

### Comunicación corta

#### **ESTIMACIÓN DIRECTA DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EN CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA.**

Maira Ferrer Reyes, Javier Delgado Padrón e Isaías Machado Contreras.

#### **RESUMEN**

El Índice de Área Foliar (LAI) es una cantidad adimensional que caracteriza el canopia de un agroecosistema, determina y controla la interceptación de las precipitaciones, la radiación, el intercambio de vapor de agua y CO<sub>2</sub>. Constituye un importante factor de ajuste en los modelos de 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 1 m y de esta forma estimar el LAI. El estudio se realizó en la Estación Experimental de la Caña de Azúcar "Artemisa- Mayabeque" y 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, en 3 m 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 el 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<sup>-1</sup>, es suficiente para determinar el área de un metro. Esto constituye un ahorro considerable de tiempo si tenemos en cuenta metros con promedios de más de 20 tallos. Se recomienda incluir este resultado en el Manual de Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético.

**Palabras clave:** área foliar del tallo, caña de azúcar, tamaño de muestra

#### **Direct estimation of the index of foliar area in sugarcane in Cuba.**

#### **ABSTRAT**

The Leaf Area Index (LAI) is a dimensionless quantity that characterizes the canopy of an agroecosystem, determines and controls the interception of precipitation, radiation, and the exchange of water vapor and CO<sub>2</sub>. It is an important adjustment factor in growth models. Due to the importance of the LAI in sugarcane, the present work aims to calculate the sample size necessary to determine the leaf area of the stems present in 1 m and thus estimate the LAI. The study was carried out at the "Artemisa-Mayabeque" Sugarcane Experimental Station, using the following sugarcane cultivars 'C1051-73', 'CP52-43', 'C90-469', 'C86-12', 'C86-56' and 'C323-68'. The leaf area of all the stems was measured in 3 m at random. The number of stems or sample size for 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 9 leaf area values, with the Excel program. It was determined that just measuring five stems \*m<sup>-1</sup> is enough to determine the area of one meter. This constitutes a considerable saving of time if we take into account meters with averages of more than 20 stems. It is recommended to include this result in the Manual of Procedures of the Genetic Improvement Program.

---

MSc. Maira Ferrer Reyes, Investigador Auxiliar de Protección de Plantas del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Km 1½ Carretera a la CUJAE, Boyeros, La Habana, Cuba. E-mail: [maira.ferrer@inica.azcuba.cu](mailto:maira.ferrer@inica.azcuba.cu)

**Key word:** stem leaf area, sugarcane, sample size

## 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 (Valverde y Arias, 2020). Cabe señalar que esta definición está vigente y es utilizada por diferentes investigadores (Nafarrate, 2017).

El tejido foliar juega un papel clave en procesos de intercambio de energía y gases (ej. CO<sub>2</sub> y vapor de agua) entre el ecosistema terrestre y la atmósfera. Conocer la cantidad y distribución espacial de dicho tejido es fundamental para poder estimar la interceptación de radiación solar, de agua de lluvia y por lo tanto, la fotosíntesis, transpiración y respiración de las hojas (Olivas *et al.*, 2013 e Intagri, 2016).

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 (Mendoza *et al.*, 2017 y Hernández *et al.*, 2021).

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, ya sea a partir del relevamiento de campo tradicional, como así también para efectuar evaluaciones por medio de teledetección satelital. 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 (Rodríguez *et al.*, 2019).

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

El estudio 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).

$$Aft = \frac{(Afh+1 + Afn)}{2} * \text{No. hojas} * 0.995$$

Donde:

Aft: área foliar del tallo

Afh+1: área foliar de la hoja +1

Afn: área foliar de la última hoja verde

No. hojas: número de hojas del tallo

0.995: 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):

$$LAI = \left( \sum_{n=1}^{n+1} Aft \right) / \text{Areasembrada}(1)$$

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 y Kohashi (1993):

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

La densidad de población es el número de tallos presentes en el metro y el área de siembra fue de 1,6 m<sup>2</sup>

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 nueve valores de área foliar, con el programa Excel. El promedio de los tallos medidos se colocó en la expresión (2). Los métodos uno-dos fueron comparados mediante un análisis de correlación.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 (a-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 ver 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 expresión 2.

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 para 65 pares de valores se obtuvo un buen ajuste entre los métodos, aportando un R<sub>2</sub>=0,96.

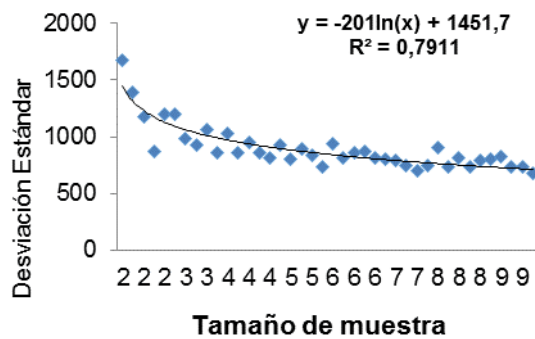
### CONCLUSIONES

El LAI de la caña de azúcar puede ser estimado directamente mediante la multiplicación del valor promedio del área foliar de cinco tallos por el

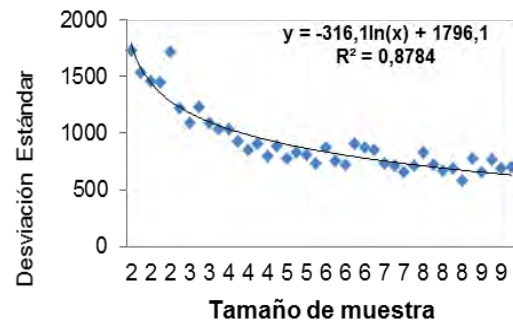
número de tallos del metro y dividido por el área de siembra.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

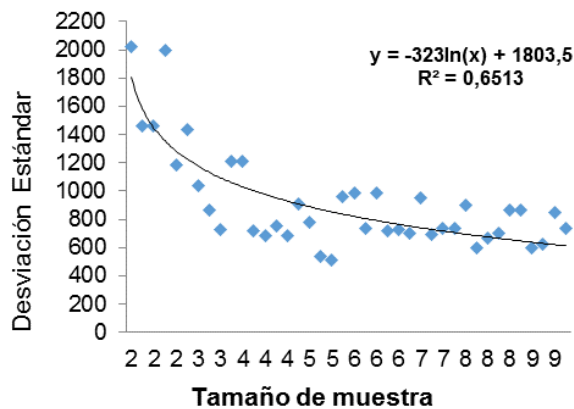
- Escalante, E.J.A. y Kohashi, S.J. (1993). El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Posgraduados, Montecillo. 84 p.
- Ferrer, M. (2018). Comparación de cuatro métodos para la estimación del área foliar de la caña de azúcar. Revista Cuba Caña, 21(1), enero- junio. ISSN:1028-6527.
- Hernández, A.; Valdez, J.R.; Pérez, G.A.; de los Santos, H.; Hernández, J.; Peduzzi, A. y Carrero, O. (2021). Medición del índice de área foliar y su dinámica estacional en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake Rev. Mex. de Ciencias Forestales, 12(63). enero – febrero. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.808>.
- Intagri (2016). El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz. Intagri. Gto. México. 3 p.
- Mendoza, C.; Ramírez, C.; Ojeda, W. y Flores, H. (2017). Estimación de índice de área foliar y rendimiento de chile poblano cultivado en invernadero Ing. Agric. Biosist., 9(1). Chapingo ene./jun. Epub: 28-Ago-2020. ISSN versión digital: 2007-4026.
- Nafarrate, A.C.H. (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. Mérida, Yucatán, México.
- Olivas, P.C.; Oberbauer, S.F.; Clark, D.B.; Ryan, M.G.; O'Brien, J.J. y Ordoñez, O. (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.



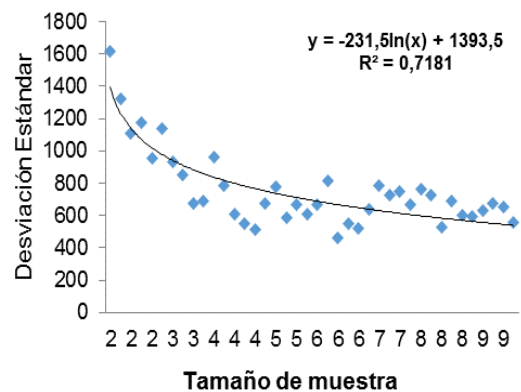
a. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar 'C90-469'



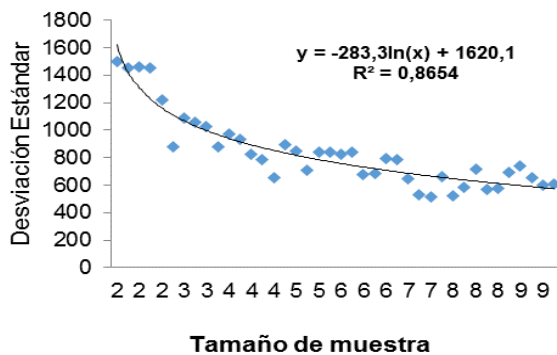
b. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar 'CP52-43'



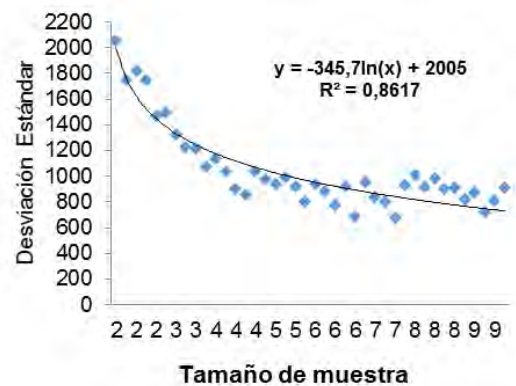
c. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar 'C323-68'



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

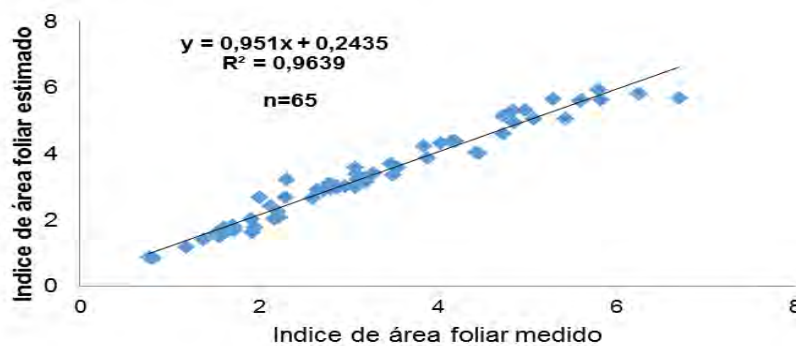


e. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar 'C86-56'



f. Determinación del tamaño de muestra para el Índice de área foliar en el cultivar 'C86-12'

**Figura 1.** Desviación estándar del área foliar calculada. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



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

Rodríguez, R.; Sánchez, M.; Fajardo, D. y Zepeda, R. (2019). Metodología para obtener mapas del índice de área foliar en cultivos de caña de azúcar. Revista Ingeniantes, Año 6, No. 2, Vol. 2.

Valverde, J.C. y Arias, D. (2020). Evaluación del índice de área foliar con método indirecto y directo en distintas condiciones ambientales en plantaciones dendroenergéticas de *Eucalyptus tereticornis* Sm. Madera bosques,

26(2), Xalapa. Epub 03-Jul- ISSN version impresa: 1405-0471.

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 between Year. Ann. Bot. 11, 41–76. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083148.2>.

Fecha de recepción: 22 noviembre 2021

Fecha de aceptación: 4 mayo 2022

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

