

ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE FOLIAR DE LA *Canavalia ensiformis* A PARTIR DE LAS MEDIDAS LINEALES DE SUS HOJAS

Gloria M. Martín[✉], F. Soto, R. Rivera y M. Rentería

ABSTRACT. The leaf area of any plant is a determining factor on its productivity or yield, since the leaf is an essential organ for photosynthesis, a process by means of which the plant takes in CO₂ from the air and converts it into carbonate organic substances. *Canavalia ensiformis* is used as green manure in agriculture; however, its studies in Cuba have not considered leaf area estimation, besides boring and complicated methods are employed to evaluate this agronomic index. Therefore, this experiment was performed with the aim of establishing a methodology to estimate leaf area in *Canavalia ensiformis* based on its linear measurements. Then, 20 plants were selected from the experimental farm of INCA, removing their compound leaves to calculate length and width. Leaf area was estimated through the punched leaf disk method and, finally, a statistical regression was fixed between each leaf area and its size. Also, a single method was provided to estimate leaf area in the whole plant.

RESUMEN. La superficie foliar de cualquier planta es determinante en su productividad o rendimiento, siendo la hoja el principal órgano donde se realiza la fotosíntesis, proceso mediante el cual la planta toma el CO₂ del aire y lo transforma en sustancias orgánicas carbonadas. La *Canavalia ensiformis* es una planta utilizada en la agricultura como abono verde. En los estudios realizados con esta planta en Cuba, nunca se ha estimado su superficie foliar; además, los métodos empleados para evaluar este índice agronómico son engorrosos y difíciles de ejecutar. Es por este motivo que se realizó el siguiente trabajo, con el objetivo de establecer una metodología para la estimación de la superficie foliar de la *Canavalia ensiformis* a partir de las medidas lineales de las hojas. Para la realización del trabajo se tomaron 20 plantas de canavalia, provenientes del área experimental del INCA, a las que les fueron separadas las hojas trilobuladas, determinando el largo y ancho. Se estimó la superficie foliar por el método de los discos foliares y, por último, se estableció una regresión estadística entre la superficie foliar de cada hoja y sus dimensiones. Además, se ofrece un método sencillo para la estimación de la superficie foliar de la planta completa.

Key words: *Canavalia ensiformis*, leaf area

Palabras clave: *Canavalia ensiformis*, superficie foliar

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la superficie foliar de un cultivo es de suma importancia, pues este índice nos muestra la capacidad que tiene la planta para transformar la energía luminosa en energía química (1); además, para evaluar la eficiencia de determinadas prácticas culturales es necesario conocer la superficie foliar del cultivo, ya que aquella práctica que manifieste mayor superficie foliar será potencialmente más productiva (2).

La *Canavalia ensiformis* (L) D.C. es una leguminosa con una gran versatilidad de usos: alimentación humana y animal, recuperación de áreas degradadas, enriquecimiento del suelo a través de la fijación simbiótica del nitrógeno, el empleo de los restos de cosecha como abo-

no verde y la participación de la especie en sistemas de rotación o de cultivos asociados con cereales (3, 4).

Por otra parte, las plantas utilizadas como abono verde o cultivos de cobertura tienen un gran valor en la supresión de arvenses, a medida que su superficie foliar impide el paso de la luz y, por ende, la germinación y el crecimiento de la vegetación indeseable. En ese aspecto, se han obtenido éxitos al emplear *Canavalia ensiformis* como cobertura de diversos cultivos económicos, suprimiendo gran parte de la vegetación indeseable y favoreciendo un mayor desarrollo del cultivo principal (5).

Si bien se han realizado numerosos estudios acerca de la introducción de la *Canavalia ensiformis* para su utilización como abono verde en las condiciones de Cuba (3, 6, 7, 8), los resultados han estado basados en el aporte de fitomasa fresca y seca, contenido de nutrientes (N, P y K) y algunas variables del crecimiento como el largo y grosor de los tallos y/o el número de hojas, y nunca se ha estimado el valor de la superficie foliar de esta especie en las condiciones edafoclimáticas cubanas.

Las estimaciones de la superficie foliar se realizan, en su gran mayoría, mediante métodos destructivos, en

Ms.C. Gloria M. Martín, Investigador Agregado y Dr.C. R. Rivera, Investigador Titular del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas; Dr.C. F. Soto, Investigador Titular del Departamento de Fitotecnia y M. Rentería, Especialista del Departamento de Economía, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ gloriama@inca.edu.cu

los cuales se requiere de gran dedicación, personal auxiliar y de un gran tamaño de muestras (9, 10). Por otra parte, las mediciones electrónicas, más precisas y modernas, requieren grandes recursos de adquisición, personal y equipos especializados (10, 11, 12).

La estimación de la superficie foliar a partir de regresiones, con el empleo de mediciones lineales de las hojas como variables independientes, se ha utilizado con éxito en otros cultivos (1, 9, 12, 13) y presenta como ventajas el uso de pocos recursos, rapidez y aplicabilidad para estudios fisiológicos en condiciones de campo.

Por otra parte, *Canavalia ensiformis* es una planta que presenta un gran número de folíolos y la medición de las dimensiones de cada hoja se vuelve una tarea engorrosa y complicada, por lo que se hace necesario la estimación de la superficie foliar a partir de una muestra aleatoria del total de las hojas presentes en las plantas.

Por lo antes expuesto, los objetivos del presente trabajo fueron estimar la superficie foliar de las hojas de *Canavalia ensiformis* (L) D.C. a partir de sus medidas lineales y determinar el número de hojas necesario para hacer una estimación confiable de la superficie foliar de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la estimación de la superficie foliar de las hojas de canavalia, se tomaron 20 plantas con 60 días de edad, crecidas en condiciones semicontroladas en el área de invernadero del INCA. Las plantas se sembraron en mayo, al inicio de los días largos y en el momento del muestreo, se encontraban en óptimo desarrollo y con la edad mínima recomendada para su incorporación como abono verde.

A las plantas se les tomaron un total de 340 hojas de diferentes edades fisiológicas y se les midió el largo y ancho máximo de cada una con el auxilio de una regla graduada.

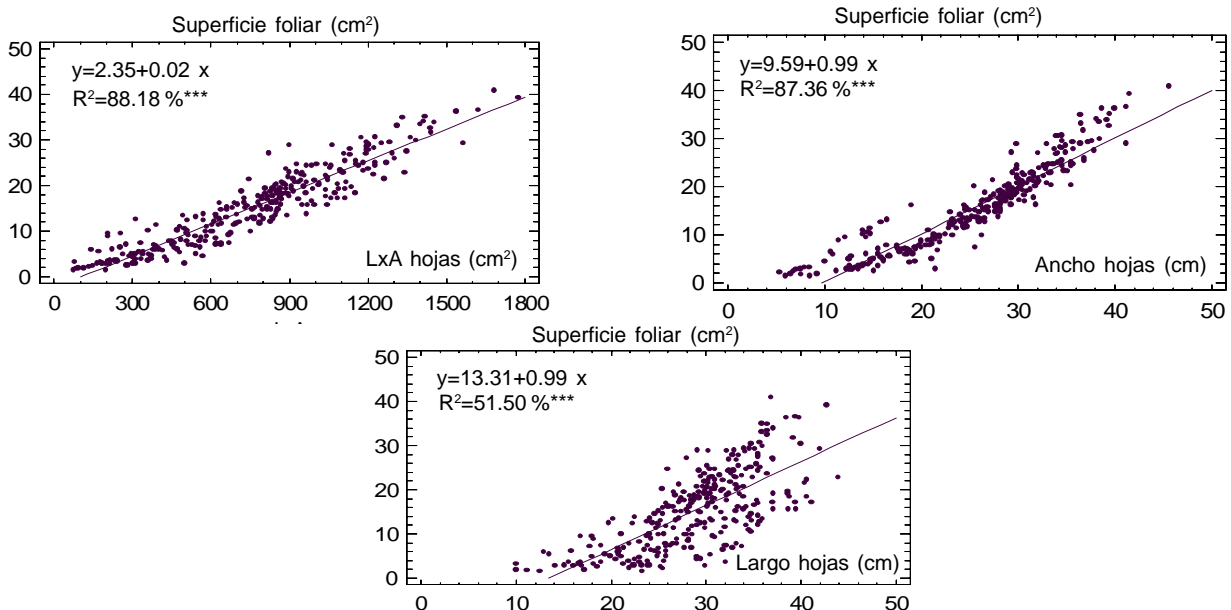
El procedimiento seguido para la estimación de la superficie foliar fue el de extraer 18 discos foliares de superficie conocida, de cada una de las hojas colectadas; con posterioridad, tanto los discos como el resto de las hojas se secaron en estufa a 70°C, determinándose la masa seca de las hojas y los discos foliares, utilizando una balanza analítica marca Sartorius® hasta que alcanzaran un peso constante. La superficie foliar real fue estimada a partir del peso seco de los discos, empleando el método de los discos foliares (14).

Una vez estimada la superficie foliar de cada hoja, se procedió a hacer una regresión matemática entre este valor y el largo, el ancho y el producto del largo por el ancho de cada una de las hojas. Para la determinación de las ecuaciones de regresión se utilizó el programa STATGRAPHICS 5.1 Plus para Windows.

Estimación de la superficie foliar de la planta completa. De cada planta se tomaron hojas individuales de diferentes edades fisiológicas, equivalentes al 10, 20, 30, 40 y 50 % del número total de hojas. Las hojas se seleccionaron al azar, utilizando una tabla estadística de números aleatorios y se procedió a la sumatoria de la superficie foliar parcial de todas las hojas seleccionadas por cada planta. Con posterioridad se realizó una regresión, para determinar la superficie foliar real de cada planta en función de la superficie foliar parcial. Para la determinación de las ecuaciones de regresión y el cálculo de los residuos, se utilizó el programa STATGRAPHICS 5.1 Plus para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimación de la superficie foliar de las hojas de Canavalia. En la Figura 1 se muestran las ecuaciones de regresión obtenidas entre las medidas lineales de cada una de las hojas de canavalia y su superficie foliar real, estimada por el método de los discos foliares.



***Existe relación estadísticamente significativa entre la superficie foliar y la variable independiente analizada, con un nivel de confianza del 99 %

Figura 1. Dispersión de la superficie foliar real de cada hoja y sus medidas lineales

El mejor ajuste de la variable del producto del largo por el ancho de las hojas se obtuvo con una ecuación lineal de un $R^2=88.18\%$. Además, cuando se analiza la variable ancho de las hojas, se observa que el mejor ajuste también se obtiene con una ecuación lineal, en este caso con un $R^2=87.36\%$. Por otra parte, se obtuvo un menor ajuste por la ecuación obtenida con la variable largo de las hojas ($R^2=51.50\%$); es posible que esto esté dado por la mayor dispersión que presentó esta medida en las hojas muestreadas (Figura 1).

Resultados similares han sido obtenidos en cultivos como cafeto, pasto estrella, leucaena, pepino, tomate y frijol, donde se ha encontrado que las ecuaciones lineales son las que mejor ajustan estas mediciones (11, 12, 13, 15).

Estimación de la superficie foliar de la planta de Canavalia ensiformis. Las ecuaciones que relacionan la superficie foliar de la planta completa de *Canavalia ensiformis* con los porcentajes de hojas seleccionados en cada planta se ofrecen en la Tabla I.

Tabla I. Relación entre la superficie foliar de la *Canavalia ensiformis* y el porcentaje de las hojas muestreadas en cada planta

Porcentaje de hojas muestreadas (x)	Ecuación	R^2 (%)
50 %	$y=-18.50 + 2.04 x$	91.60***
40 %	$y=25.98 + 2.09 x$	86.71***
30 %	$y=55.51 + 2.37 x$	83.98***
20 %	$y=79.90 + 3.59 x$	82.20***
10 %	$y=131.94 + 5.44 x$	71.28***

***Existe relación estadísticamente significativa entre la superficie foliar y la variable independiente analizada, con un nivel de confianza del 99 %

Según se puede observar, los mejores coeficientes de regresión se alcanzaron con los muestreos realizados al 40 y el 50 % de las hojas (con $R^2=86.71\%$ y $R^2=91.60\%$, respectivamente).

Por otra parte, al analizar los residuos obtenidos a partir de las superficies foliares predichas por los modelos (Figura 2), se puede observar que el error de la estimación para el 40 y 50 % de las hojas está por debajo de los 70 cm² de superficie foliar de la planta completa; además, con estos tamaños de muestra se observa una distribución más uniforme de los residuos.

Al tomar solo el 40 % de las hojas de una planta de *Canavalia ensiformis*, se podrá estimar la superficie foliar total de la planta, lo cual es un tamaño de muestra razonable, teniendo en cuenta el gran número de hojas que esta planta puede emitir durante el período más intenso de su ciclo de vida y a la vez facilitaría la determinación práctica de esta variable fisiológica del crecimiento.

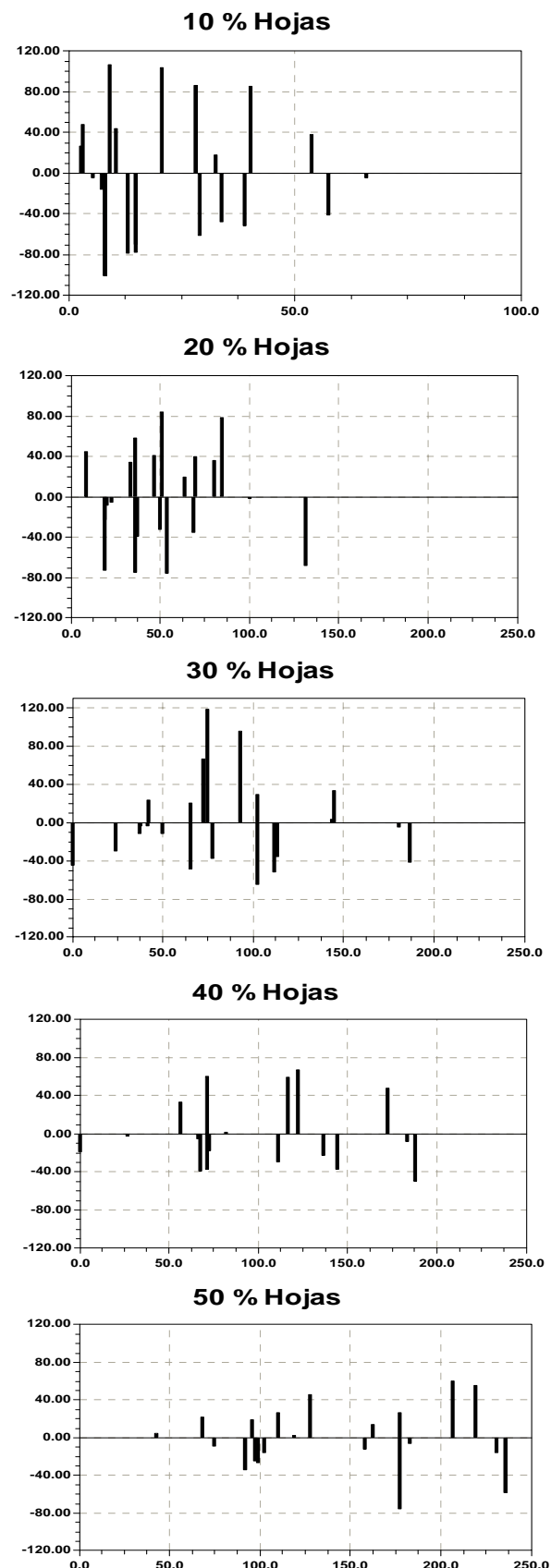


Figura 2. Superficie foliar predicha por los modelos (x) vs residuos (y) en cada uno de los muestreos selectivos realizados a cada planta

REFERENCIAS

1. Soto, F. y Plana, R. Estimación del área de hojas de caña de azúcar (*Saccharum* sp híbrido, variedad Ja 60-5) a partir de sus medidas lineales. *Cultivos Tropicales*, 1984, vol. 6, no. 3, p. 637-646.
2. Soto, F. y Rivera, R. Estudio de la correlación entre algunos parámetros del crecimiento del *Coffea arabica* var "Mundo Novo". *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Café y Cacao*, 1979, vol. 1, no. 1-2, p. 47-53.
3. Martín, G. M. y Rivera, R. Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica. Revisión Bibliográfica. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 3, p. 89-96.
4. Martín, G. M. y Rivera, R. Mineralización del nitrógeno de la *Canavalia ensiformis* en un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 3, p. 83-88.
5. Teasdale, J. R. Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. [Consultado 5-9-2006]. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm>>.
6. Martín, G. M. Mineralización del nitrógeno de los abonos verdes y su participación en la nutrición nitrogenada del maíz (*Zea mays* L.) cultivado sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. [Tesis de Maestría]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2002. 73 p.
7. García, M.; Treto, E. y Álvarez, M. Época de siembra más adecuada para especies promisorias de abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 1, p. 5-14.
8. García, M.; Álvarez, M. y Treto, E. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 3, p. 19-30.
9. Pozo, P. P. del; Herrera, R. S. y Álvarez, A. Estimación del área foliar del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) a partir de mediciones lineales de sus hojas. *Cultivos Tropicales*, 1998, vol. 19, no. 2, p. 23-26.
10. Jonckheere, I.; Fleck, S.; Nackaerts, K.; Muys, B.; Coppin, P.; Weiss, M. y Baret, F. Review of methods for *in situ* leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2004, vol. 121, p. 19-35.
11. Pozo, P. P. del y Álvarez, A. Estimation of *Leucaena leucocephala* leaf area based on its dry matter. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 1, p. 23-25.
12. Blanco, F. F. y Folegatti, M. V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Hortic. Bras.*, 2003, vol. 21, no. 4.
13. Soto, F. Estimación del área foliar en *C. arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 1980, vol. 2, no. 3, p. 115-128.
14. Watson, D. y Watson, M. Comparative physiological studies on the growth of field crops. III. The effect of infections with beet yellow and beet mosaic viruses on the growth and yields of sugar beet root crop. *Ann. Appl. Biol.*, 1953, vol. 40, p. 1-37.
15. Díaz, W. /et al./ Establecimiento y manejo de plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Informe final del proyecto 007-03-016. 2003. 353 p.

Recibido: 2 de diciembre de 2005

Aceptado: 17 de noviembre de 2006

DIPLOMADOS

Precio: 2000 CUC

Incremento en la producción de las áreas afectadas por la sequía

Coordinador: Dra.C. María C. González Cepero
Duración: 1 año

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (47) 86-3773
Fax: (53) (47) 86-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu