

Estimación de la biomasa de la hoja del pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K., Palmae)

Charles R. Clement*, Jorge K. Perreira Campos* y Joaquim J. Plácido Neto*

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia - INPA, Cx. Postal 478, 69.011 Manaus, AM, Brasil; Fundación Universidad de Amazonas.

(Rec. 11-VII-1989. Acep. 16-III-1990)

Abstract: Foliar biomass is important for estimating growth parameters for breeding and agronomic studies. Leaf dimensions and weights were measured in three populations of pejibaye maintained by INPA in Manaus, Amazonas, Brazil, and a method to estimate leaf biomass from rachis dimensions was developed. The linear regression "Log leaf biomass = 0.97 Log maximum transversal rectangular area of the rachis" estimated biomass with an error of 2% and is recommended for immediate use with Amazonian populations. Differences among populations follow tendencies expected during the domestication process in this species: greater leaf area with less supporting structure (petiole/rachis), permitted by thinner, lighter leaflets in the more derived populations.

Key words: pejibaye, *Bactris gasipaes*, leaf biomass estimation, domestication, improvement.

El estudio del desarrollo, morfología y eficiencia fotosintética de las hojas tiene importancia en el mejoramiento y estudios agronómicos de una especie (Corley *et al.* 1971). En pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K., Palmae), Clement & Mora Urpí (1983) describieron la morfología de la hoja, Clement *et al.* (1985) adaptaron la metodología de Hardon *et al.* (1969) para estimar el área foliar y Gutiérrez *et al.* (1986) estudiaron la biomasa foliar de una población de Panamá. En el presente estudio, se adaptó la metodología de Corley *et al.* (1971) para estimar la biomasa de la hoja.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 10 plantas, escogidas al azar, de cada una de tres poblaciones de pejibaye establecidas por el INPA en Manaus: 1. la descendencia 318P, cuya madre tiene 62% de aceite en el mesocarpo seco (Arkcoll & Aguiar 1984), que se mantiene en monocultivo en la sede del Dpto. de Ciencias Agronómicas del INPA. Es un componente de la raza "microcarpa" Pará, conforme la clasificación de Mora Urpí & Clement (1988). Crece en un suelo podzólico rojo-

amarillo, álico, A arenoso, de textura mediana, en la parte baja de un declive; 2. una sub-población de Yurimaguas, Perú, sin espinas en el tronco, que se mantiene en monocultivo en la Estación Experimental de Fruticultura Tropical (EEFT) del INPA, km 41 BR 174. Es de una población híbrida que incluye genes de la raza "mesocarpa" Pampa Hermosa, principalmente, y de la raza "macrocarpa" Putumayo, secundariamente (Mora Urpí & Clement 1988). Crece en un suelo latosol amarillo, álico, A débil, de textura arcillosa, con relieve suave ondulado; 3. una población híbrida obtenida en Belém, Pará, que está en un sistema agroforestal en la EEFT. Es un híbrido casual que incluye genes de la raza "macrocarpa" Putumayo, principalmente, y de la raza "mesocarpa" Solimoes. Crece en un suelo transicional entre latosol amarillo, álico, A débil, textura arcillosa y podzólico rojo-amarillo, álico, A arenoso, con relieve suave ondulado.

El clima es clasificado como "Afi" en el esquema de Köppen, con pluviosidad anual promedio de 2.400 mm y temperatura anual promedio de 26°C, con una estación seca de julio a octubre, definida por una pluviosidad menor que 60 mm/mes (Ribeiro 1976).

De cada planta escogida, se colectó una hoja madura entera y en buenas condiciones (foliolo completo y ápice de la lámina entera). Se midió: longitud del peciolo y del raquis (cm); número de foliolos; longitud (cm) y ancho (mm) de seis foliolos; ancho y espesor mínimo y máximo del raquis en el punto de inserción del primer foliolo (mm) (Figura 1.); peso fresco y seco de los foliolos y del peciolo/raquis (g). Los foliolos fueron escogidos y su área foliar estimada según Clement *et al.* (1985). Corley *et al.* (1971) utilizaron el ancho y espesor del mismo punto en palma

* Becario del convenio Fundación Ford/INPA; y becario del convenio FINEP/INPA.

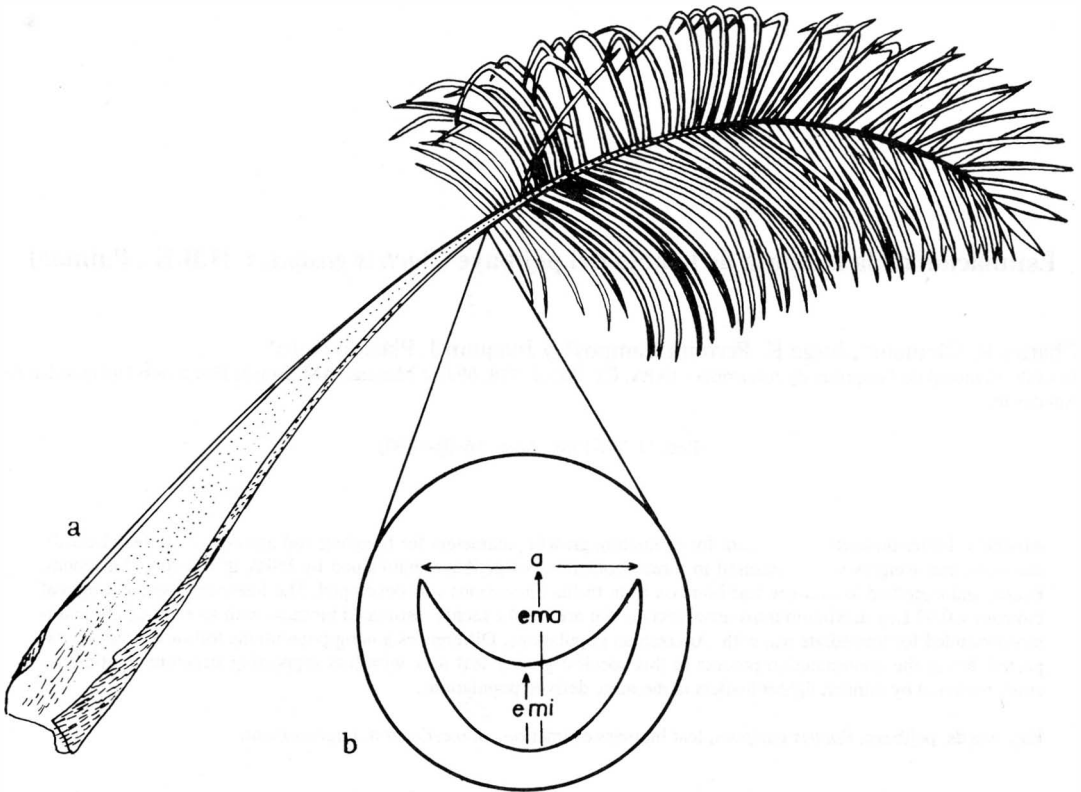


Fig. 1. Hoja entera de peji-baye (*Bactris gasipaes*) con el punto de inserción del primer foliolo, donde se debe medir el ancho y los espesores del raquis. b. Identificación de las medidas a- ancho; emi- espesor mínimo; ema- espesor máximo.

africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), pero, en peji-baye este punto tiene dos opciones, el máximo y el mínimo (Figura 1.b.). Con estas medidas, se calculó el área rectangular máxima y mínima. Los pesos secos fueron tomados después de secado el material en estufa, con aire forzado, a 105°C, hasta peso constante. Adicionalmente, se estimó el número de foliolos/metro de raquis, la proporción de peso seco/peso fresco de los foliolos y del peciolo/raquis, la proporción peso seco de foliolos/peso seco total de hoja, y el peso seco de un decímetro cuadrado de foliolo.

Se compararon las tres poblaciones por un análisis de variancia de una vía y sus promedios con la prueba de la Diferencia Mínima Significativa *a priori* - LSD (Sokal & Rolf 1969). La LSD frecuentemente detecta diferencias entre los promedios cuando la prueba F no la detecta en el análisis de variancia (Carmer & Walker 1982). Se estimaron los coeficientes de correlación de Pearson para todos los valores resultantes de mediciones directas (Sokal & Rolf 1969), adicionando apenas el área foliar como valor estimado. Se utilizó una regresión múltiple de pasos (stepwise) para determinar las variables que mejor estiman el peso seco total de la hoja (la biomasa); aunque Causton & Venus (1981) explican que su base teórica no es apropiada para esta finalidad, la regresión es ampliamente utilizada (e.g. Corley *et al.* 1971). La regresión fue hecha con valores métricos y después de transformados a logaritmo de base 10.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observa que los promedios de las dimensiones métricas de las hojas (Cuadro 1) difieren menos que los de los pesos (Cuadro 2). Martel & Clement (1986/87) demostraron que las áreas foliares difieren significativamente entre poblaciones, lo que se confirma aquí. Además, estas tres poblaciones tienen áreas foliares dentro del ámbito observado por estos autores. Se observa que ésta diferencia se debe a la longitud de los foliolos, aunque el ancho del foliolo es el principal componente del área. El número de foliolos por metro de raquis no presenta diferencias significativas, pero la LSD detecta una tendencia de diferencia, que podría ser útil en el mejoramiento de la arquitectura de la hoja.

El peso de las hojas de estas tres poblaciones es bastante menor que los 1.22 kg de la población de Panamá estudiada por Gutierrez *et al.* (1986), como también son sus dimensiones en general. Las diferencias de los pesos son más pronunciadas en los foliolos, pues, estas

CUADRO 1

Promedios, con sus respectivos errores estándar, de las dimensiones de las hojas de las tres poblaciones de Bactris gasipaes, junto con el nivel de significancia de la prueba F y los contrastes hechos con la LSD.

Variable	Población				F
	318P	Yurimaguas	Agrofor	General	
Longitud peciolo	122 ± 5.9a	135 ± 5.1b	124 ± 3.9a	126.8 ± 2.9	n.s.
Longitud raquis	288 ± 7.7	278 ± 7.4	283 ± 7.6	282.9 ± 4.4	n.s.
Ancho raquis	36 ± 1.6	37 ± 1.4	36 ± 1.1	36.6 v ± 0.8	n.s.
Espesor mínimo raquis	15 ± 0.3a	17 ± 0.9b	14 ± 0.6a	15.6 ± 0.4	**
Espesor máximo raquis	24 ± 0.8b	27 ± 1.1c	22 ± 0.7a	24.3 ± 0.5	**
Número foliolos	245 ± 8.2	253 ± 6.3	252 ± 3.8	249.9 ± 3.7	n.s.
Longitud foliolos	72 ± 1.7b	78 ± 2.0c	67 ± 1.3a	72.5 ± 1.0	***
Ancho foliolos	37 ± 2.0a	42 ± 1.1b	39 ± 1.7a	39.4 ± 0.9	n.s.
Area foliar	3.8 ± 0.2a	4.9 ± 0.2b	3.8 ± 0.2a	4.17 ± 0.1	**
No. foliolos/m raquis	85 ± 4.1a	91 ± 2.1b	89 ± 2.3ab	88.8 ± 1.7	n.s.

Números seguidos por la misma letra no se diferencian significativamente a nivel de 5% por la prueba de LSD.

poblaciones presentan tanto áreas foliares diferentes como pesos de tejido foliar (g/dm^2) y proporciones de foliolos en el peso total de la hoja diferentes (Cuadro 2).

Las proporciones diferentes siguen lo esperado en cuanto al aumento de la eficiencia biológica por la selección bajo domesticación observado por Clement & Mora Urpí (1988): la población 318P, de la raza "microcarpa" Pará (primitiva), tiene una proporción menor, mientras las híbridas, que incluyen razas más avanzadas, tienen proporciones mayores. Así, durante el proceso de domesticación, el área fotosintética (foliolos) aumentó en relación a la estructura de soporte (peciolo/raquis). El peso del tejido foliar sigue una tendencia similar pero en dirección opuesta: el de la raza más primitiva pesa más que los de los híbridos más avanzados, manteniéndose relativamente constante el soporte.

En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes de correlación entre las variables de la hoja. De mayor importancia son las correlaciones del peso seco total con los demás, pues estas sugieren cuales variables serán útiles en la regresión para estimar este peso. Las dimensiones del corte transversal del raquis poseen coeficientes alrededor de 0.6, sugiriendo su utilidad como estimador del biomasa. Las dimensiones de los foliolos, sin embargo, poseen mayores coeficientes y varían desde insignificante hasta bio-

lógicamente significativa (mayores de 0.7 [Causton & Venus 1981]). Clement *et al.* (1985) demostraron que las dimensiones de los foliolos de pejibaye varían dentro de una misma hoja, tanto que el error esperado en la estimación del área foliar es alrededor de 10%. Por esta razón, es mejor utilizar las dimensiones del raquis, aunque las correlaciones sean menores. Además, Corley *et al.* (1971) utilizaron estas dimensiones con éxito en la palma aceitera.

En la Cuadro 4 se presentan dos maneras de estimar la biomasa de la hoja, una por vía del área foliar, que es mejor con valores métricos de las variables, y la otra por vía del corte transversal del raquis, con transformación logarítmica. Corley *et al.* (1971) utilizaron este corte sin la transformación logarítmica, pero, con estas poblaciones de pejibaye, el coeficiente de determinación (r^2) fue apenas 0.98, que significa un error en exceso de 10%. La transformación logarítmica permite una estimación altamente precisa y que podría ser realizada sin destruir la hoja, en el caso de plantas juveniles. Se sugiere que las dimensiones del corte transversal sean adicionadas a la lista mínima de descriptores para uso en el banco de germoplasma (Clement 1986), aunque, hasta el momento, solamente para plantas de poblaciones de la Amazonía, debido a las diferencias de tamaño entre éstas y las razas Occidentales.

CUADRO 4

Modelos de regresión lineal para estimar biomasa foliar a partir de otras variables de la hoja en su forma métrica (A) y transformada por el logaritmo 10 (B) en cada población y en el conjunto de las tres poblaciones.

Población	Modelo ($y = b_1x_1 + b_2x_2$)	r^2	% Error
A. métrico			
318P	$y = 0.368 \text{ armin} + 140.303 \text{ ar foliar}$	0.994	7.7
Yurimaguas	$y = 0.245 \text{ armin} + 141.471 \text{ ar foliar}$	0.994	7.7
Agrofor	$y = 0.401 \text{ armin} + 105.426 \text{ ar foliar}$	0.993	8.8
General	$y = 0.371 \text{ armin} + 124.455 \text{ ar foliar}$	0.990	10.2
B. Logarítmico			
318P	$\text{Log } y = 0.973 \text{ Log armax}$	0.9997	1.9
Yurimaguas	$\text{Log } y = 0.977 \text{ Log armax}$	0.9995	2.3
Agrofor	$\text{Log } y = 0.962 \text{ Log armax}$	0.9996	2.2
General	$\text{Log } y = 0.970 \text{ Log armax}$	0.9995	2.2

% error = (error patrón de la estimativa/promedio) x 100

armin = ancho raquis x espesor mínimo raquis

ar foliar = área foliar

armax = ancho raquis x espesor máximo raquis

AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen a los convenios Fundación Ford/INPA y Financiadora de Estudios e Projetos - FINEP/INPA por el apoyo financiero; a Wanders B. Chávez F. por su ayuda en la traducción al español, y a los revisores de la Revista de Biología Tropical por sus sugerencias.

RESUMEN

La biomasa foliar es importante para estimar los parámetros de crecimiento y determinar el efecto de los tratamientos agronómicos. Se tomaron dimensiones métricas y pesos de las hojas de tres poblaciones de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) mantenidas por el INPA en Manaus y se desarrolló un método para estimar la biomasa a partir de las dimensiones del raquis. La regresión lineal "Log biomasa foliar = 0.97 Log área rectangular máxima del raquis" estima la biomasa con un error de 2% y es recomendada para usar de inmediato en poblaciones de la Amazonía. Las diferencias entre las

poblaciones siguen tendencias esperadas durante el proceso de domesticación de la especie: mayor área foliar con menor estructura de soporte (peciolo/raquis), permitido por foliolos más finos y leves, en las poblaciones más derivadas.

REFERENCIAS

- Arkcoll, D.B. & J.P.L. Aguiar. 1984. Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.), a new source of vegetable oil from the wet tropics. *J. Sci. Food Agric.* 35: 520-527.
- Carmer, S.G. & W.M. Walker. 1982. Baby Bear's Dilemma: a statistical tale. *Agron. J.* 74: 122-124.
- Causton, D.R. & J.C. Venus. 1981. *The Biometry of Plant Growth*. E. Arnold, London. 307 p.
- Clement, C.R. 1986. *Bactris gasipaes*. Descriptores mínimos para uso en el banco de germoplasma. CATIE/GTZ, Turrialba. 15 p.
- Clement, C.R. & J. Mora Urpí. 1988. Phenotypic variation of peach palm observed in the Amazon basin. p. 20-54 *In* C.R. Clement & L. Coradin (eds.). Final report (revised): Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) germoplasm bank. US AID project report, Manaus.

- Clement, C.R., J. Mora Urpí & S.S. Costa. 1985. Estimación del área foliar del Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Rev. Biol. Trop. 33(2): 99-105. Clement, C.R. & J. Mora Urpí. 1983. Leaf morphology of the peji-baye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Rev. Biol. Trop. 31(1): 103-112.
- Corley, R.H.V., J.J. Hardon & Tan G.Y. 1971. Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica 20: 307-315.
- Gutierrez M., G., C. Astorga D. & C.R. Clement. 1986. Estimación preliminar de la bio-productividad del peji-baye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) de la Colección Panamá del CATIE. Turrialba 36(4): 561-565.
- Hardon, J.J., C.N. Williams & I. Watson. 1969. Leaf area and yield of the oil palm in Malaysia. Expl. Agric. 5: 25-32.
- Martel, J.H.I. & C.R. Clement. 1986-87. Comparação preliminar da área foliar de tres acessos de pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K., Palmae) oriundos de tres populações distintas da Amazonia Ocidental. Acta Amazonica 16/17: 13-18.
- Mora Urpí, J. & C.R. Clement. 1988. Races and populations of peach palm found in the Amazon basin. p. 78-94. In C.R. Clement & L. Coradin (eds.). Final report (revised): Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) germ-plasm bank. US AID project report, Manaus.
- Ribeiro, M.N.G. 1976. Aspectos climatológicos de Manaus. Acta Amazônica 6(2): 229-233.
- Sokal, R.R. & F.J. Rolf. 1969. Biometry. W.H. Freeman, San Francisco. 776 p.