,007)	0,08 (± 20,1)
Frutos	30,0 (± 3,06)	12,2 (± 1,24)	69,3 (± 7,07)	65,84 (± 12,2)	27,67 (± 6,93)	159,23 ± (39,9)
Hojarasca	11,1 (± 1,0)	1,3 (± 0,12)	2,1 (± 0,20)	1,96 (± 0,85)	0,25 (± 0,11)	0,33 (± 0,13)
Hojas	29,3 (± 7,2)	6,0 (± 1,5)	33,2 (± 8,2)	52,61 (± 18,8)	10,99 (± 3,75)	58,27 (± 20,1)
Raíces	12,3 (± 0,5)	4,0 (± 0,2)	43,1 (± 1,07)	33,33 (± 6,32)	11,28 (± 2,92)	118,76 (± 29,8)
Tallo principal	16,0 (± 2,2)	5,5 (± 0,75)	55,1 (± 7,6)	12,12 (± 3,17)	4,88 (± 1,79)	45,62 (± 14,9)
Ramas primarias	11,0 (± 2,5)	3,1 (± 0,7)	30,7 (± 7,0)	28,77 (± 2,21)	8,23 (± 1,21)	79,87 (± 5,16)
Ramas secundarias	2,0 (± 0,46)	0,6 (± 0,15)	4,3 (± 1,07)	14,41 (± 12,3)	3,97 (± 3,21)	28,19 (± 22,7)
Total	111,9(± 3,18)	32,8(± 0,47)	238,0(± 5,5)	209,1(± 24,8)	67,3(± 7,3)	490,3(± 55,5)

Se destaca el hecho de que los frutos de cacao, a pesar de no ser preponderantes en la producción de biomasa, sí realizan una extracción considerable de nutrientes (Tabla 3). Alvim y Cabala (1985), citados por Cueva (2013), informaron en Perú extracciones por los frutos de 60,2 kg de K<sub>2</sub>O, 25,3 kg de N y 13,6 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

En la mezcla clonal la extracción de N por el fruto representó el 26,8 % del total, mientras que para el P fue del 37 %, y para el K del 29 %. En los híbridos estas cifras representaron el 31 % el 41 % y el 32 %, respectivamente para el N fósforo y K.

Como promedio, la extracción de nutrientes por el fruto fue del 29 % para el N, 39,5 del P y el 30 % para el K.

Se destaca que la relación internutrientes para el cacao en la localidad de Baracoa resultó de 3,2:1:7,3. En el caso de la mezcla clonal fue de 3,4:1:7,3, mientras que para los híbridos fue de 3,1:1:7,3.

## Conclusiones

- La biomasa total aportada por el cacao osciló entre 14 y 25 t x ha<sup>-1</sup> en dependencia del método de obtención de la planta.
- En la composición de la biomasa de las plantas obtenidas por propagación vegetativa, el mayor porcentaje lo aportó el tallo lignificado (29,33 %), seguido por las raíces (18 %) y las ramas primarias (17 %). En los híbridos se comportó así: raíces (26,9 %) > ramas primarias (25,4 %) > frutos (18,6 %).
- Independientemente del método de obtención de la planta, el K resultó el elemento que más se extrajo (238 – 490 kg x ha<sup>-1</sup>), seguido del N (111 – 209 kg x ha<sup>-1</sup>) y muy inferior el P (32 – 67 kg x ha<sup>-1</sup>).
- El fruto extrajo como promedio del total de nutrientes el 29 % del N, el 39 % del P y el 30 % del K.
- La relación internutrientes para el cacao en la localidad de Baracoa resultó de 3,2:1:7,3.

## Bibliografía

- Balladares, D. D. y J. M. Calero: "Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento, estructura productiva, rendimiento y calidad del café (*Coffea arabica*) vr. Costa Rica 95" [Inédito], tesis de candidatura. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2005.
- Bragança, Scheilla Marina; Herminia Emilia Prieto,; Garcia, H.; Pereira, L.; Sigueyuki, C.; Alvarez, V. y J. Lani: Accumulation of Macronutrients for the Conilon Coffee Tree. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 103-120, 2008.
- Bustamante González, C.; Pérez Díaz, Alberto; Viñals, Rolando; Gloria M. Martín Alonso; Rivera, Ramón y Maritza I. Rodríguez: Producción de fitomasa por *Coffea canephora* Pierre ex Froehner en dos ciclos productivos. *Cultivos Tropicales*, 36(1): 29-35, 2015,
- Cueva, B. A.: Cacao. Sombreamiento – Agroforestería - Nutrición – Fertilización – Fisiología. Texto Universitario no. 03. Tarapoto – Perú, pp. 1-58, 2013.
- Guerrero H., Ana Belén: Valorización de Biomasa Residual Agrícola para aprovechamiento energético. Universidad Politécnica de Madrid, pp. 1-54, septiembre 2014.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. y L. Rivero: Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Minag. La Habana: Instituto de Investigaciones de Suelo, Departamento de Geodesia, p. 46, 1999.
- Mora, A. Q.: Fertilización del cacao. En: *IV Curso Internacional de Cacao*. CATIE, Turrialba, Costa Rica, septiembre, 2008.
- Nair, P. y K. Ramachandran: *Agroforestería*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma, Chapingo – México, pp. 1-21, 1997.
- Selva, H., F. F.; Columbié L., Á.; Sánchez G., E.; Martínez S., F.; González, J. A.; Márquez R, J. J.; Lambert L. W.; Menéndez G., M. y G. A. Matos: *Informe Final sobre los resultados del estudio prospectivo de la cadena productiva del cacao en Cuba*, septiembre, 2004.
- StatSoft, Inc.: *Statistica* (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com. 2004.

