ESTIMACIÓN DEL ÁREA FOLIAR DEL PASTO ESTRELLA (Cynodon nlemfuensis) A PARTIR DE MEDICIONES LINEALES DE SUS HOJAS

P. P. Del Pozo, R. S. Herrera y A. Alvarez

ABSTRACT. Single lineal regressions were made between actual leaf area (AF) measured in an electronic planimeter and the variables: length (l), width (a) and their product (l x a), with the purpose of obtaining expressions leading to estimate leaf area in stargrass by means of its leaf measurements. Thus, 200 leaves representatives of different growth stages (one, three, five and seven weeks) were randomly collected in a grazing land under Voisin's Rational Pasture (PRV) with 72 subdivisions and a grazing intensity of 203 UGM days.ha^{-1} within the rainy season. Regressions were performed to length x width values of ≤ 600 mm^2, >600 mm^2 and all leaves. Regarding all leaves, variables l and l x a showed the highest R^2 values, 0.94 and 0.98, respectively, but with a nonuniform residual distribution. Concerning partial regressions, every fit had a similar performance; however, for l x a values ≤ 600 mm^2, the expression using the independent variable l was lower ($R^2 = 0.83$) but with a more uniform residual distribution in every case. To estimate the leaf area of this species, AF = -7.37 + 0.79 (±0.02) l x a equation was recommended when l x a values are ≤ 600 mm^2 whereas the expression AF = 12.76 + 0.74 (±0.02) l x a for >600 mm^2, since they can give a more accurate estimation.

Key words: *Cynodon nlemfuensis*, leaf area, estimation method

RESUMEN. Con el propósito de obtener expresiones que permitan estimar el área foliar en el pasto estrella a partir de las mediciones de sus hojas, se realizaron regresiones lineales simples entre el área foliar real (AF) medida en un planímetro electrónico y las variables largo (l), ancho (a) y el producto del largo x ancho (l x a). Para ello se colectaron 200 hojas al azar representativas de diferentes estados de crecimiento (una, tres, cinco y siete semanas), en un pastizal manejado bajo el sistema Pastoreo Racional Voisin (PRV) con 72 subdivisiones y una intensidad de pastoreo de 203 UGM días.ha^{-1} durante la estación lluviosa. Las regresiones se efectuaron para valores de largo x ancho de ≤ 600 mm^2, >600 mm^2 y el total de hojas. En el total de las hojas, las variables l y l x a presentaron los valores más altos de R^2, 0.94 y 0.98, respectivamente, pero con una distribución no uniforme de los residuos. En las regresiones parciales los ajustes encontrados se comportaron de forma similar, aunque para valores de l x a ≤ 600 mm^2, la expresión que utiliza la variable independiente l fue inferior ($R^2 = 0.83$), pero en todos los casos con una distribución más uniforme en los residuos. Para estimar el área foliar en esta especie, se recomienda utilizar la ecuación AF = -7.37 + 0.79 (±0.02) l x a cuando los valores de l x a son ≤ 600 mm^2 y para >600 mm^2 la expresión AF = 12.76 + 0.74 (±0.02) l x a, ya que ofrecen una mayor precisión en su estimación.

Palabras clave: *Cynodon nlemfuensis*, área foliar, método de estimación

/038

INTRODUCCIÓN

La determinación de los cambios que experimenta el sistema asimilativo en los cultivos forrajeros y en especial el área foliar, constituye una variable esencial para el análisis cuantitativo del crecimiento (Watson, 1952; Hunt, 1982; López, 1991 y Lemaire, 1995), cuyos procedimientos para su estimación varían en dependencia de la forma de vegetación del cultivo y las características de los experimentos (Sinoquet y Andriu, 1993).

En su gran mayoría, estos se realizan mediante métodos destructivos, en los cuales se requiere de gran dedicación, personal auxiliar (Lantigua, 1985) y de mayor tamaño de muestra, con el propósito de reducir los errores en la estimación, debido a que las mediciones no se efectúan de forma sucesiva en una misma planta (Rodríguez y Pérez, 1995).

La estimación del área foliar a partir de regresiones, con el empleo de mediciones lineales en las hojas como variables independientes, se ha utilizado con éxito en otros cultivos tropicales (Jorge y Felicita González, 1996) y presenta como ventajas el uso de pocos recursos, rapidez y aplicabilidad para estudios fisiológicos en condiciones de campo.

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo fue obtener expresiones que permitan estimar el área foliar en el pasto estrella a partir de mediciones lineales en sus hojas.

P. P. del Pozo, Profesor Asistente de la Facultad de Veterinaria, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, Apartado Postal 18; Dr. R. S. Herrera, Investigador Titular, Instituto de Ciencia Animal, Apartado 24, San José de las Lajas y A. Alvarez, Investigador Agregado, Instituto de Pastos y Forrajes, Niña Bonita, Cangrejera, Punta Brava, La Habana, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en áreas de pasto estrella con más de un 90 % de pureza, en un suelo Ferralítico Rojo (ISACC, 1978) en la estación lluviosa, manejado bajo el sistema Pastoreo Racional Voisin (PRV) con una carga global y una intensidad de pastoreo de 2.9 UGM y 203 UGM días.ha^{-1}, respectivamente, sin fertilización mineral.

En la Tabla I se muestran los valores absolutos y las frecuencias de algunas variables ambientales que caracterizaron la situación climática en la que se desarrolló el ciclo de crecimiento.

Tabla I. Características de algunas variables climáticas en el período experimental

Variables	Valores
Temperatura °C	
Máxima	32.7
Mínima	20.5
Media	27.7
Precipitaciones (mm)	308.1
Humedad relativa (%)	81.1
Días con temperaturas	
Máxima >30°C	48
Mínima <15°C	0
Media >26°C	29

Procedimiento: Se tomaron al azar un total de 200 hojas representativas de diferentes estados de crecimiento del pastizal (una, tres, cinco y siete semanas) y se les midió después de herborizadas, el largo desde el ápice hasta la lígula por el haz, el ancho en el punto medio longitudinal y el área real a través de un equipo de medición electrónica Delta-T MK-2 con una exactitud de ±1 %, cuyos valores extremos y medios se presentan en la Tabla II.

Tabla II. Valores extremos y medios de las dimensiones de las bajas

Media	Valores		
	Mínimo	Medio	Máximo
Largo (mm)	16	109	217
Ancho (mm)	3	5.9	8
Área (mm^2)	82	522.1	1015.1

Para el análisis de regresión lineal, se tomó como variable dependiente el área de la hoja real (AF) e independientes, el largo (l), ancho (a) y el producto del largo x ancho (l x a) de cada hoja.

Para la estimación de los parámetros en las expresiones, se utilizó el método de los mínimos cuadrados a través del sistema estadístico Statgraphics versión 4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los casos el área de la hoja se relacionó linealmente ($p<0.001$) con las variables independientes estudiadas, pero con coeficientes de determinación diferentes (Tabla III). El largo y el producto del largo por el ancho fueron los que mejor ajuste presentaron con un R^2 de 0.94 y 0.98, respectivamente.

Tabla III. Ecuaciones de regresión que relacionan el área de la hoja con el largo, ancho y el producto del largo por el ancho de todas las hojas

Variable dependiente	Ecuaciones	R^2	Significación
AF	-94.90+5.55 (±0.13)l	0.94	***
AF	-626.70+192.70 (±14.71)a	0.62	***
AF	4.91+0.75 (± 0.01) l x a	0.98	***

*** $p<0.001$

El bajo coeficiente de determinación en relación con el ancho, estuvo dado por la menor variabilidad que presentó esta medida en sus diferentes estados de desarrollo del pastizal, cuyos valores fluctuaron en un rango más estrecho (3 a 8 mm). Este comportamiento es lógico si tenemos en cuenta que en las gramíneas el crecimiento en sus hojas se realiza fundamentalmente en el largo con respecto a su ancho (Vázquez y Torres, 1995 y Nelson, 1996).

Cuando se analizó la distribución de los residuos en las expresiones de mejor ajuste (Figura 1), se observó que en ambos casos la varianza no era constante con el aumento del largo y el producto del largo por el ancho, los cuales fueron más homogéneos cuando los valores estaban por encima o por debajo de 120 mm y 600 mm^2, respectivamente. Esto motivó la necesidad de realizar el análisis de regresión para valores de largo x ancho en las hojas menores o iguales a 600 mm^2 y mayores a 600 mm^2.

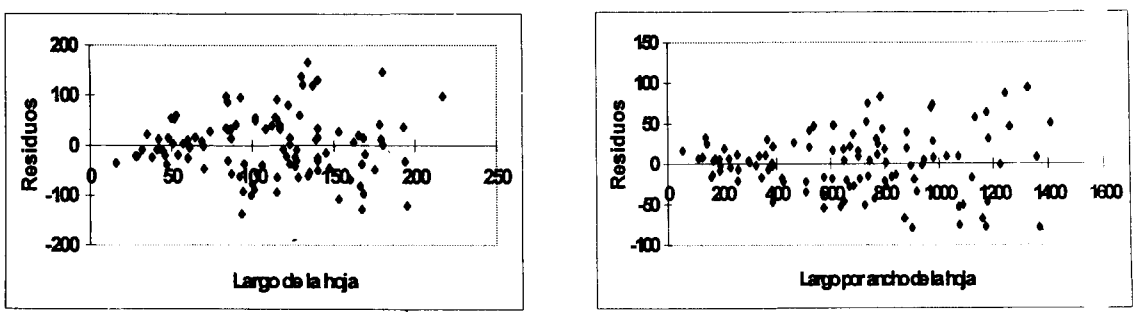


Figura 1. Distribución de los residuos según ecuaciones de ajustes del área foliar con el largo y el producto del largo por el ancho de las hojas para el total de hojas

En las regresiones parciales efectuadas, el comportamiento en los ajustes fue diferente (Tabla IV). Para valores ≤600 mm^2 se mantuvo el ajuste en ambas relaciones y con una mejor distribución en los residuos (Figura 2), mientras que para hojas mayores de 600 mm^2, los coeficientes de determinación fueron menores, aunque la distribución en los residuos fue más homogénea (Figura 3). Estas diferencias fueron más marcadas en la expresión que se relacionó con el largo de la hoja.

Los resultados indican que cuando en el pastizal predominan hojas pequeñas (l x a ≤ 600 mm^2), resulta ventajoso estimar el área de la hoja a partir del largo por la rapidez y calidad en las mediciones , debido a que se reducen los errores sistemáticos que se pueden cometer en las medición de su ancho durante el proceso de muestreo, sobre todo cuando este supera las cuatro horas (Del Pozo *et al.*, 1996), asociado a un aumento en el grado de plegadura en las hojas por pérdidas de humedad.

Cuando las plantas poseen hojas con una longitud mayor a 120 mm o un valor en el largo x ancho superior a los 600 mm^2, es preferible utilizar la expresión que tiene como variable independiente el producto del largo por el ancho, debido a que se logra una mayor exactitud en la estimación del área foliar. Este comportamiento parece ser una regularidad en las gramíneas forrajeras, ya que Mendoza, González y Ortiz (1984) en *Zea mays* y, más recientemente, Mesa y Vivian Ávila (1992) en *Panicum maximum* cv *Likoni* y Alvarez (1996) (datos no publicados) en *Brachiaria brizantha* encontraron similares resultados.

Las ecuaciones que tienen como variables independientes la medición del largo de la hoja y el producto del largo por el ancho, resultaron ser válidas para la estimación del área foliar en el pasto estrella directamente en las plantas en condiciones de campo, lo cual permite profundizar en los análisis de su crecimiento sin provocar daños en el material vegetal.

Tabla IV. Expresiones que relacionan el área de la hoja con las variables largo, ancno y largo por ancho

Área de la hoja	Variable dependiente	Ecuaciones	r^2	Significación
≤600 mm^2	AF	-51.98+4.67 (±0.21) l	0.92	***
		-7.37+0.79 (±0.02) l x a	0.97	***
>600 mm^2	AF	-36.37+5.19 (±0.30) l	0.83	***
		12.76+0.74 (±0.02)l x a	0.93	***

***($p < 0.001$)

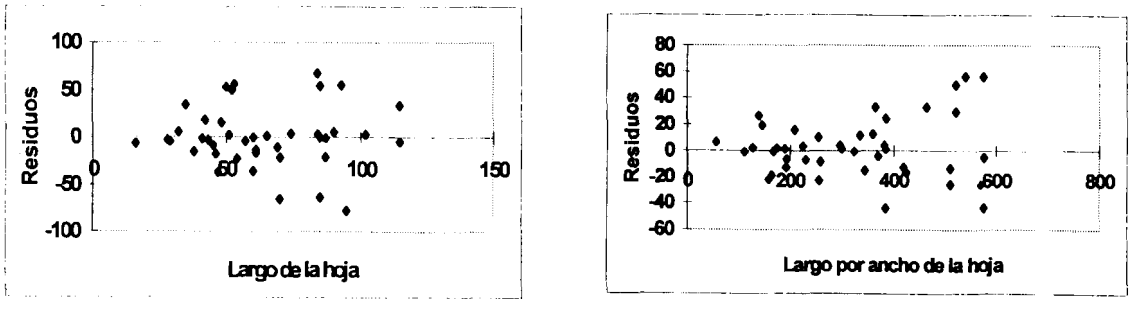


Figura 2. Comportamiento de los residuos a partir del ajuste del área foliar con el largo y el producto del largo por el ancho cuando l x a es ≤600 mm^2

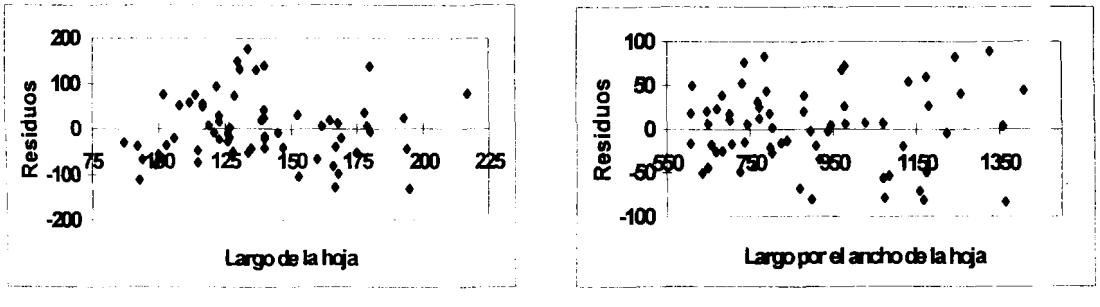


Figura 3. Distribución de los residuos como resultado de la estimación del área en función del largo y el producto del largo por el ancho cuando l x a es >600 mm^2

Para estimar el área foliar en esta especie se recomienda utilizar la ecuación AF = -7.37 + 0.79 (±0.02) l x a cuando los valores de l x a son ≤600 mm^2 y para >600 mm^2 la expresión AF = 12.76 + 0.74 (±0.02) l x a, ya que ofrecen una mayor precisión en su estimación. No obstante, en las hojas pequeñas (l x a ≤600 mm^2), la ecuación AF = -51.98 + 4.67 (±0.21)l ofrece un buen ajuste, lo cual adquiere especial importancia en aquellos trabajos experimentales, que por su naturaleza requieren de un mayor tamaño de muestra para su estimación.

REFERENCIAS

Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Suelos. Segunda clasificación genética de los suelos cubanos.- La Habana : Academia de Ciencias de Cuba, 1978.

Del Pozo, P. P. /et al./. Estandarización del proceso de muestreo para el estudio morfofisiológico del crecimiento del pasto estrella. /P. P. del Pozo... /et al./- La Habana : ISCAH, 1996.

Hunt, R. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. /R. Hunt.- Baltimore : University Park Press, 1982.- 248 p.

Jorge, Y. y Felicita González. Estimación del área foliar en los cultivos de ají chai y tomate Flora. /Y. Jorge, Felicita González.- En: Seminario Internacional de Matemática Aplicada (2:1996:La Habana), ISCAH, 1996.

Lantigua, E. A. CO_2 Assimilation, herbage production and animal production under continuous and rotational grazing at low nitrogen levels. Vakgnoep. Lanobouwplan Tenteelt en grasslankude medodelimg, 1985.- 86 p.

Lemaire, G. Ecophysiological approaches to intercropping. /G. Lemaire.- Paris : INRA, 1995.- 25 p.

López, B. L. Fisiología y Ecología. /B. L. López.- En: Cultivos Herbáceos.-Madrid : Universidad de Córdova, 1991.- 250 p.

Mendoza, O., V. A. González y J. C. Ortiz. Factores de conversión y tamaños de muestras en la estimación del área foliar en maíz. Agrociencia 58: 141-151, 1984.

Mesa, A., Vivian Ávila. Métodos para estimar el área foliar en Panicum maximun cv Liconi. /A. Mesa, Vivian Ávila.- En: IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la EEPF (9:1992:Indio Hatuey), 1992.- p. 70.

Nelson, C. J. Physiology and developmental morphology. /C. J. Nelson.- En: Cool-season forage grasses, Agronomy Monograph 34.- Madison:Crop Science Society of American, 1996.- 38 p.

Rodríguez, L. L. y O. A. Pérez. Estimación del área y la masa seca de hojas de cafetos cultivados al sol y bajo la sombra. Centro Agrícola (2):15-20, 1995.

Sinoquet, H. y E. Andriu. The geometrical structure of plant canopies; characterization and direct measurement methods. /L. Sinoquet, E. Andriu.- En: Crop structure and light microclimate characterization and applications. Editorial by Varlet- Grancher, Bonhomme and Sinoquet INRA, 1993.- p. 131-158.

Vázquez, E. B. y S. E. Torres. Fisiología Vegetal. /E. B. Vazquez, S. E. Torres.- 2da. ed.- La Habana : Editora Pueblo y Educación, 1995.- 463 p.

Watson, D. J. The phyological basis of variation in yield. Adv. Agron. 4:101-145, 1952.

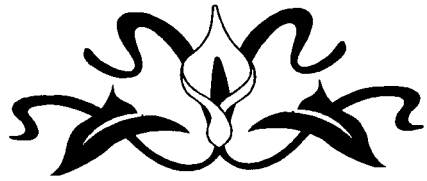
Recibido: 5 de diciembre de 1997
Aceptado: 14 de mayo de 1998

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

MAESTRÍA

"MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LAS PLANTAS"

Duración: 2 años
Fecha de comienzo: septiembre
Precio: 2 500 USD
Coordinador: Dra. Marta Alvarez



Para más información diríjase a:
Dr. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba CP 32700
Telf: (53)(64) 6-3867, 6-3773
Fax: (53)(64) 6-3867
e-mail: inca@ceniai.cu
inca@reduniv.edu.cu