

## Dinámica del crecimiento en los cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374, con fines forrajeros

Yoslen Fernández Gálvez<sup>1</sup>, Yaima de las Mercedes Daniel Ortega<sup>2</sup>, Redimio Manuel Pedraza Olivera<sup>3</sup>, Yoslen Fernández Caraballo<sup>4</sup>, Modesto Salvador Ponce Hernández<sup>5</sup> & Arelys Valido Tomes<sup>6</sup>

<sup>1</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7824-9215>, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Florida, Provincia Camagüey, Cuba, <sup>2</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0187-870X>, Universidad de Camagüey, Departamento de Agronomía, Cuba, <sup>3</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9483-4326>, Universidad de Camagüey, Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA), Cuba, <sup>4</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1656-8034>, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Florida, Provincia Camagüey, Cuba, <sup>5</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4712-9982>, Universidad de Camagüey, Departamento de Agronomía, Cuba, <sup>6</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1959-9554>, Universidad de Camagüey, Departamento de Agronomía, Cuba.

Citación: Fernández Gálvez, Y., Daniel Ortega, Y. de las M., Pedraza Olivera, R. M., Fernández Caraballo, Y., Ponce Hernández, M. S., & Valido Tomes, A. (2021). Dinámica del crecimiento en los cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374, con fines forrajeros. *Agrisost*, 27(3), 1–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7920618>

Recibido: 11 junio 2021

Aceptado: 23 octubre 2021

Publicado: 1 diciembre 2021

Financiamiento: No se declara.

Conflictos de interés: No se declaran conflictos de interés.

Correo electrónico: [yoslen@eticacm.azcuba.cu](mailto:yoslen@eticacm.azcuba.cu)

### Resumen

**Contexto:** El análisis de crecimiento vegetal, es una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa. La determinación de índices de crecimiento posibilita identificar las adaptaciones en las plantas a diferentes condiciones edafoclimáticas, y dentro de estas respuestas seleccionar las más promisorias.

**Objetivo:** Con el objetivo de caracterizar la dinámica del crecimiento en los cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374, con fines forrajeros.

**Métodos:** Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Se evaluaron los indicadores de crecimiento: área foliar; índice de área foliar; tasa de crecimiento del cultivo y tasa de asimilación neta de forma mensual, desde los 181 días (febrero) y hasta los 342 días (julio) posteriores a la plantación. Se realizaron correlaciones para determinar el modelo de mejor ajuste para cada uno de los indicadores evaluados en los dos cultivares, así como análisis de varianza de las regresiones.

**Resultados:** El cultivar C97-366 se ajustó a un modelo lineal para los indicadores índice de área foliar; tasa de crecimiento del cultivo y tasa de asimilación neta y para el área foliar a un modelo polinomial. El C99-374 se ajustó a un modelo polinomial para los indicadores de crecimiento área foliar; tasa de crecimiento del cultivo y tasa de asimilación neta y para el índice de área foliar a un modelo lineal.

**Conclusiones:** Los cultivares C97-366 y C99-374 poseen características genéticas y morfológicas que permiten realizar de una forma eficiente los procesos fisiológicos que determinan una buena producción de biomasa.

**Palabras clave:** Área foliar, índice de área foliar, tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo.

## Growth dynamics in sugarcane cultivars C97-366 and C99-374, for fodder purposes

### Abstract

**Context:** The analysis of plant growth, is a tool of great value to know the formation and accumulation of biomass. The determination of growth indexes makes it possible to identify plant adaptations to different soil and climate conditions, and within these responses select the most promising.

**Objective:** In order to characterizing the growth dynamics in sugarcane cultivars C97-366 and C99-374, for forage purposes.

**Methods:** A random block design with three replicas was used. Growth indicators were evaluated: leaf area; leaf area index; crop growth rate and net assimilation rate on a monthly basis, from 181 days (February) to 342 days (July) after planting. Correlations were made to determine the best fit model for each of the indicators evaluated in the two cultivars, as well as analysis of variance of the regressions.

**Results:** The cultivar C97-366 was adjusted to a linear model for the indicators leaf area index; crop growth rate and net assimilation rate; and for the leaf area to a polynomial model. The C99-374 was adjusted to a polynomial model for the growth indicators Foliar Area; Crop Growth Rate and Net assimilation rate and for the leaf area index to a linear model.

**Conclusions:** The cultivars C97-366 and C99-374 possess genetic and morphological characteristics that allow performing in an efficient way the physiological processes that determine a good biomass production.

**Key words:** *Leaf area, leaf area index, net assimilation rate, crop growth rate.*

## Introducción

El análisis de crecimiento vegetal, es una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa (Wilson García et al., 2017). Debido al gran número de variables usadas para explicar el crecimiento y desarrollo de plantas, el tiempo usado para su determinación, la variabilidad presentada por las variables, debido a los diferentes factores de manejo y ambientales, se han establecido diferentes índices para hacer más fácil el trabajo y la interpretación de los resultados (Fortes et al., 2014).

Los índices de crecimiento, como el área foliar, índice de área foliar, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, entre otros, constituyen indicadores que permiten describir cuantitativamente el crecimiento. Sus componentes son relativamente simples y permiten analizar y comparar la habilidad de las especies vegetales para crecer y desarrollarse en un determinado ambiente con respecto al tiempo (Lambers et al., 2008).

La caña de azúcar es el cultivo de mayor producción de biomasa útil para la alimentación de rumiantes. En cultivares seleccionados en secano, solo necesita irrigación durante el establecimiento. Expresa altos rendimientos con poca fertilización química en el trópico húmedo y subhúmedo. Es la única poácea que incrementa el contenido de nutrientes con la edad. Evita los gastos de conservar los excedentes del período lluvioso y de los cortes de forraje en esta época. Posee una alta variabilidad genética, de modo que existen cultivares para la mayoría de los ambientes tropicales y subtropicales. Posee una amplia adaptación de los cultivares a todas las condiciones edafoclimáticas. Las plantaciones pueden ser productivas por muchos años cuando son bien manejadas. La cosecha puede ser mecanizada o manual con alta productividad en ambos métodos (Bastidas et al., 2012; Siqueira et al., 2012; Ramírez-Cathí et al., 2014; Bezerra et al., 2017; Salazar-Ortíz et al., 2017).

De acuerdo con Bastidas et al. (2012) la evaluación agronómica de especies forrajeras no se debe basar únicamente en la cosecha final del producto, ya que esto no permite conocer el efecto particular de los factores ambientales sobre la capacidad productiva de las plantas a lo largo de su ciclo biológico. Por eso es de gran importancia describir su comportamiento fisiológico, la producción y la composición nutricional (Bárcena et al., 2009). Por tal motivo, el análisis de crecimiento vegetal, constituye una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa, determinada por los factores internos de la planta y por el ambiente en que se desarrolla (Calzada et al., 2014).

Este trabajo persigue como objetivo caracterizar la dinámica del crecimiento en los cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374, con fines forrajeros.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en áreas de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Oriental Camagüey. La misma se encuentra situada en el municipio Florida, provincia Camagüey, Cuba, en las coordenadas geográficas: 21° 31' de Latitud Norte y los 78° 04' de Longitud Oeste, a los 57,08 m.s.m.m. El experimento de campo se plantó en un suelo Pardo con carbonatos según Hernández et al. (2015).

Las variables climáticas se registraron en la Estación Agrometeorológica de Florida, ubicada a 600 m del experimento de campo. La humedad relativa durante el estudio se comportó con una media de 76,59 %, la temperatura promedio con un valor de 25,6 °C. El total de precipitaciones fue de 1 203,6 mm con 105 días lluvia.

Se evaluaron los cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374 seleccionados para la producción de

forraje por el Departamento de Fitomejoramiento de la ETICA Centro Oriental de Camagüey. El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con tres réplicas. El área de cada unidad experimental fue de 63 m<sup>2</sup> (14 m x 4,5 m) con tres surcos de 14 m de largo por cultivar. La plantación se produjo en la segunda quincena del mes de agosto de 2014 en condiciones de secano. Las labores agrotécnicas se realizaron según las normas establecidas para el cultivo (Santana et al., 2014).

Se evaluaron los indicadores de crecimiento de la planta: área foliar, índice de área foliar, tasa de crecimiento del cultivo y tasa de asimilación neta. Las evaluaciones se realizaron de forma mensual, los muestreos comenzaron a partir del mes de febrero de 2015 a los 181 días de edad y hasta julio del mismo año con 342 días posteriores a la plantación. Por réplica se tomaron tres muestras representativas por cultivar en cada una de las edades evaluadas. Cada muestra estuvo representada por un tallo con hojas y cogollo, el cual se cortó a ras de suelo con el uso del machete.

Se consideraron hojas activas aquellas que tenían más del 50 % de su área fotosintéticamente activa. Se determinó la masa seca de las láminas y vainas de las hojas activas, de los cogollos y los tallos. Todas las partes del vegetal se pesaron por separado en balanza técnica para determinar la masa fresca y se fraccionaron; después fueron expuestos al sol dentro de un invernadero, en la cual se alcanzaron unos  $\pm 7$  °C por encima de la temperatura ambiente. Después que perdieron gran parte de la humedad, se secaron en la estufa a 65 °C hasta peso constante; se determinó la masa seca de todas las partes de las plantas. Sumando las biomásas (masas secas) se determinó el peso total por individuo.

En la determinación de todos los indicadores de crecimiento, incluyendo el área foliar se emplearon los resultados del promedio de los nueve individuos por cultivar. El análisis de crecimiento se realizó según Kvet et al. (1971), de la forma siguiente:

#### **Determinación del Área foliar: (A)**

Para conocer el área foliar total por individuo a cada una de las láminas activas se midió el largo y ancho de las láminas. El área de cada lámina se calculó multiplicando el largo por el ancho y por el factor 0,7 (Lerch et al., 1977). La suma de todos los valores

representa el área foliar de cada individuo expresada en cm<sup>2</sup>.

$$A = ANLB \times LGLB \times 0,70$$

- ANLB = Ancho del limbo, tomado en la porción más ancha de la lámina, expresado en cm, con una precisión hasta 1 mm.
- LGLB = Largo del limbo, medido desde el ápice hasta la inserción de la vaina expresado en cm, con una precisión hasta 1 mm.

#### **Determinación del Índice de Área Foliar: (IAF)**

Se calculó dividiendo el área foliar expresada m<sup>2</sup> entre el área del terreno.

$$IAF = A / At \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$$

- A = Área foliar de las hojas con más del 50 % de la lámina foliar activa (m<sup>2</sup>).
- At = Área del terreno (m<sup>2</sup>).

#### **Determinación de la Tasa de crecimiento del cultivo: (TCC)**

Se calculó dividiendo la diferencia de la masa seca total de la planta entre el producto del área del terreno por la diferencia del tiempo que media entre un muestreo y otro.

$$TCC = W_2 - W_1 / At \text{ (t}_2 - \text{t}_1\text{) (g m}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)}$$

- W<sub>1</sub> = Masa seca total de la planta en el tiempo 1. (g).
- W<sub>2</sub> = Masa seca total de la planta en el tiempo 2. (g).
- t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub> = Intervalo de tiempo transcurrido durante la evaluación (días).
- At = Área del terreno (m<sup>2</sup>).

#### **Determinación de la Tasa de Asimilación Neta: (TAN)**

Se calculó el doble de la diferencia de la masa seca total de la planta y se dividió entre el producto de la suma de las áreas foliares por la diferencia del tiempo que media entre un muestreo y el otro.

$$\text{TAN} = 2 \times (\text{W}_2 - \text{W}_1) / (\text{A}_1 + \text{A}_2) (t_2 - t_1) \text{ (mg cm}^{-2} \text{ día}^{-1}\text{)}$$

- $\text{W}_1$  = Masa seca total de la planta en el tiempo 1 (g).
- $\text{W}_2$  = Masa seca total de la planta en el tiempo 2 (g)
- $\text{A}_1$  = Área foliar de las hojas con más del 50% de la lámina foliar activa en el tiempo 1 ( $\text{cm}^2$ ).
- $\text{A}_2$  = Área foliar de las hojas con más del 50% de la lámina foliar activa en el tiempo 2 ( $\text{cm}^2$ )
- $t_2 - t_1$  = Intervalo de tiempo transcurrido durante la evaluación (días).

Para el procesamiento estadístico se creó una base de datos con toda la información obtenida en las evaluaciones realizadas. Se efectuaron análisis de correlaciones para determinar los modelos matemáticos que describen los indicadores de crecimiento evaluados, así como análisis de varianza para validar las ecuaciones de los modelos obtenidos. El procesamiento estadístico se realizó con el uso del paquete estadístico STATGRHAPICS Centurion para Windows, versión 15.1 (2006).

## Resultados y discusión

El área foliar (A) describe el tamaño del órgano de asimilación (hoja) de una planta. Su desarrollo es crucial en la producción del cultivo al maximizar la intercepción de la radiación solar y acumulación de biomasa (Endres et al., 2018).

En la Fig. 1 se puede observar el comportamiento de este indicador de crecimiento (A) en los cultivares C97-366 y C99-374 desde los 181 y hasta los 342 días posteriores a la plantación. Como se aprecia los cultivares de caña de azúcar se ajustaron a una ecuación polinómica de tercer orden, con significativos ( $p < 0,05$ ) coeficientes de determinación ( $r^2 = 98,41$  y  $r^2 = 98,42$ ) que validan este modelo.

También se observa que el comportamiento del área foliar es muy variable durante el estudio, los menores valores se obtienen en las dos primeras evaluaciones, las cuales coinciden con los meses de febrero y marzo a las edades de plantación de 181 y 215 días. De forma particular el cultivar C99-374 alcanza el mayor valor de este indicador a los 342 días ( $52,29 \text{ dm}^2$ ) y el C97-366 a los 277 días ( $49,87 \text{ dm}^2$ ).

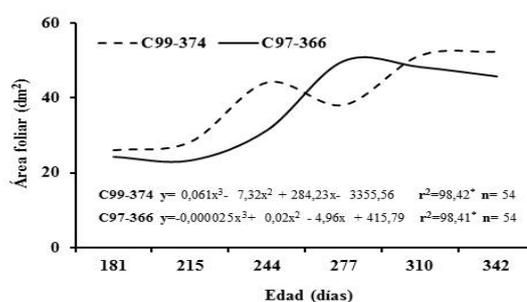


Fig. 1. Comportamiento del indicador área foliar (A)

Estos resultados se atribuyen a las condiciones climáticas que prevalecieron durante el estudio, donde las precipitaciones mensuales y la temperatura media mensual tienen un importante peso en el crecimiento del cultivo de la caña de azúcar (Fig. 2).

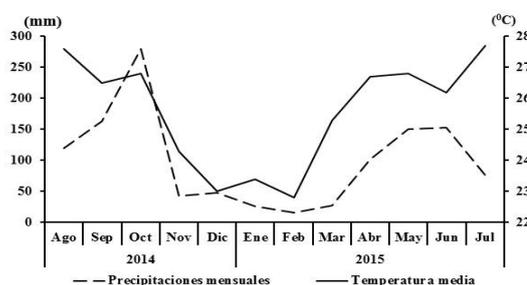


Fig. 2. Comportamiento de las variables climáticas durante el estudio

La Fig. 2 corrobora lo planteado anteriormente, en los meses de febrero y marzo se produjeron los menores registros de precipitaciones y de temperatura media, los que fueron superiores en los siguientes meses evaluados.

Estos resultados confirman lo publicado por Ejaz et al. (2011) que el agua no siempre está disponible en la cantidad deseada en cada una de las fases de crecimiento del cultivo y muy importante es que la presencia de estrés hídrico no solo trae consigo reducción en el área foliar, sino que también provoca pérdidas considerables del rendimiento.

Torres (2006) obtuvo inferiores valores de área foliar en un estudio de indicadores del crecimiento de tres cultivares comerciales de caña de azúcar desarrollado en iguales condiciones edafoclimáticas y cuyas evaluaciones pertenecientes al ciclo de plantación de frío coincidieron con las realizadas en este estudio.

Resultado que es de gran valor práctico, ya que demuestra la alta producción de biomasa verde perteneciente al follaje que manifiestan los dos nuevos cultivares de caña de azúcar (C97-366 y C99-374) seleccionados para ser utilizados como forraje en la alimentación de rumiantes.

Los altos valores de área foliar alcanzados por los dos nuevos cultivares en el estudio (abril-julio), que coinciden con el período de gran crecimiento del cultivo son muy importantes para el fin que se pretenden utilizar (forraje), si se tiene en cuenta lo publicado por Echarte et al. (2008) al manifestar que un incremento en el área foliar conduce a un incremento en la tasa de acumulación de materia seca (porque la intercepción de la luz está directamente relacionada con la duración del área foliar durante esta fase de desarrollo) y un incremento en la acumulación de materia seca conduce a un incremento en el área foliar (porque la proporción de materia seca situada en las hojas se mantiene bastante constante).

El IAF permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada (Endres et al., 2018). En la Fig. 3 se puede observar el comportamiento de este indicador (IAF) en los cultivares C97-366 y C99-374 desde los 181 y hasta los 342 días posteriores a la plantación.

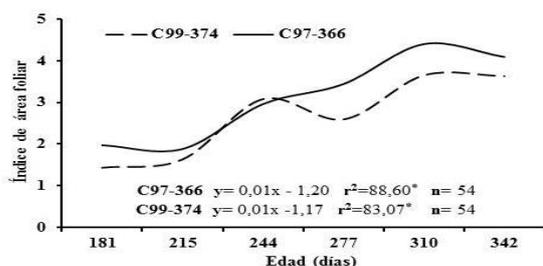


Fig. 3. Comportamiento del indicador de crecimiento índice de área foliar (IAF)

Como se aprecia los cultivares de caña de azúcar se ajustaron a una ecuación lineal, con significativos ( $p < 0,05$ ) coeficientes de determinación ( $r^2 = 83,07$  y  $r^2 = 88,60$ ) que validan este modelo. La ecuación lineal obtenida indica desde el punto de vista biológico que ambos cultivares aumentan diariamente  $0,01 \text{ m}^2$  de superficie foliar por cada  $\text{m}^2$  de área de terreno (Fig. 3).

Estos resultados obtenidos en el estudio se pueden también atribuir a las condiciones climáticas que prevalecieron durante el desarrollo del mismo (Fig. 2), ya que a medida que se realizaban las evaluaciones mensuales las precipitaciones y las temperaturas registradas propiciaron condiciones favorables para el desarrollo del cultivo.

El valor de IAF manifestado por el cultivar C97-366 a los 277 días se puede considerar óptimo (3,44) y de esta edad de plantación y hasta los 342 días los valores se encuentran superiores al óptimo. Para el caso particular del C99-374 a los 244 días alcanzó el valor óptimo (3,08), a las edades de 310 y 342 días

los valores superaron el rango óptimo para el cultivo (Fig. 3). Todos estos criterios se sustentan según lo publicado por Hui et al. (2009) al plantear que la canopia del cultivo de la caña de azúcar perteneciente a las seis hojas superiores interceptan el 70 % de la radiación solar y que la tasa fotosintética de las hojas más bajas disminuye debido al sombreo mutuo. Por lo tanto, para una efectiva utilización de la energía solar un IAF dentro del rango de 3,0 - 3,5 es considerado óptimo.

En un estudio donde se evaluaron tres cultivares de caña de azúcar, de diferentes dinámicas madurativas, en dos ciclos de plantación, Torres et al. (2015) publicaron valores medios de IAF de 2,47 y  $2,55 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  pertenecientes a los ciclos de primavera y frío, respectivamente. Los dos nuevos cultivares forrajeros superaron estos resultados con incrementos superiores al 60 % de este indicador. Lo que demuestra las potencialidades de estos dos genotipos para el fin que fueron seleccionados, es decir para la producción de biomasa. Al ser este indicador de gran importancia en la estimación del rendimiento en caña de azúcar, por estar relacionado con la intercepción de la radiación y precipitaciones, conversión de energía y balance del agua (Srinivasan et al., 2017; Endres et al., 2018). Por su parte, Jun et al. (2013) encontraron una correlación positiva entre el IAF y la acumulación de materia seca.

En la Fig. 4 se puede observar el comportamiento del indicador TCC en los cultivares C97-366 y C99-374 desde los 181 y hasta los 342 días posteriores a la plantación. Como se aprecia el cultivar C99-374 se ajustó a una ecuación polinómica de tercer orden y el C97-366 a una ecuación lineal. Ambos cultivares mostraron significativos ( $p < 0,05$ ) coeficientes de determinación ( $r^2 = 98,68$  y  $r^2 = 91,47$ ) que validan los modelos.

Estos resultados evidencian que los genotipos en estudio no tienen el mismo comportamiento en el tiempo con respecto a la TCC, lo cual se corrobora por lo publicado por Calheiros et al. (2012) que es un parámetro complejo determinado por un número de componentes fisiológicos, morfológicos y de aumento de biomasa de cada genotipo en particular.

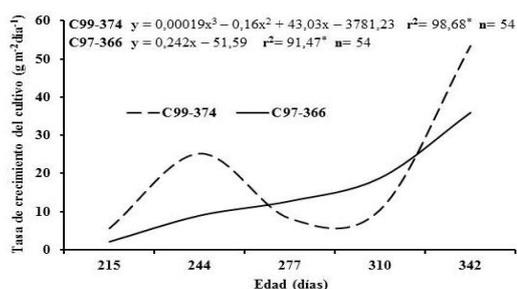
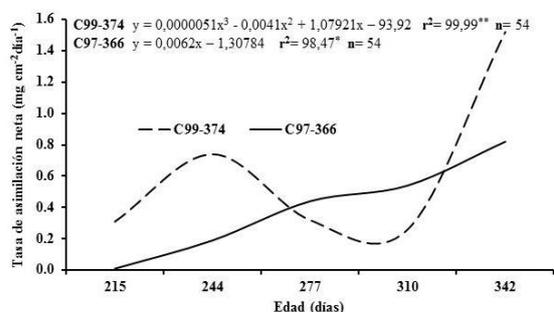


Fig. 4. Comportamiento del indicador de crecimiento tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

En la Fig. 5 se puede observar el comportamiento del indicador TAN en los cultivares C97-366 y C99-374 desde los 181 y hasta los 342 días posteriores a la plantación. Como se aprecia el cultivar C99-374 se ajustó a una ecuación polinómica de tercer orden y el C97-366 se ajustó a una ecuación lineal. Ambos cultivares mostraron significativos ( $p < 0,05$ ) coeficientes de determinación ( $r^2 = 99,99$  y  $r^2 = 98,47$ ) que validan los modelos.



**Fig. 5.** Comportamiento del indicador de crecimiento tasa de asimilación neta (TCC)

En las últimas evaluaciones ambos cultivares manifiestan un incremento de este indicador (TAN), comportamiento que se puede atribuir al incremento de las precipitaciones en volumen y en días lluvias, así como el aumento de la temperatura media registrada en los meses precedentes (mayo-junio). Lo que reafirma lo publicado por Larios (2016) al señalar la importancia que tienen los factores climáticos en la producción de biomasa y acumulación de materia seca en el cultivo de la caña de azúcar.

Este indicador es de gran importancia desde el punto de vista forrajero, ya que representa la velocidad de incremento del peso seco de la planta por unidad de área foliar. Este aumento de peso neto es el resultado del balance entre los procesos de fotosíntesis y respiración (Barrera et al., 2010).

Torres (2006) publicó resultados inferiores de TCC y TAN en un estudio de tres cultivares comerciales de caña de azúcar. Lo que evidencia que los nuevos cultivares forrajeros poseen características morfológicas que le permiten desde el punto de vista fisiológico ser más eficientes para la producción de biomasa.

## Conclusiones

Los cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374, con fines forrajeros poseen características genéticas y morfológicas que permiten realizar de una forma eficiente los procesos fisiológicos que determinan una buena producción de biomasa para la alimentación de rumiantes.

## Contribución de los autores

Yoslen Fernández Gálvez: planeación de la investigación, montaje en la plantilla, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Yaima de las Mercedes Daniel Ortega: planeación de la investigación, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Redimio Manuel Pedraza Olivera: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Yoslen Fernández Caraballo: montaje y evaluación del experimento, análisis de resultados, interpretación de los mismos.

Modesto Ponce Hernández: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Arelys Valido Tomes: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

## Conflictos de interés

No existe ningún conflicto de interés declarado por los autores.

## Referencias

- Bárcena, G. R., Hernández, P. A., Meneses, M., Ramírez, E., Crosby, M. M., & Lee, A. (2009). *Guía Práctica. Composición nutrimental y valor nutritivo de los forrajes del Estado de Puebla*. Fundación PRODUCE.
- Bastidas, L., Rea, R., De Sousa Vieira, O., Hernández, E., & Briceño, R. (2012). Análisis de variables agronómicas en cultivares de caña de azúcar con fines azucareros, paneleros y forrajeros. *Bioagro*, 24(2), 135-142. <http://bioagrojournal.com/index.php/path/article/view/142/143>
- Bezerra, J. D. C., Ferreira, G. D. G., Campos, J. M. de S., Oliveira, M. W. de, Andrade, A. P. de, & Nascimento Júnior, J. R. S. do. (2017). Biometric and chemical characteristics of sugarcane varieties for use as forage in limiting soil water conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(5), 384-392. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000500003>
- Calheiros, A., Oliveira, M., Ferreira, V., Barbosa, G., Santiago, A., & Aristides, E. (2012). Production of biomass, from sugar and protein in function of sugarcane varieties and phosphorous fertilization. *Semin. Cien. Agrar*, 3(12), 809-818. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p809>

- Calzada, J., Enríquez, J., Hernández, A., Ortega, E., & Mendoza, S. (2014). Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en climas cálidos subhúmedos. *Cienc Pecu*, 5 (2), 247-260. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242014000200009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242014000200009&script=sci_arttext)
- Endres, L., dos Santos, C. M., de Souza, G. V., Menossi, M., & dos Santos, J. C. M. (2018). Morphological changes recorded in different phenophases of sugarcane plants subjected to water stress in tropical field conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 12(07), 1041-1050. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.881611792651534>
- Fortes, D., Herrera, R., García, M., Cruz, A., & Romero, A. (2014). Growth analysis of the *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT- 115 in the biomass bank technology. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(2), 167-172. [www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/download/477/444](http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/download/477/444)
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., & Castro, S. N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Ediciones INCA. <http://ediciones.inca.edu.cu/>
- Hui, L., Jinsong, C., Zhiyuan, P., Songling, Z., & Xianzhi H. (2009). Monitoring Sugarcane Growth Using ENVISAT ASAR Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47 (8), 2572-2580. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4838866>
- Jun, L., Youxiong, Q., Hua, Z and Liping, X. (2013). Seasonal Variation of the Canopy Structure Parameters and Its Correlation with Yield-Related Traits in Sugarcane. *Scientific World Journal*, 80(1), 486-490. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/801486>
- Kvet, J., Ondok, J.P., Necas, J., & Jarvis, P. G. (1971). Methods of growth analysis. En *Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods*. Dr. W., Junk, N. V. Publishers.
- Lambers, H., Chapin, F., & Pons, T. (2008). *Plant physiological ecology*. (2da.ed). New York, EE. UU: Springer - Verlag. [http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo\\_thumb/Plant-Physiological-Ecology-by-Hans-Lambers--2008-.pdf](http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Plant-Physiological-Ecology-by-Hans-Lambers--2008-.pdf)
- Larios, M. (2016). *Calidad nutricional de tres forrajes tropicales cosechados a diferentes edades de corte en Zamorano, Honduras*. (Trabajo de grado, Ingeniero Agrónomo). Escuela "Agrícola Panamericana", Tegucigalpa, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5854/1/CPA-2016-T059.pdf>
- Lerch, G., Reyes, R., García, R., & Leal, P. (1977). Crecimiento, desarrollo, y variación del índice refractométrico (Brix) en seis variedades destacadas de caña de azúcar. *Ciencias de la agricultura*, 1(6), 79-105.
- Ramírez-Cathí, H., Salcedo-Martínez, A. C. C., Briones-Encinia, F., Cárdenas-Lara, A., Lucero-Magaña, F. A., Marcof-Álvarez, C. Sánchez-del Real, C., & Martínez-González J. C. (2014). Sugar cane tops (*Saccharum officinarum*) in the finalization of pelibuey sheep during the dry season in the tropics. *International Journal of Research. Agriculture and Food Sciences*, 2(1), 21-25. [http://ijsk.org/uploads/3/1/1/7/3117743/4\\_animal\\_husbandry.pdf](http://ijsk.org/uploads/3/1/1/7/3117743/4_animal_husbandry.pdf)
- Salazar-Ortiz, J., Trejo-Téllez, L.I., Valdez-Balero, A., Sentíes-Herrera, H.E., Rosas- Rodríguez, M., Gallegos-Sánchez, J., Crosby-Galván, M.M., & Gómez-Merino, F. C. (2017). Caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la alimentación de rumiantes: experiencias generadas con cañas forrajeras. *Agroproductividad*, 10(11), 70-75. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/62/57>
- Santana, I., Santos, J., Guillén, S., Sánchez, M., Velarde, E., Jorge, H., Sulroca, F., De, M., Benítez, L., Zambrano, Y., & Acevedo, R. (2014). *Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar*. Pueblo y Educación.
- Siqueira, G. R., Roth, M. de T. P., Moretti, M. H., Benatti, J. M. B., & Resende, F. D. de. (2012). Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(4), 991-1008. <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/QBnZRT7gc4TfPwdBNSDH57j/?format=pdf&lang=pt>
- Srinivasan, V., Kumar, P., & Long, S.P. (2017). Decreasing, not increasing, leaf area will raise crop yields under global atmospheric change. *Global Change Biol.*, 23(4), 1626–1635. <https://doi.org/10.1111/gcb.13526>
- STATGRAPHICS Centurion/PC para Windows Paquete estadístico. Versión. 15.1. [Programa de computación]. (2006). [s.n.].
- Torres, I. (2006). *Indicadores de desarrollo en tres variedades de caña de azúcar (Saccharum híbrido) plantadas en primavera y frío*. (Tesis de Maestría). Universidad de La Habana.
- Torres, I., Valladares, F., Montalván, J., Fernández, Y., Noy, A., Padrón, M. Pousa, I., Díaz, C., Quiñones, I., León, P., Cervantes, O., & Hernández, J. (2015). *Indicadores fisiológicos como herramienta para la selección de cultivares en caña de azúcar*.

(Ponencia). XXXVII CONVENCION Y EXPOATAM. Veracruz, México.  
<https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/3-VARIEDADES-2015.pdf>

Wilson García, C. Y., Hernández Garay, A., Ortega Cerrilla, M. E., López Castañeda, C., Bárcena Gama, R., Zaragoza Ramírez, J. L., & Aranda Osorio, G. (2017). Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo*, 49(2), 79–92.  
<https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCFA/article/view/3042>