



Avances en Investigación Agropecuaria
ISSN: 0188-7890
revaia@ucol.mx
Universidad de Colima
México

Determinación del índice de área foliar de *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 mediante medidas en la cuarta hoja completamente abierta

Herrera García, Rafael S.; Fortes González, Dayleni; García Martínez, Manuel; Cruz Santillán, Ana M.; Romero Utría, Aida

Determinación del índice de área foliar de *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 mediante medidas en la cuarta hoja completamente abierta

Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 22, núm. 3, 2018

Universidad de Colima, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83758178007>

INFORMACIÓN LEGAL AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, volumen 22, número 3, septiembre de 2018 es una Publicación cuatrimestral editada por la Universidad de Colima, Av. Universidad # 333, Col. Las Víboras, Colima, Colima, México. CP 28045. Teléfono: (312) 3161000. Ext. 40011, www.ucol.mx/revaia, revaia@ucol.mx, aiaagropecuarias@yahoo.com.mx. Director responsable José Manuel Palma García. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-112411015200-203, ISSN digital "en trámite", ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización, MC. Rosa Alejandra del Viento Camacho e Ing. Manuel Gutiérrez Gómez, Av. Universidad # 333, Col. Las Víboras, Colima, Colima, México. CP 28045, fecha de última modificación 20 de febrero de 2019. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Determinación del índice de área foliar de *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 mediante medidas en la cuarta hoja completamente abierta

Determination of the leaf area index of CT-115 by measurements on the fourth fully open leaf

Rafael S. Herrera García
Instituto de Ciencia Animal, Cuba
rherrera@ica.co.cu

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83758178007>

Dayleni Fortes González
Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Manuel García Martínez
Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Ana M. Cruz Santillán
Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Aida Romero Utría
Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Recepción: 28 Noviembre 2017
Aprobación: 03 Diciembre 2018

RESUMEN:

El objetivo del presente trabajo fue determinar el índice de área foliar mediante medidas del largo y ancho de las hojas de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115. Se investigaron tres variantes: a) índice de área foliar midiendo el largo y ancho de la cuarta hoja multiplicado por el número de hojas (IAFc), b) índice de área foliar midiendo el largo y ancho de todas las hojas (IAFr) y c) índice de área foliar ajustada (IAFa) determinada en a) y multiplicada por un factor de corrección. En todos los casos se empleó un artificio matemático para calcular el área proyectada por la macolla sobre la superficie del suelo. El IAFa presentó la menor varianza, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación (0.00003, 0.006, 0.0004 y 16.55 %, respectivamente). El IAFr y el IAFa no difirieron entre sí (0.033 y 0.034, respectivamente) pero sí ($P < 0.01$) del IAFc con valor de 0.684. Se ajustó una ecuación de regresión lineal entre el IAFa y el IAFc con alto coeficiente de determinación (0.99, $P < 0.01$). Es posible determinar el índice de área foliar con rigor y precisión. Se recomienda extender este estudio a otros pastos en diferentes condiciones de manejo.

PALABRAS CLAVE: Superficie, pasto, largo, ancho de hojas.

ABSTRACT:

The objective of the present work was to determine the leaf area index by measuring the length and width of the leaves of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115. Three variants were investigated: a) leaf area index (LAI), measuring the length and width of the fourth leaf multiplied by the number of leaves (IAFc), b) leaf area index (LAI), measuring of the length and width of all the leaves (IAFr), and c) (LAI) adjusted leaf area index (IAFa), determined in a) and multiplied by a correction factor. In every case a mathematical artifice was used to calculate the projected area of the tiller on the surface of the ground. The IAFa showed the lowest variance, standard deviation, standard error and coefficient of variation (0.00003, 0.006, 0.0004 and 16.65 %, respectively). There were no significant differences between IAFr and IAFa (0.033 and 0.034, respectively), but they differed ($P < 0.01$) from IAFc with value of 0.684. A linear regression equation was adjusted between IAFa and IAFc with high coefficient of determination (0.99, $P < 0.01$). It is possible to calculate the LAI with accuracy and it is necessary to carry out experiments with other pastures in different management conditions.

KEYWORDS: Surface, pasture, length, width of the leaves.

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de una década los estudios morfofisiológicos de los pastos han cobrado auge, tanto en áreas de clima tropical como templado. Una muestra de ello fue que en los últimos Congresos Internacionales de Pastos se le dedicó una sesión a la presentación y discusión de más de 100 artículos relacionados con el tema. Estas investigaciones están determinadas por la necesidad de explicar comportamientos y respuestas de los pastos ante factores como el manejo. Además, se han desarrollado un grupo de tecnologías donde predomina la ausencia de este tipo de explicaciones catalogadas como básicas. Un ejemplo de ello es la tecnología de bancos de biomasa con *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 (Martínez y Herrera, 2006), la cual goza de gran popularidad pero no dispone de suficiente información básica que explique los resultados alcanzados. Sin embargo, en este aspecto se encuentra en vías de solución y Fortes (2012) realizó un abarcador estudio morfofisiológico del pasto en la referida tecnología.

En la actualidad se han desarrollado equipos automatizados que permiten obtener valores de los indicadores morfofisiológicos con alto rigor, precisión y repetibilidad, entre ellos se pueden señalar los medidores portátiles de: balance hídrico de las hojas, CO₂ absorbido y O₂ desprendido en la fotosíntesis y de área foliar. Muchos de estos equipos son costosos y no están disponibles en los centros de investigación de varios países.

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la posibilidad de determinar el índice de área foliar (IAF) mediante medidas en las hojas de fácil realización y sin la intervención de equipos automatizados y de alto costo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Vaquería B del Instituto de Ciencia Animal, empastada de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 donde se aplica la tecnología de banco de biomasa. En un cuartón previamente seleccionado por su homogeneidad (coeficiente de Smith de 0.70) se seleccionaron 15 macollas como unidades experimentales de acuerdo con el sistema de muestreo establecido por Fortes *et al.* (2007) y los muestreos se realizaron durante un año, en ambas estaciones climáticas (período lluvioso y poco lluvioso) cuando el pasto tenía 60 días de rebrote.

En estas unidades experimentales se determinó el área foliar mediante la cuantificación del largo y ancho de la cuarta hoja completamente abierta (Herrera, 2006) según la fórmula:

$$AF = L \cdot A \text{ (I)}$$

Donde:

AF = área foliar

L = largo de la cuarta hoja completamente abierta

A = ancho en la parte media de la cuarta hoja completamente abierta

A cada macolla se le midió su perímetro a 40 cm de altura sobre el nivel del suelo y se calculó el radio según:

$$P = 2 \pi r$$

$$r = P / 2 \pi \text{ (II)}$$

Donde:

P = perímetro de la macolla

π = constante igual a 3.1416

r = radio

Conocido el radio, se calculó el área de la macolla y se asumió que esa área era equivalente al área proyectada por la estructura de la macolla sobre la superficie del suelo y para ello se utilizó:

Donde:

$$A_m = \pi r^2 \text{ (III)}$$

A_m = área de la macolla proyectada sobre el suelo

π = constante igual a 3.1416

r = radio

Mediante las fórmulas I, II y III se determinó el Índice de Área Foliar calculado (IAFc) mediante la expresión:

$$\text{IAFc} = [(L \cdot A) \text{ número de hojas}] / \pi r^2 \text{ (IV)}$$

Donde:

L = largo de la cuarta hoja completamente abierta

A = ancho en la parte media de la cuarta hoja completamente abierta.

π = constante igual a 3.1416

r = radio

En esas mismas unidades experimentales se cuantificó el área foliar de todas las hojas verdes que presentaran clorosis no superior al 25 % y sin daños (no hubo ataque de plagas o enfermedades). Además, se tuvo en cuenta el radio calculado con anterioridad y se aplicó la fórmula:

$$\text{IAFr} = (\sum AF) / \pi r^2 \text{ (V)}$$

Donde:

IAFr = índice de área foliar real

AF = área foliar de todas las hojas

π = constante igual a 3.1416

r = radio

A partir de IAFc y de IAFr se estableció un factor de corrección mediante:

$$\text{IAFr} / \text{IAFc} = f \text{ (VI)}$$

Con los datos anteriores se determinó el índice de área foliar ajustado según:

$$(\text{IAFc}) f = \text{IAFa} \text{ (VII)}$$

Donde:

IAFc = índice de área foliar calculado

IAFa = índice de área foliar ajustado

F = factor de corrección

Al disponer de IAFr, IAFc e IAFa se determinaron los estadígrafos media, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación. Además, se realizó análisis de varianza y de regresión lineal de acuerdo con SAS (2001). Los valores medios se compararon mediante Duncan (1955).

RESULTADOS

Los estadígrafos para los distintos índices de área foliar se presentan en el cuadro 1 donde el valor medio del índice de área foliar calculado (IAFc) es superior al resto; el índice de área foliar real (IAFr) mostró alto coeficiente de variación, mientras que el índice de área foliar ajustado (IAFa) presentó menor varianza, desviación estándar y error estándar.

CUADRO 1
Estadísticos para los tres indicadores de área foliar estudiados.

Estadísticos	IAFc	IAFr	IAFa
Media	0.684	0.033	0.034
Varianza	0.01	0.0002	0.00003
Desviación estándar	0.11	0.014	0.006
Error estándar, $\pm$	0.007	0.0009	0.0004
Coefficiente de variación, %	16.14	42.66	16.55

IAFc: índice de área foliar calculado; IAFr: índice de área foliar real; IAFa: índice de área foliar ajustado.

El análisis de varianza indicó que el IAFc fue el mayor ($P < 0.01$) y difirió del IAFr y del IAFa, aunque estos dos últimos no difirieron entre sí (cuadro 2).

CUADRO 2
Análisis de varianza de los indicadores.

Indicador	Valor
Índice de área foliar real (IAFr)	0.033 ^a
Índice de área foliar calculado (IAFc)	0.644 ^b
Índice de área foliar ajustado (IAFa)	0.034 ^a
EE $\pm$	0.019**
P	0.01

ab Valores con letras no comunes difieren a $P < 0.05$ (Duncan 1955); ** $P < 0.01$

Para reafirmar lo anterior se realizó análisis de regresión lineal entre el IAFc (variable independiente) y el IAFa (variable dependiente) y se obtuvo la ecuación:

$$\text{IAFa} = -0.0006 + 0.051 (\pm 0.0007) \text{IAFc}$$

$$R^2 = 0.99$$

$$\text{EE} = \pm 0.004$$

$$P < 0.01$$

Con alto coeficiente de determinación y significación, así como bajo error de estimación.

DISCUSIÓN

El comportamiento de los estadísticos (cuadro 1) pudiera estar determinado por el hecho de que sólo se utiliza la cuarta hoja completamente abierta para tomar las medidas y se multiplica por el número de hojas (fórmula IV). Esto hace que se considere que todas las hojas tienen similar desarrollo e iguales dimensiones y, por lo tanto, se obtenga el mayor valor con el menor coeficiente de variación. No obstante, el área foliar de la cuarta hoja ha sido muy útil para demostrar la variabilidad de clones de *Cenchrus purpureus* obtenidos mediante la aplicación de técnicas nucleares y el cultivo de tejidos *in vitro* (Herrera, 2007), así como los tolerantes a la sequía (Ray *et al.*, 2016).

El alto coeficiente de variación del índice de área foliar real (IAFr) pudiera atribuirse a que se tiene en cuenta el área de cada hoja y como es lógico, las dimensiones de cada una de ellas varían de acuerdo con su

desarrollo y edad fisiológica, mientras que el índice de área foliar ajustado (IAFa) mostró menor varianza, desviación estándar y error estándar.

El análisis de varianza reveló una respuesta lógica si se tienen en cuenta los resultados presentados en el cuadro 1. Se evidenció que el IAFa fue similar al IAFr lo cual pudo estar determinado por el hecho de que los preceptos y artificios matemáticos que se emplearon para su determinación fueron correctos.

Trabajos anteriores (del Pozo, 1998) señalaron la validez de determinar sistemas y métodos de muestreo para el estudio morfofisiológico del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 (Fortes *et al.*, 2007) y de la biología de *Sporobolus indicus* (Sardiñas *et al.*, 2008). También existen evidencias sobre aquellos indicadores que más ayudan a explicar la variabilidad entre clones investigados en diferentes condiciones (Díaz *et al.*, 2008 y Álvarez *et al.*, 2009) y entre ellos se encuentra el índice de área foliar.

En el presente trabajo se evidenció la posibilidad de obtener, con resultados alentadores, el índice de área foliar del *C. purpureus* estudiado, sin la necesidad de disponer de equipos de alta tecnología automatizada y de elevado costo. Esto permitirá disponer de herramientas para incrementar el rigor científico de las investigaciones mediante la toma de acertados indicadores morfológicos, combinados armónicamente con artificios matemáticos.

CONCLUSIONES

Se concluye que es posible calcular el índice de área foliar de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 con rigor y precisión al aplicar la metodología desarrollada en este trabajo, y se recomienda realizar similar estudio en otras especies y variedades de pastos.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, Y.; Ramírez, J. y Herrera, R. S. (2009). *Evaluación inicial de nuevas variedades de Pennisetum con tolerancia a la salinidad en el Valle del Cauto*. I Taller de Producción Animal y Tecnologías Sostenibles. PROANTES '09. CR-ROM. La Habana.
- Del Pozo, P. P. (1998). *Estudio morfofisiológico del pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis) con diferentes condiciones de manejo*. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
- Díaz, D.; Ray, J.; Herrera, R. S. y Cordoví, E. (2007). *Capacidad de establecimiento de nuevas variedades de Pennisetum purpureum en condiciones de intensa sequía en el Valle del Cauto, Cuba*. II Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba, 312 p.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11: 1-42.
- Fortes, D. (2012). *Comportamiento morfofisiológico de Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa*. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
- Fortes, D.; Herrera, R. S.; Torres, V.; García, M.; Cruz, A. M.; Romero, A. y Noda, A. (2007). Determinación de un método de muestreo para el estudio morfofisiológico de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en pastoreo. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 41: 381-385.
- Herrera, R. S. (2006). Fisiología, calidad y muestreos. En: *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás*. Ed. EDICA, La Habana, Cuba. Pp. 1- 101.
- Herrera, R. S. (2007). *La muestra y su procesamiento en los experimentos de evaluación*. II Congreso de Producción Animal Tropical, La Habana, CD-ROM. Pp. 272-275.
- Martínez, R. O. y Herrera, R. S. (2006). Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. En: *Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales*. Ed. Universidad Autónoma de Chiapas, México. Pp. 75-85.

- Ray, J.; Herrera, R. S.; Benítez, D.; Díaz, D. and Arias, R. (2016). Multivariate analysis of the agronomic performance and forage quality of new clones of *Pennisetum purpureum* drought tolerant in Valle del Cauto, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 50: 639-648.
- Sardiñas, Y.; Herrera, R. S.; Torres, V.; Noda, A. y García, M. (2008). Prueba de homogeneidad y determinación del tamaño de muestra para caracterizar biológicamente la especie *Sporobolus indicus* en un agroecosistema de *Panicum maximum* vc. Likoni. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 42: 97-101.
- SAS. (2001). *User's Guide*. Statistic Version 8. Ed SAS Institute Inc. NC. USA.

Apéndices



Título: CT -115

Autora: Marisol Herrera Sosa

Técnica: Acuarela

Dimensiones: 14 x 21.6 cm