



ARTÍCULO CIENTÍFICO
CUBA & CAÑA



URL: <http://www.cuba-cane.inica.azcuba.cu> E-mail: journal.cuba.cane@gmail.com

ESTIMACIÓN DIRECTA DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EN CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA DIRECT ESTIMATION OF THE INDEX OF FOLIAR AREA IN SUGARCANE IN CUBA

MAIRA FERRER-REYES*, JAVIER DELGADO-PADRÓN, ISAÍAS MACHADO-CONTRERAS

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Boyeros, La Habana, Cuba.

*Autora para correspondencia: Maira Ferrer-Reyes, e-mail: maira.ferrer@inica.azcuba.cu

Palabras clave: RESUMEN

tallo El índice de área foliar (LAI) es una cantidad adimensional que caracteriza el canopy de un agroecosistema, determina y controla la interceptación de las precipitaciones, la radiación, el intercambio de vapor de agua y CO₂. Constituye un importante factor de ajuste en los modelos del crecimiento. Por la importancia que tiene el LAI en caña de azúcar, el presente trabajo tiene como objetivo calcular el tamaño de muestra necesario para determinar el área foliar de los tallos presentes en un metro y de esta forma estimar el LAI. La investigación se realizó en la Estación Experimental de la Caña de Azúcar Artemisa- Mayabeque, se utilizaron los cultivares de caña de azúcar: C1051-73, CP52-43, C90-469, C86-12, C86-56 y C323-68. Se midió el área foliar de todos los tallos a lo largo de tres metros al azar. El número de tallos o tamaño de muestra para las mediciones del área foliar fue determinado en metros con más de 20 tallos de diferentes longitudes y área del dosel mediante el cálculo de la desviación estándar en grupos desde dos hasta nueve valores de área foliar, con el programa Excel. Se determinó que, con solo medir cinco tallos·m⁻¹ es suficiente para determinar el área de un metro. Esto constituye un ahorro considerable de tiempo si tenemos en cuenta áreas con promedios de más de 20 tallos por metro. Se recomienda incluir este resultado en el manual de Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético.

Keywords: ABSTRACT

Stem The leaf area index (LAI) is a dimensionless quantity that characterizes the canopy of an agro-ecosystem, determines and controls the interception of rainfall, radiation, the exchange of water vapor and CO₂. It constitutes an important adjustment factor in growth models. Due to the importance of LAI in sugarcane, the present work aims to calculate the sample size necessary to determine the leaf area of the stems present in one meter and of this way estimate the LAI. The study was carried out at the Artemisa-Mayabeque Sugar Cane Experimental Station, using sugarcane cultivars: C1051-73, CP52-43, C90-469, C86-12, C86-56 and C323-68. The leaf area of all stems was measured over three meters at random. The number of stems or sample size for the leaf area measurements was determined in meters with more than 20 stems of different lengths and canopy area by calculating the standard deviation in groups from two to nine leaf area values, with the Excel program. It was determined that just measuring five stems·m⁻¹ is enough to determine the area of one meter. This constitutes a considerable saving of time if we consider meters with averages of more than 20 stems. It is recommended to include this result in the Procedures Manual of the Genetic Improvement Program.

INTRODUCCIÓN

El índice de área foliar (LAI-siglas en inglés que significan Leaf Area Index) fue definido por Watson (1947) como el total del área de una cara del tejido fotosintético por la unidad de superficie del terreno. Una manera más práctica y fácil de entender este concepto consiste en verlo como la representación de la cantidad de superficie foliar (m²)

(Aguirre-Salado *et al.*, 2011). Cabe señalar que esta definición está vigente y es utilizada por diferentes investigadores (Amarilla, 2010; Amarilla *et al.*, 2012; Nafarrate-Hecht, 2017; Roberti *et al.*, 2014).

El tejido foliar juega un papel clave en procesos de intercambio de energía y gases (ej. CO₂ y vapor de agua) entre el ecosistema terrestre y la atmósfera. Conocer la cantidad y distribución espacial de dicho tejido es

Recibido: 28 de mayo de 2020

Aceptado: 18 de diciembre de 2020

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



fundamental para poder estimar la intercepción de radiación solar, de agua de lluvia y, por lo tanto, la fotosíntesis, transpiración y respiración de las hojas (Olivas *et al.*, 2013).

El LAI puede ser determinado por métodos directos o indirectos. Estos últimos van desde medir la transmitancia de la luz (TRAC, LICOR LAI-2000, Decagon AccuPAR), hasta calcular la cobertura del dosel y la fracción de espacios existentes entre las hojas (fotografías hemisféricas) Las determinaciones directas son muy precisas, por lo que son utilizadas para la calibración de métodos indirectos si es que se quiere incrementar la exactitud de los valores obtenidos y con ello su confiabilidad

Conocer el estado y condición del desarrollo de la canopia constituye una información fundamental en los procedimientos destinados a estimar la productividad de los cultivos. Asimismo, esta información es relevante a los efectos de desarrollar y verificar las rutinas de crecimiento vegetal que sostienen los modelos de simulación de cultivos.

Por la importancia que tiene el LAI en caña de azúcar, el presente trabajo tiene como objetivo calcular el tamaño de muestra necesario para determinar el área foliar de los tallos presentes en un metro y de esta forma estimar el LAI.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental de la Caña de Azúcar Artemisa-Mayabeque, se utilizaron los cultivares de caña de azúcar: C1051-73, CP52-43, C90-469, C86-12, C86-56 y C323-68

Para las determinaciones del LAI se realizaron mediciones del área foliar de todos los tallos presentes en dos metros al azar por cultivar a los 120, 240, 300, 360 y 480 días de plantación, mediante el método propuesto por Ferrer (2018).

$$Aft = \frac{(Afh + 1 + Afhn)}{2} \cdot No. hojas \cdot 0.995$$

donde:

Aft- área foliar del tallo

Afh+1- área foliar de la hoja +1

Afhn- área foliar de la última hoja verde

N0. hojas- es el número de hojas del tallo

0.995- es el coeficiente de corrección

Como primer método para obtener el índice de área foliar fue sumado el área foliar de todos los tallos presentes y posteriormente se dividió por el área de siembra (1)

$$LAI = \frac{\sum_{n=1}^n Aft}{Área} \cdot Área sembrada, \left(\frac{m^2}{m^2}\right) \quad (1)$$

El segundo método consistió en obtener el tamaño de muestra para determinar el área foliar por tallos multiplicarlo por el número de tallos y dividirlo por el área de siembra (2)

Para ello se recurrió a la expresión propuesta por Escalante-Estrada & Kohashi-Shibata (1993).

$$LAI = \frac{Área foliar \cdot Densidad de población, \left(\frac{m^2}{m^2}\right)}{Área sembrada} \quad (2)$$

La densidad de población es el número de tallos presentes en el metro y el área de siembra fue de 1.6 m²

El número de tallos o tamaño de muestra para las mediciones del área foliar fue determinado mediante el cálculo de la desviación estándar en grupos desde dos hasta 9 valores de área foliar, con el programa Excel.

El promedio de los tallos medidos se colocó en la ecuación (2). Los métodos uno y dos fueron comparados mediante un análisis de correlación.

RESULTADOS

Las Figuras 1a-f muestran la desviación estándar del área foliar calculada desde dos hasta nueve muestras de los cultivares de caña de azúcar: C90-469, CP52-43, C323-68, C1051-73, C86-56 y C86-12. Como se puede observar a partir de cinco muestras los valores de la desviación estándar permanecen constantes. Por lo que el valor promedio del área foliar para cinco tallos se introdujo en la ecuación 2.

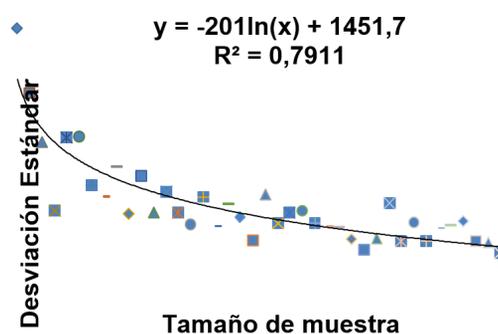
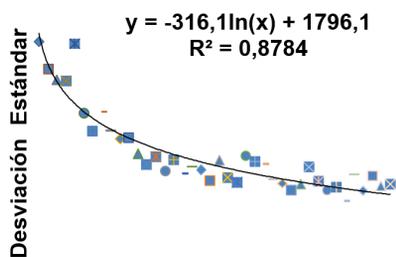


Figura 1a. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar C90-469

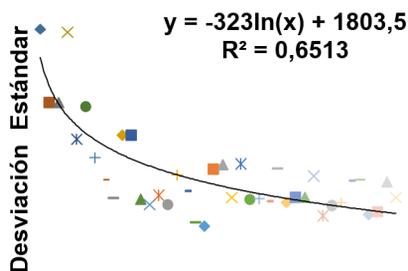
La Figura 2 representa la relación encontrada entre el índice de área foliar obtenido mediante la suma de todos los tallos de un metro (medido) y el logrado a partir del valor calculado por el tamaño de muestra (estimado)

Como se puede observar (Figura 2) para 65 pares de valores se obtuvo un buen ajuste entre los métodos, aportando un R²=0.96.



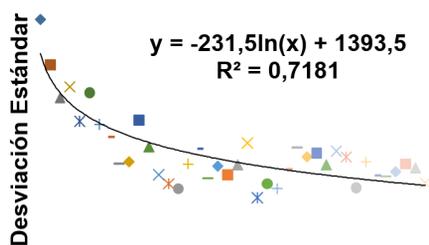
Tamaño de muestra

Figura 1b. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar CP52-43



Tamaño de muestra

Figura 1c. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar C323-68



Tamaño de muestra

Figura 1d. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar C1051-73

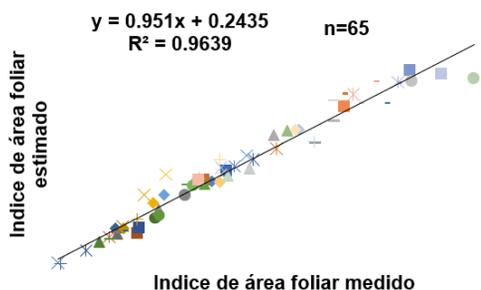


Figura 2. Relación encontrada entre el LAI medido y el estimado.

CONCLUSIONES

El índice de área foliar (LAI) de la caña de azúcar puede ser estimado directamente mediante la multiplicación del valor promedio del área foliar de cinco tallos por el número de tallos del metro y dividido por el área de siembra

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Salado, C. A., Valdez-Lazalde, J. R., Acosta, G. O., de los Santos-Posadas, H. M., & Aguirre-Salado, A. I. (2011). Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y datos SPOT 5 HRG: regresión y k-nn. *Agrociencia*, 45(1), 105-119.
- Amarilla, W. B. (2010). *Evaluación de un método indirecto para la determinación de índice de área foliar en Eucaliptus grandis hill ex maiden de Misiones y Norte de Corrientes*. [Tesis para obtener el título de Ingeniera Forestal]. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM, Eldorado, Misiones, Argentina.
- Amarilla, W. B., Fassola, H. E., & Barth, S. R. (2012). *Evaluación de un método indirecto para la determinación de índice de área foliar en Eucaliptus grandis hill ex maiden de Misiones y Norte de Corrientes*. 15 Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM - EEA Montecarlo, INTA.7, 8 y 9 de Junio de 2012, Eldorado, Misiones, Argentina.
- Escalante-Estrada, J. A. S., & Kohashi-Shibata, J. (1993). *El rendimiento y crecimiento del frijol: Manual para la toma de datos* (p. 84). Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. Centro de Botánica, México.
- Ferrer, M. (2018). Comparación de cuatro métodos para la estimación del área foliar de la caña de azúcar. *Revista Cuba & Caña*, 21(1).
- Nafarrate-Hecht, A. C. (2017). *Estimación directa e indirecta del índice de área foliar (IAF) y su modelación con LiDAR en un bosque tropical seco de Yucatán* [Tesis presentada en opción al título de Maestro en Ciencias Biológicas Opción Recursos Naturales]. Centro de Investigación Científica de Yucatán, México.
- Olivas, P. C., Oberbauer, S. F., Clark, D. B., Clark, D. A., Ryan, M., O'Brien, J. J., & Ordonez, H. (2013). Comparison of direct and indirect methods for assessing leaf area index across a tropical rain forest landscape. *Agricultural and Forest Meteorology*, 177, 110-116.
- Roberti, J. O., Bas-Nahas, S. S., Romero, J. I., Interdonato, R., Budeguer, R. F., Amado, M. E., Rodriguez, R. J., & Romero, E. R. (2014). Métodos no destructivos de estimación del área foliar de hojas individuales en dos híbridos de sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 91(1), 27-31.

Watson, D. J. (1947). Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and

within and between years. *Annals of Botany*, 11(41), 41-76.

Maira Ferrer-Reyes, Investigadora, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: maira.ferrer@inica.azcuba.cu

Javier Delgado-Padrón, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: maira.ferrer@inica.azcuba.cu

Isaías Machado-Contreras, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: maira.ferrer@inica.azcuba.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.