



ESTIMACIÓN DE ÁREA FOLIAR EN POSTURAS DE MAMEY (*Pouteria sapota* (Jaccq) EN FASE DE VIVERO, A PARTIR DE LAS MEDIDAS LINEALES DE LAS HOJAS

Estimation of leaf area in mamey seedlings (*Pouteria sapota* (Jaccq) in nursery, from lineal measurements of leaves

Alfredo Calderón Puig[✉], Maida Calderón Valdés, Luis R. Fundora Sánchez y Eduardo Jerez Mompié

ABSTRACT. The measurement of leaf area is generally carried out by destructive and laborious methods, being necessary the settlement of non-destructive methods, within the possibilities. The present paper has the objective of finding a non-destructive method to estimate leaf area in mamey seedlings (*Pouteria sapota* (Jaccq)), using the lineal measurements of leaves. With length, a good adjustment is achieved, independently of leaf width, showing a small difference with the value obtained by the product of length x width, considering also that residuals obtained behavior was very similar to that described for leaf length x width product.

RESUMEN. La medida del área foliar se realiza generalmente mediante métodos destructivos y laboriosos, por lo que se requiere establecer métodos no destructivos en la medida que sea posible. En el presente trabajo nos trazamos como objetivo: encontrar un método no destructivo para estimar el área foliar en posturas de mamey (*Pouteria sapota* (Jaccq)), utilizando las medidas lineales de sus hojas. Con el largo se logra un buen ajuste independientemente del ancho de las hojas con poca diferencia del alcanzado con el producto de la longitud de la hoja x su ancho y tomando en consideración también, que el comportamiento de los residuos obtenido por el largo fue muy similar al logrado por el producto del largo x el ancho de las hojas.

Key words: leaf area, plant nurseries, *Pouteria sapota*

Palabras clave: área foliar, fase de vivero, *Pouteria sapota*

INTRODUCCIÓN

Mucho se ha escrito sobre los métodos para determinar el área foliar en diferentes especies vegetales, sobre todo, los referentes a los métodos no destructivos que permiten estimar este importante indicador. Los frutales constituyen un importante renglón de producción dentro del sector agrícola (1), además, la importancia de estas especies también fue señalada por (2) al destacar el desarrollo alcanzado en la última década por el sistema de agricultura urbana en Cuba, donde se ha impulsado en forma particular la producción de posturas de frutales tropicales a través de una red de viveros tecnificados a todo lo largo del país. El área foliar es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas, de ahí que la determinación adecuada de la misma sea fundamental para la correcta interpretación

de los procesos en cualquier especie vegetal (3). Son numerosos los métodos de estimación del área foliar basados en medidas lineales de la hoja (4), algunos de los cuales se han utilizado en la vid (*Vitis vinifera* L.). El propio autor destaca otros métodos que se basan en la relación entre el área foliar y el peso del limbo. Los métodos directos son los que utilizan medidores de área foliar, que son instrumentos diseñados con este propósito y que tienen una resolución del orden de mm². Por otra parte, la medición directa, aunque resulta más precisa, requiere de equipos de alto costo y en ocasiones no fácilmente utilizables, principalmente con hojas de gran tamaño y profundamente lobuladas. Esto en parte explica la amplia difusión de los métodos de estimación derivados de medidas lineales de las hojas. Las funciones que relacionan estas dimensiones varían claramente entre especies, aunque también según el estadio de desarrollo, genotipo y estación de crecimiento (5). Las características de *Pouteria sapota*, la describen como la especie de zapote en América Tropical que acumula la mayor información hasta el momento y la que se considera que su cultivo tiene mayores oportunidades en el mercado, así como, un valor comercial más alto (2). Como al parecer en la

Alfredo Calderón Puig y Maida Calderón Valdés, Especialistas; Luis R. Fundora Sánchez, Aspirante Investigador del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas; Dr.C. Eduardo Jerez Mompié, Investigador Auxiliar del departamento de Fisiología y Bioquímica, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32 700.

✉ calderon@inca.edu.cu

literatura consultada no se ha encontrado un método para estimar la superficie foliar en esta especie frutal, nos planteamos en este trabajo como objetivo: establecer un método de estimación de la superficie foliar a partir de las medidas lineales de sus hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el vivero de la CCS «Enrique Hart», situado en la carretera Monumental en el municipio Cotorro, Ciudad de la Habana. Las atenciones culturales se realizaron según los instructivos técnicos para este frutal en viveros tecnificados. Para conocer el área foliar de las plantas de mamey fue necesario la utilización de un método muy empleado como es el de la extracción de discos en la superficie de ese órgano, Watson y Watson (1953) citado por (6). Se midió el largo de cada hoja desde la intersección del pedúnculo con la lámina hasta el ápice de esta, y el ancho, desde el borde superior hasta el inferior de cada una de las hojas por su parte central, considerando la descripción morfológica de este órgano para esta especie frutal (7). Las Fotos 1, 2 y 3 muestran la calidad biológica de las posturas de mamey empleadas para estimar la superficie foliar.



Foto 1. Canteros de posturas de mamey donde se realizó el estudio



Foto 2. Posturas de mamey de donde se extrajeron las muestras



Foto 3. Diferentes posturas de mamey utilizadas en el muestreo para estimar la superficie foliar

El procedimiento seguido para emplear el método de los discos foliares fue el de perforar 135 hojas de esta especie de zapote, se extrajeron cinco discos de cada hoja, determinándose el peso seco de cada una de las hojas y de los discos, después de llevarse a peso constante en la estufa a temperatura de 70°C. Luego de estimada la superficie foliar de cada hoja, se procedió a hacer regresiones lineales simples aplicando el Modelo Lineal $Y=a+b*X$ entre este valor y el largo, el ancho y el producto del largo por el ancho de cada una de las hojas, determinándose las ecuaciones de regresión a través del programa STATGRAPHICS 5.1_Plus para Windows y se seleccionó la del ajuste más adecuado tomando en consideración de manera más integral el coeficiente de determinación (R^2), la distribución de los residuos y los mínimos y máximos de cada variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El $R^2 = 85,77$ (Figura 1a) indica que el modelo explica la variabilidad en el área foliar debida a su relación con la longitud de las hojas, lográndose un coeficiente de correlación igual a 0,926113. Esto indica una relación relativamente fuerte entre estas variables, resultando estadísticamente significativos para un valor de $P \leq 0.01^{**}$ y cuya ecuación de regresión se ofrece en la parte superior de la correspondiente figura. En la población de mamey, las variables más representativas para la caracterización del árbol son: la longitud de la hoja y relación largo/ancho de las hojas respectivamente (8).

El $R^2=82,98 \%$ (Figura 1b) muestra la variabilidad entre el área foliar y el ancho de las hojas, el coeficiente de correlación es igual a 0,91093, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables también para un valor de $P \leq 0.01^{**}$ hallándose una significación estadística para las variables en estudios. En México en las investigaciones morfológicas sobre esta especie una de las variables que se estudia son las características de la hoja (8).

De acuerdo con (9) el mamey sapote [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] Sapotaceae es un árbol de importancia económica y cultural en México, Centro, Mesoamérica y el Caribe, planteando que los caracteres morfológicos son valiosos indicadores de adaptación ecológica y potencial como especie hortícola y dentro de estos caracteres valorarán a la hoja como un órgano con importancia extraordinaria.

Asimismo, el mayor R^2 que se obtuvo equivalente a 89,79 % (Figura 1c) expresa que la variabilidad en el área foliar está definida por la relación entre ésta y el producto de la longitud x el ancho de las hojas. El coeficiente de correlación resultante es de 0,947582, indicando una relación también relativamente fuerte entre las variables para $P \leq 0.01^{**}$, destacándose como resultado, que existe una significación estadística para las variables evaluadas. Algunos investigadores (6) estudiando la estimación del área foliar de la *Canavalia ensiformes* encontraron que la mejor correlación se produjo entre el área foliar y el producto del largo x ancho de ese órgano foliar. Así como, realizando estimaciones también otros autores (10) para determinar un método no destructivo en los frutales de *Mangifera indica* y *Persea spp.* a partir de las medidas lineales de sus hojas coincidieron en reportar que las mejores respuestas se obtuvieron cuando se correlacionó el área foliar con la longitud x el ancho de sus hojas lo que demuestra una significación estadística para esas variables para un valor de $P \leq 0.01^{**}$. Utilizando esta herramienta en el cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) productora de vinos, otros autores (11) concluyeron como la mejor relación para estimar la superficie foliar la longitud vs ancho de las hojas, que aunque lo consideró como un método muy trabajoso también lo valoró mucho más económico. El empleo de modelos para la estimación del área foliar a partir de mediciones lineales de las hojas ha demostrado ser un método útil en plantas cuya forma geométrica permite una alta relación entre las variables (12), pudiendo resultar un método aplicable para condiciones de campo, cuando los modelos poseen una alta capacidad predictiva como lo ha demostrado el modelo lineal.

Al estudiar los residuos obtenidos a partir de las superficies foliares predichas por el modelo en las Figuras 2a, 2b y 2c se puede denotar una distribución uniforme de estos, donde se ubica el 95 % de los valores entre -6.0 y 6.0 para la longitud de las hojas por el área foliar, para el ancho de este órgano por la superficie foliar de estas y también para el producto de la longitud x ancho de las hojas vs área foliar, manifestándose una distribución tanto por encima como por debajo de la ordenada, con independencia del valor de X, considerándose como la distribución más adecuada la de los residuos obtenidas por el largo (Figura 2 a). El modelo estima valores pequeños y grandes, lo cual justifica la ecuación seleccionada por el modelo lineal para estimar el área foliar en posturas de mamey a partir de las medidas lineales de sus hojas.

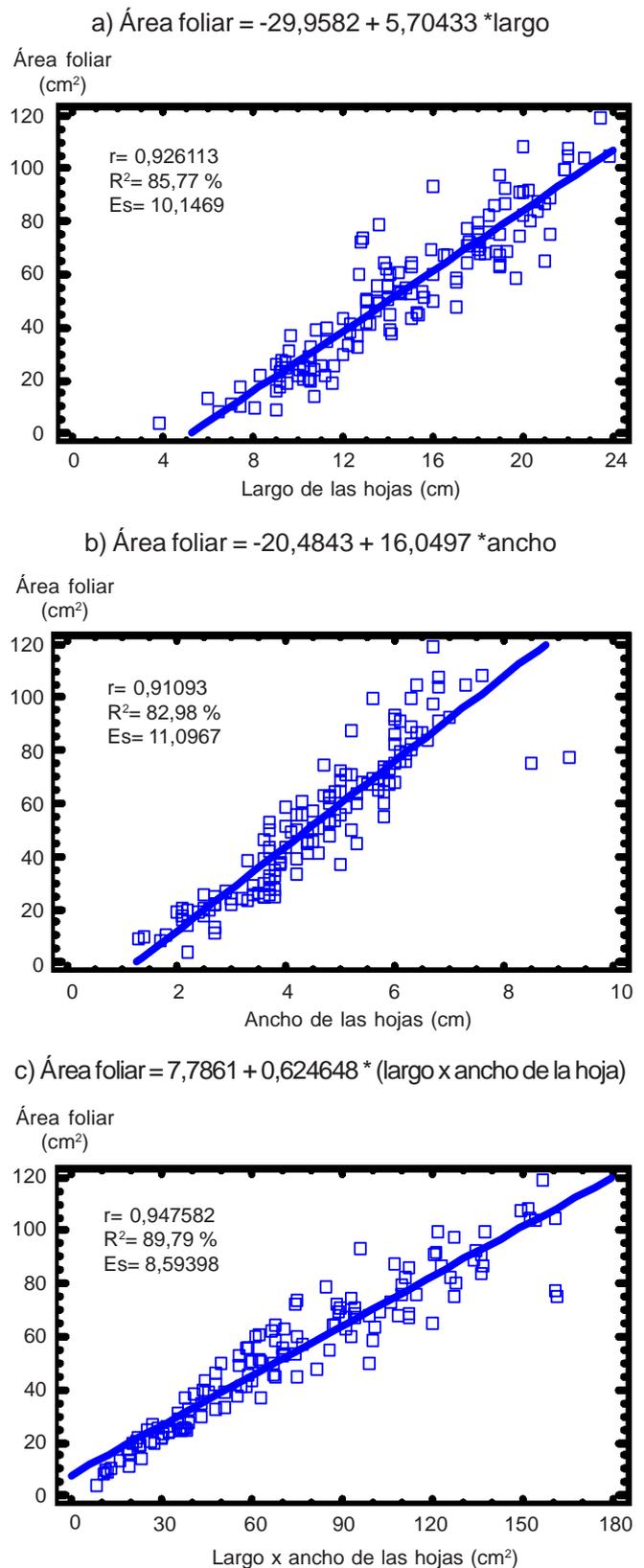


Figura 1. Estimación de la superficie foliar de las hojas de mamey a partir de las medidas lineales de sus hojas

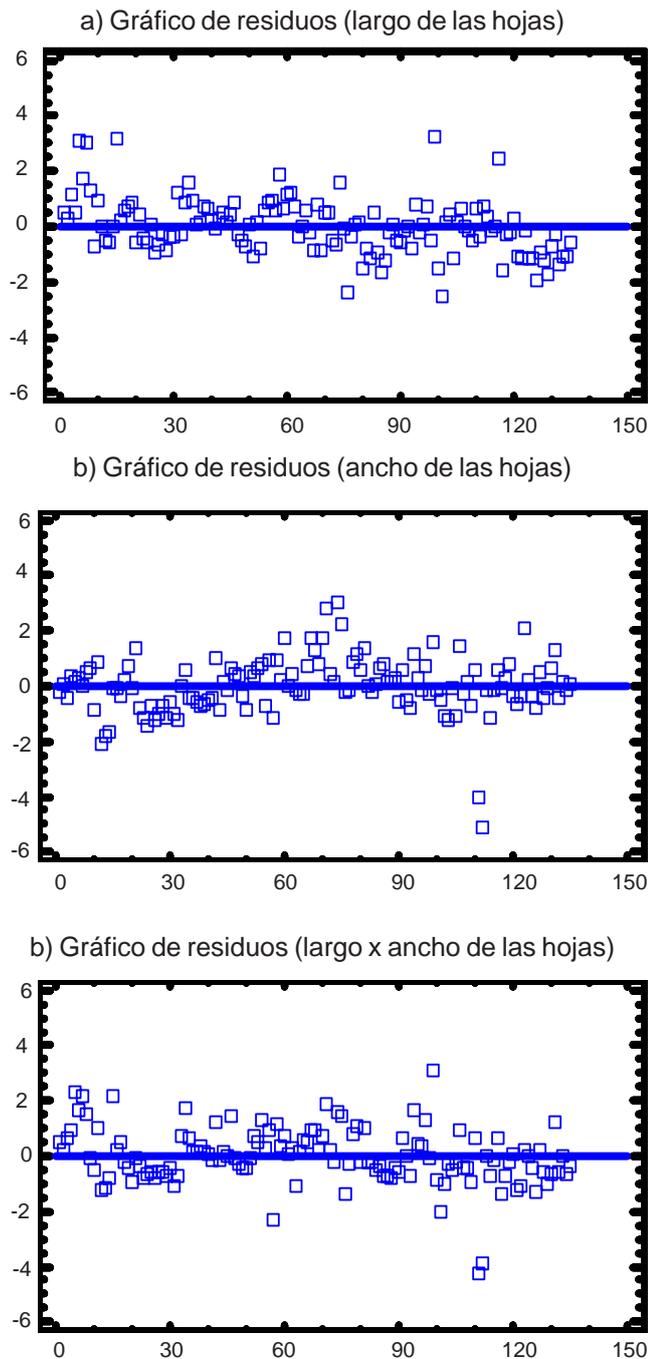


Figura 2. Superficie foliar predicha por el modelo lineal vs residuos de cada variable evaluada en las hojas de mamey

Otros autores (12, 6); sin embargo, justificaron las mejores ecuaciones para determinar el área foliar en las especies leguminosas *Leucaena leucocephala* y *Canavalia ensiformes*, así como, también fue planteado por (10) en las especies frutales *Manguijera indica* L. y *Persea spp* con la distribución de los residuos en función de la masa seca. La producción fotosintética de una planta (1) es el resultado de la actividad de la superficie foliar, por lo tanto, considera el área de las hojas, como una medida que expresa mejor su capital productivo.

A diferencia de otras especies frutales, en este caso, a pesar de que también el producto de la longitud de las hojas por su ancho alcanza el mayor coeficiente de determinación, este no mostró una notable diferencia con el obtenido por el largo, variable que mostró una mejor distribución de los residuos que la presentada por el ancho y la del largo por el ancho, lo que explica la variabilidad más adecuada asociada al área foliar de las posturas de mamey utilizadas en la fase de vivero, por lo que entonces, consideramos adecuado para los trabajos de estimación de la superficie foliar en esta especie frutal trabajar con la ecuación de regresión siguiente: $AF = -29,9582 + 5,70433 * \text{largo}$.

En la Tabla I se puede observar el comportamiento de los valores mínimos y máximos y los valores medios para cada variable estudiada, la tabla muestra que las hojas son más largas que anchas, lo cual se ajusta a la morfología de este órgano como característica biológica de esta especie, lo que a su vez nos permite considerar el largo como una variable confiable para justificar la selección de la ecuación correspondiente a esta dimensión de las hojas, independientemente del ancho o del largo x el ancho, no tan solo por su coeficiente de determinación y los residuos, sino también, tomando en cuenta su arquitectura para lograr una interpretación biológica más integral. Con estos elementos se podría reafirmar que la ecuación de regresión $AF = -29,9582 + 5,70433 * \text{largo}$ pudiera servir para una buena estimación de la superficie foliar de este cultivar frutal.

Tabla I. Valores máximos y mínimos para cada dimensión de las hojas

	Mínimo	Máximo	Media
Largo	3,8	23,8	14,58
Ancho	1,3	9,2	4,59
Largo x ancho	8,36	161,5	72,69

REFERENCIAS

1. Avilán, L. La Fruticultura Contemporánea: [En línea] FONAIAP-CENIAP. FONAIAP. DIVULGA, 1982, No. 5. [Consultado 09/07/2008]. Disponible en: <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd05/texto/fruticultura.htm>.
2. Ramírez, A. Respuesta del injerto en el mamey colorado (*Pouteria sapota* Jacq) al uso del Biobras-16. Comunicación corta. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 1, p. 37-39.
3. Legorburo, A.; Montero, F. J.; Juan, J. A. de y Picornell, M^a. R. Estudio comparativo de tres sistemas de estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. (cv. Cencibel). En: Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas (XI: 2007, 24-27 abr.:Albacete) Albacete: Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, 2007. p.190-193. ISBN: 978-84-690-5619-6.
4. Legorburo, A. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. [Tesis Doctoral]. Albacete: E.T.S.I. Agrónomos, 2005

5. Gutiérrez, Angélica y Lavín, A. Linear measurements for non destructive estimation of leaf area in Chardonnay vines. [En línea] Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, 2000. [Consultado: 09/07/2008]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072000000100007&script=sci_arttext>.
6. Martín, G. M.; Soto, F.; Rivera R. y Rentería, M. Estimación de la superficie foliar de la *Canavali ensiformis* a partir de las medidas lineales de sus hojas. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 4, p. 77-80.
7. Tapia, M. E. Origen y Domesticación de las especies alimenticias en la Región Andina. [En línea]. Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la alimentación. 2. ed. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000. [Consultado el 05/07/2011] Disponible en: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro11/cap1.htm>>.
8. Marroquín, L. M.; Cruz, E. J. y Martínez, T. Caracterización de dos frutos tropicales en el sur de Yucatán. [En línea] Depto. de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, 2008. [Consultado el 09/07/2008] Disponible en: <http://www.iasth.org/internas/meetings_001.html>.
9. Balerdi, C. F. y Crane, J. H. El mamey Sapote en Florida [En línea] Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida. Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida (UF/IUFAS). Departamento de Horticultural, 2009. [Consultado el 05/07/2011] Disponible en: <<http://edis.ifas.ufl.edu>>or <<http://fruitscapes.ifas.ufl.edu>>.
10. Calderón, A.; Soto F.; Calderón, M. y Fundora L. R. Estimación de área foliar en posturas de mango (*Mangifera indica* L.) y aguacatero (*Persea spp*) en fase de vivero a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 1, p. 43-48.
11. Disegna, E.; Coniberti, A. y Dellacassa, E. Medición de área foliar de la vid: una herramienta para producir vinos de calidad. Hortifruticultura. *Revista INIA*, 2005, no. 4, p. 18-20.
12. Pozo, E. del; Alvarez, A.; Sánchez, M. D. y Rosales. M. Estimación del área foliar de la *Leucaena leucocephala* de la masa seca de sus hojas [En línea] En: Agroforestería para la producción animal en América Latina (II). Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica. [2 de agosto-marzo 2001]. Dirección de Producción y Sanidad animal. Depósito de documento de la FAO, Publicado en Rome (Italy), 2003 p.171-181. ISBN: 92-5-304889-1. [Consultado el 05/07/2011]. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4435S/y4435s0e.htm#TopOfPage>.
13. Bayuelo, J. S. y Ochoa, I. Caracterización morfológica del mamey [*Pouteria sapota* (Jacquin). H. E. Moore & Stearn] del centro occidente de Michoacán, México, Revista fitotecnia Mexicana, enero-narzo. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México, 2006, vol. 29, no. 001, p. 9-17. ISSN (versión impresa): 0187-7380.
14. Nascimento, V. E.; Geraldo, A. B. y Hissayukihojo, R. Caracterização Física e Química de Frutos de Mamey1. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*. SP, Dezembro, 2008, vol. 30, no. 4, p. 953-957.

Recibido: 9 de julio de 2010

Aceptado: 30 de marzo de 2011

¿Cómo citar?

Calderón Puig, Alfredo A.; Calderón Valdés, Maida; Fundora Sánchez, Luis R y Jerez Mompié, Eduardo. Estimación de área foliar en posturas de mamey (*Pouteria sapota* (Jacq)) en fase de vivero, a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 2, p. 30-34. ISSN 0258-5936