

MÉTODOS PARA DETERMINAR EL ÁREA FOLIAR EN *Panicum maximum* CV. LIKONI

A.R. Mesa, G. Lajonchere y Vivian Ávila

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Matanzas, Cuba**

Se condujo un experimento con el objetivo de buscar un método eficiente para estimar el área foliar en *Panicum maximum* cv. Likoni. Para esto se muestrearon hojas de diferentes tamaños y posiciones en los tallos. A cada hoja se le midió la longitud, el ancho máximo y el área por planimetría, lo que se tomó como método de referencia. Se dividieron las hojas en tres grupos de acuerdo con su longitud: hojas de 0 a 25 cm; de 26 a 40 y mayores de 40 cm. Como métodos de estimación del área foliar, se estudiaron el factor de corrección, el método de regresión lineal y el peso de la hoja heliografiada multiplicado por un factor que se calculó por la relación del peso de papel de un área conocida. Todas las ecuaciones fueron altamente significativas, pero los mejores ajustes se lograron cuando la variable independiente fue el producto de largo por ancho y el ajuste resultó mejor aún cuando se agruparon todas las hojas sin considerar el tamaño ni la posición. Los métodos que mejor se ajustaron al área calculada por planimetría fueron: cuando se calculó por el factor de corrección y cuando las variables independientes fueron la longitud máxima y el producto de esta por el ancho máximo. Se recomienda utilizar el modelo $y = 1,1618 + 0,6602 L \times A$ sin considerar el tamaño de la hoja o emplear $L \times A \times 0,701$.

Palabras claves: *Panicum maximum*, área foliar, regresiones, factor de corrección

An experiment was conducted in order to find an efficient estimating method for leaf area in *Panicum maximum* cv. Likoni swards. Leaf of different size and positions were sampled. Leaf assessments were made based on length, width and planimetric area and taken as a reference method. Three leaf groups were divided according to leaf length: 0-25 cm, 26-40 cm and longer than 40 cm. The correction factor and the lineal regression method were studied as leaf area estimating methods as well as the weight of heliographic leaf multiplied by a factor which was calculated by the relation of paper weight of a known area. All equations were highly significative but the best adjustments were obtained when the independent variable was the result of length per width; the adjustment was still better as all leaves were grouped without considering size or position. The methods better adjusted to calculated area by planimetry were: when the calculation was made with the correction factor and when the independent variables were the maximum length and its result per the maximum width. It is recommended to use model $y = 1,1618 + 0,6602 L \times A$ without considering leaf size or to use $L \times A \times 0,701$.

Additional index words: *Panicum maximum*, leaf area, regressions, correction factor

Las hojas son, por excelencia, los principales órganos donde se desarrolla el proceso fotosintético, por lo que el área foliar es la mejor medida para determinar la capacidad fotosintética de un cultivo determinado. Este parámetro es importante para cualquier estudio que se realice acerca del crecimiento y desarrollo, así como de la productividad de una especie vegetal (Fernández y Arias, 1989).

Han sido varios los estudios realizados en la familia *Gramineae* donde se ha relacionado el área foliar con la producción de biomasa. Kerefov y Papiev (1967) encontraron una correlación muy alta entre el área foliar y el rendimiento final en tres variedades de maíz; más tarde, Lerch (1974) encontró que el área foliar tuvo una dependencia significativa del rendimiento agrícola y otros procesos vinculados a la fotosíntesis en el cultivo del arroz. Aase (1978) determinó en cuatro variedades de trigo la relación entre este parámetro y la materia seca total y foliar durante todas las épocas del año.

Sin embargo, en gramíneas forrajeras tropicales son escasos los estudios efectuados para determinar el área foliar y su relación con la potencialidad y productividad.

Por otra parte, los equipos necesarios para medir *in situ* este importante indicador son muy costosos y de difícil adquisición, por lo que se hace necesario buscar métodos razonablemente exactos o precisos de realizar para estimar el área foliar. El objetivo del presente trabajo fue determinar el mejor método para calcular el área foliar en la hierba guinea, la cual es de suma importancia para la ganadería cubana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon hojas de *Panicum maximum* cv. Likoni de diferentes tamaños y posiciones en los tallos. Para

eso se muestrearon 114 hojas de 0 a 25 cm, 145 de 26 a 40 cm y 71 mayores de 40 cm.

Procedimiento. A cada hoja se le tomó la longitud máxima (L) desde la lígula hasta el ápice y el ancho máximo (A). Al mismo tiempo se midió el área foliar a través de un planímetro (AP); este método se utilizó como patrón o referencia, pues es el más exacto según Hammer (1980) y Arias, Alonso y Battle (1983).

Se utilizaron además varios métodos con el objetivo de compararlos entre sí; estos fueron los siguientes:

- A) Según factor de corrección (F). Este se obtuvo de acuerdo con $(F \times A \times L)$. El factor de corrección se calculó según: $AP/L \times A$.
- B) Por el peso de la hoja heliografiada (C) multiplicado por un factor. Este factor se calculó por la relación entre el peso y un área conocida de papel heliográfico.
- C) Métodos de regresión lineal

$$Y = a + bx$$

donde:

$$Y = AP$$

$$x = L$$

$$x = A$$

$$x = L \times A$$

Análisis estadísticos. Se efectuaron análisis de regresión y de varianza para cada uno de los grupos de hojas. Posteriormente se unificaron los tres grupos en uno solo y se realizaron todos los análisis estadísticos mencionados anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las ecuaciones de regresión para estimar el área foliar en función de sus medidas dimensionales como variables independientes para el grupo de 0 a 25 cm se expresan en la tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones de regresión para el grupo de 0 a 25 cm.

Variable independiente	a	b	Esb \pm	r	r ²
L	-0,932 8	0,758 1	0,004 47	0,85	0,72***
A	-2,122 0	14,216 5	1,906 3	0,58	0,33***
L \times A	-0,852 9	0,666 1	0,028 8	0,91	0,83***

*** P<0,001

Como se puede observar, la ecuación mejor ajustada para calcular el área foliar en las hojas de 0 a 25 cm se obtuvo cuando la variable independiente fue el producto de largo por ancho.

En el segundo grupo, o sea, hojas de 26 a 40 cm de longitud se encontró también que el L \times A como variable inde-

pendiente fue la ecuación mejor ajustada para el cálculo de área foliar, según se observa en la tabla 2.

Las ecuaciones de regresión del último grupo, que comprendió las hojas con una longitud mayor de 40 cm se expresan en la tabla 3.

Tabla 2. Ecuaciones de regresión para el grupo de 26 a 40 cm.

Variable independiente	a	b	Esb \pm	r	r ²
L	-16,912 8	1,382 1	0,096 4	0,59	0,77***
A	2,548 7	20,518 4	2,113 0	0,63	0,40***
L \times A	2,903 8	0,607 1	0,031 9	0,85	0,72***

*** P<0,001

Tabla 3. Ecuaciones de regresión para el grupo mayor de 40 cm.

Variable independiente	a	b	Esb \pm	r	r ²
L	-27,269 0	1,642 5	0,141 9	0,81	0,66***
A	-37,820 6	59,984 2	6,062 7	0,77	0,59***
L \times A	4,664 7	0,631 4	0,030 5	0,93	0,86***

*** P<0,001

También resultó que la ecuación más ajustada fue cuando se consideró como variable independiente al producto de sus medidas dimensionales para el cálculo del área foliar.

Como se muestra en las tablas mencionadas anteriormente, tanto el

largo como el ancho se correlacionaron significativamente con el área foliar determinada por planimetría; sin embargo, solamente con el ancho de las hojas las correlaciones fueron pobres y tuvieron un bajo coeficiente de determinación.

Con la unión de todas las hojas de diferentes tamaños y posiciones en el tallo como un solo grupo, la estimación del área foliar mejoró significativamente

en comparación con la realizada atendiendo al tamaño de las hojas, según se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión para el total de hojas.

Variable independiente	a	b	Esb ±	r	r ²
L	-11,984 3	1,307 0	0,032 7	0,91	0,83***
A	-21,681 2	49,223 2	2,035 1	0,80	0,64***
L x A	1,161 8	0,660 2	0,009 9	0,96	0,93***

*** P<0,01

Todas estas variables se correlacionaron significativamente con el área planimétrica (AP) y en mejor cuantía lo lograron L x A y L. Se puede observar que la correlación con el A mejoró significativamente, debido quizás a un aumento de la variabilidad.

En todos los casos cuando se consideró como variable independiente al producto L x A, se obtuvo el mejor ajuste en la ecuación de regresión, lo que coincide con lo informado por Bhan y Pande (1966) en arroz.

Arias, Tellería y Fernández (citados por Fernández y Arias, 1989) utilizaron en cítrico un procedimiento similar al empleado en este experimento, o sea, dividieron las hojas en tres grupos en función de su tamaño. Los resultados fueron similares a los de este trabajo, ya que se logró una alta correlación según el modelo $Y = a + bx$, donde:

$$x = L \times A$$

Posteriormente, cuando unieron todas las hojas y aplicaron el modelo lineal, obtuvieron ecuaciones altamente significativas entre el área planimétrica y L, A, L x A y (L x A)/2.

El factor de corrección (F) para cada grupo se expresa en la tabla 5, donde se observa que existió una gran variabilidad entre los diferentes grupos, ya que este depende de sus dimensiones físicas. Este método ha sido utilizado por muchos autores, entre ellos Ferraris y Wood (1980) en hierba elefante y Jiménez y Mendoza (1981) en maíz.

Tabla 5. Valores de F para cada grupo de hojas.

Grupos	F
0-25 cm	0,725
26-40 cm	0,685
Mayor de 40 cm	0,695
Total	0,701

Con el objetivo de conocer en qué rango fueron válidas las ecuaciones de regresión, en la tabla 6 se presentan los estadígrafos de la longitud y el ancho máximo para grupo de hojas.

Tabla 6. Estadígrafos de longitud y ancho para cada grupo de hojas.

	0-25 cm		26-40 cm		> 40 cm		Total	
	L	A	L	A	L	A	L	A
Máximo	25,00	1,50	40,00	2,00	99,50	2,60	99,50	2,60
Mínimo	3,50	0,50	26,20	0,60	40,20	1,00	3,50	0,50
Medio	16,30	0,95	32,93	1,27	50,41	1,56	30,94	1,22
ES \pm	0,542	0,019	0,377	0,021	1,52	0,039	0,80	0,11
CV %	35,53	22,001	13,80	19,78	25,32	21,16	47,17	27,88

De acuerdo con los estadígrafos calculados, la estimación del área foliar según la tabla 1 es válida para hojas cuya longitud varíe desde 3,50 hasta 25 cm y un ancho máximo de 0,50 a 1,50 cm. Para las ecuaciones desarrolladas en la tabla 2, las hojas deben medir de 26,00 a 40 cm con un ancho de 0,60 a 2,00 cm.

Las hojas representadas en la tabla 3 tienen un mínimo de longitud de 40,2 y un máximo de 99,5 y el ancho debe variar desde 1,00 hasta 2,60 cm. En las hojas agrupadas, sin diferenciar el tamaño y posición, sus medidas dimensionales deben estar entre 3,50 y 99,5 cm de longitud y un ancho máximo de 0,50 a 2,60 cm.

Se realizó además un análisis de regresión entre el área foliar determinada planimétricamente y la calculada por los diferentes métodos para cada grupo de hojas, así como para el total.

En la tabla 7 se expresan las ecuaciones de regresión, así como los coeficientes de regresión y determinación entre el área foliar planimétrica ($AP = Y$) y los diferentes métodos empleados para el grupo de 0 a 25 cm.

Como puede observarse, el método C no se correlacionó con el área planimétrica tomada como referencia; mientras que el resto de los métodos sí se correlacionaron. Los mejores ajustes se obtuvieron con los métodos F y ALA.

En la tabla 8 se puede apreciar las ecuaciones de regresión entre los diferentes métodos para las hojas de 26 a 40 cm de longitud máxima. En este grupo se obtuvieron los mismos resultados que en el caso anterior y los métodos F y ALA fueron los que mejor se ajustaron.

En cuanto a las hojas mayores de 40 cm de longitud máxima, los mejores ajustes se obtuvieron con los métodos F y ALA, aunque el resto tuvieron ajustes significativos según se puede observar en la tabla 9.

En este grupo de hojas los coeficientes de regresión y de determinación fueron superiores en comparación con los demás grupos de hojas.

En el caso del agrupamiento de las hojas como un todo, las ecuaciones donde se relaciona el área planimétrica con el resto de los métodos se expresan en la tabla 10.

Se puede observar, al igual que en los casos anteriores, que los mejores ajustes fueron cuando se consideró a la variable independiente F y ALA; no obstante, el resto de las variables mostró correlación altamente significativa.

En el análisis de varianza efectuado el área foliar calculada según los diferentes métodos, en el total de hojas no se encontraron diferencias significativas con

respecto al área determinada por planimetría.

Se concluye que para estimar el área foliar en la hierba likoni, se puede utilizar

el modelo $Y = 1,1618 + 0,6602 (L \times A)$ sin considerar el tamaño de la hoja, así como emplear el factor de corrección 0,701.

Tabla 7. Ecuaciones de regresión entre el área planimétrica y los diferentes métodos en hojas de 0 a 25 cm.

Variable independiente	a	b	Esb ±	r	r ²
F	0,852 9	0,918 7	0,039 7	0,91	0,83***
C	7,236 2	0,347 0	0,057 5	0,50	0,25***
ALA	0,000 7	0,999 2	0,043 2	0,91	0,83***
AL	-0,000 1	1,000	0,058 9	0,85	0,72***

*** P<0,001

Tabla 8. Ecuaciones de regresión entre el área planimétrica y los diferentes métodos en hojas de 26 a 40 cm.

Variable independiente	a	b	Esb ±	r	r ²
F	2,993 8	0,873 5	0,045 9	0,85	0,72***
C	16,191 3	0,434 3	0,056 0	0,54	0,30***
ALA	0,000 1	1,000	0,052 6	0,85	0,72***
AL	-0,000 4	1,000	0,069 7	0,75	0,60***

*** P<0,001

Tabla 9. Ecuaciones de regresión entre el área planimétrica y los diferentes métodos en hojas mayores de 40 cm.

Variable independiente	a	b	Esb ±	r	r ²
F	17,666 7	0,907 4	0,043 8	0,93	0,86***
C	12,036 8	0,813 5	0,064 1	0,84	0,70***
ALA	9,331 3	1,000	0,048 3	0,93	0,86***
AL	0,000 4	1,000	0,086 4	0,81	0,66***

*** P<0,001

Tabla 10. Ecuaciones de regresión entre el área planimétrica y los diferentes métodos en el total de hojas.

Variable independiente	a	b	Esb \pm	r	r ²
F	1,161 8	0,941 8	0,014 2	0,96	0,93***
C	3,487 7	0,884 3	0,084 0	0,89	0,79***
ALA	1,161 8	0,860 7	0,012 9	0,96	0,93***
AL	-11,984 3	0,083 4	0,002 1	0,91	0,83***

*** P<0,001

REFERENCIAS

AASE, J.K. 1978. *Agron. J.* 70:563
 ARIAS, EDELMIRA; ALONSO, ALICIA & BATTLE, J. 1983. *Cienc. Téc. Agríc. Suelos y Agroquímica*. 6:51
 BHAN, V. & PANDE, H.K. 1966. *Agron. J.* 58:454
 FERRARIS, R. & WOOD, J.T. 1980. *Trop. Agric.* 57:69
 FERNANDEZ, MERCEDES & ARIAS, EDELMIRA. 1989. CIDA, La Habana.

Boletín de reseñas. Suelos y Agroquímica. No. 16
 HAMMER, G.L. 1980. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 46:61
 JIMÉNEZ, A.A. & MENDOZA, L.E. 1981. *Agric. Téc. en México*. 7:113
 KEREOF, K.N. & PAPIEV, K.A. 1967. *Plant Breeding Abst.* 37:70
 LERCH, G. 1974. *Revista de Agricultura*. 7:15

Recibido el 28 de octubre de 1991