

Respuesta agronómica de cuatro variedades de caña de azúcar en los Llanos Orientales de Colombia

Agronomic response of four sugarcane varieties in Eastern Plains of Colombia

Álvaro Rincón Castillo¹, Julio Jairo Becerra Campiño²

¹ Corporación colombiana de investigación agropecuaria – Agrosavia. ✉ arincon@agrosavia.co

² Corporación colombiana de investigación agropecuaria – Agrosavia. ✉ jbecerra@agrosavia.co

Rec.: 2018-02-27. Acep.: 2020-01-09

Resumen

En un Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia se establecieron y evaluaron tres variedades de caña de azúcar Cenicaña Colombia (CC) (CC 8475, CC 833895, CC 8592) y una de República Dominicana (RD 7511) con el objeto de determinar la producción de biomasa y el área foliar. En un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, cada mes, entre los 7 y 11 meses de edad de cultivo, fueron evaluados el desarrollo agronómico, la producción de biomasa verde, la concentración de sacarosa y el área foliar. La producción total de biomasa (hoja + tallo) fue más alta ($P < 0.05$) en las variedades CC8475 y RD7511, con rendimientos de 110 y 106 t/ha, y 170 y 161 t/ha a 7 meses y 11 meses de edad de cultivo, respectivamente. Se encontró una alta correlación ($r^2 > 0.90$) entre el área foliar medida con planímetro y el producto obtenido de largo x ancho de la hoja en las cuatro variedades evaluadas. No se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre los promedios de área/tallo (6000 cm²) en las variedades. Los resultados obtenidos muestran que las variedades más productivas en la región fueron CC8475 y RD7511.

Palabras clave: Área foliar; Biomasa; Grados brix; Oxisol; Suelos ácidos.

Abstract

In an Oxisol in the Eastern Plains of Colombia, three varieties of sugar cane Cenicaña Colombia (CC) (CC 8475, CC 833895, CC 8592) and one from the Dominican Republic (RD 7511) were established and evaluated in order to determine the production biomass and leaf area. In a randomized complete block design with three replications, each month, between 7 and 11 months after sowing, agronomic development, green biomass production, sucrose concentration and leaf area were evaluated. The total biomass production (leaf + stem) was higher ($P < 0.05$) in CC8475 and RD7511 varieties, with yields of 110 and 106 t / ha, and 170 and 161 t / ha at 7 months and 11 months after sowing, respectively. A high correlation ($r^2 > 0.90$) was found between the leaf area measured with a planimeter and the product obtained in length x width of the leaf in the four varieties evaluated. No difference ($P > 0.05$) was found between the averages of area / stem (6000 cm²) in the varieties. The results obtained show that the most productive varieties in the region were CC8475 and RD7511.

Key words: Acid soils; Biomass; Brix degrees; Leaf area; Oxisol.

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es altamente eficiente en la producción de biomasa por sus características de planta tipo C_4 , alta tasa de aprovechamiento de la energía solar y de fotosíntesis y tolerancia a la sequía (Salisbury y Ross, 1994). Estas propiedades la hacen una planta ideal para la generación de energía como bioetanol, producción de azúcar para la agroindustria y para consumo humano; además de sus posibles usos como planta forrajera para la alimentación de bovinos (Espinoza et al., 2006; Fernández et al., 2017; Giacomini et al., 2014).

La producción de biomasa está relacionada con la capacidad de la planta para tomar CO_2 y energía solar en el proceso de la fotosíntesis. El área foliar es una característica importante en el crecimiento de las plantas y determinante en la selección de variedades de caña de azúcar promisorias (Fernández et al., 2017). Se han desarrollado varios métodos para la determinación del área foliar en diferentes cultivos, incluyendo el uso de planímetros y la medición de largo x ancho de las hojas (Galindo y Clavijo, 2007). Estas mediciones han demostrado altos coeficientes de determinación ($r^2 > 0.70$) en cultivos como sorgo (Solórzano, 1976) y caña de azúcar (Oliveira et al., 2007; Brito et al., 2007). El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el desempeño agronómico de tres variedades de caña de azúcar, Cenicaña Colombia y una de República Dominicana, en las condiciones de la región de Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en Centro de Investigación La Libertad, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), ubicado en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia, a $4^{\circ}03.500'$ de latitud norte y $73^{\circ}28.152'$ de longitud oeste. La precipitación promedio anual, es de 2900 mm, con un periodo seco desde diciembre hasta finales de marzo. La temperatura promedio es de $26^{\circ}C$ y la humedad relativa de 85% en la época lluviosa y 65% en la época seca. El experimento se realizó entre julio de 2016 y junio de 2017. En la Figura 1 se presenta la precipitación en este periodo con respecto al registro de 30 años.

En el sitio experimental predominan Oxisoles de terraza alta con buen drenaje, franco arcillosos, caracterizados por su acidez, con saturación de aluminio de 60%. Los nutrientes más deficientes son fósforo (3.5 mg/kg), azufre (4.5 mg/kg), calcio (0.8 cmol/kg) y magnesio (0.3 cmol/kg) (Tabla 1).

Las variedades de caña de azúcar evaluadas fueron Cenicaña (CC) 8475, 833895, y 8592 y República Dominicana (RD) 7511. La preparación del suelo se hizo con un pase de arado cincel rígido más un pase de rastra. Antes de la siembra se aplicaron a voleo con encaladora una mezcla de 2 t/ha de cal dolomítica y 1 t/ha de escorias Thomas. Estas enmiendas fueron incorporadas en el suelo con un pase de rastra antes de un pase de rastrillo pulidor para dejar el suelo en buenas condiciones para la siembra. Cuarenta y cinco días después de aplicadas las enmiendas se realizó un control de malezas mediante la aplicación de 2 l/ha de glifosato y a continuación se hizo la siembra en surcos separados 1.20 m entre sí. El material de siembra utilizado consistió en trozos de tallo de caña con tres yemas, desinfectados previamente con 50 g de Mancozeb y 50 cc de Furadan-50 disueltos en 20 litros de agua. En el primer mes de establecimiento se realizó control manual de malezas y no se realizó control de plagas ni enfermedades. En el momento de la siembra se aplicaron 150 kg/ha de fosfato diamonio (67 Kg de P_2O_5 , 27 de N), 150 kg/ha de cloruro de potasio (90 kg de K_2O) y 150 kg/ha de kieserita (21 kg de Mg y 30 kg de S). Finalmente, se aplicaron 100 kg/ha de urea (46 kg N) divididos en dos aplicaciones a los 2 y 4 meses de edad del cultivo.

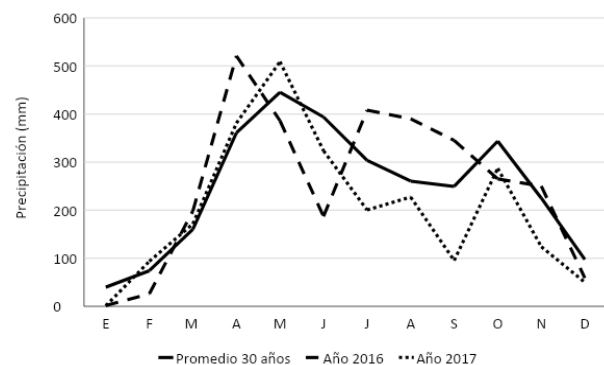


Figura 1. Precipitación durante 2016 y 2017 y promedio de 30 años. C.I. la Libertad, Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia.

Tabla 1. Características químicas del suelo (Oxisol) en el sitio experimental. Villavicencio, Colombia.

Característica	Valor	Característica	Valor
pH	4.9	Na (cmol/kg)	0.1
M.O. (%)	3.0	Fe (mg/kg)	42.0
P (mg/kg)	3.5	B (mg/kg)	0.3
S (mg/kg)	4.5	Cu (mg/kg)	0.6
Al (cmol/kg)	2.0	Mn (mg/kg)	10.0
Ca (cmol/kg)	0.8	Zn (mg/kg)	1.2
Mg (cmol/kg)	0.3	Saturación de Al (%)	60.0
K (cmol/kg)	0.1		

Las evaluaciones de producción de biomasa de planta y sólidos totales se realizaron mensualmente, desde los 7 hasta los 11 meses de edad del cultivo. Para ello se cosechó un surco central de 10 m, dejando dos surcos de cada borde de la parcela. En cada corte fueron evaluadas las variables: altura de planta (m), número de tallos (tallos/surco en 10 m de cultivo), longitud de tallos (m), longitud del entrenudo (cm), diámetro de tallo (mm), producción de tallos (t/ha), producción de hojas (t/ha), materia seca de hojas (%).

La concentración de azúcares mediante los sólidos totales (°brix) presentes en el jugo de la caña se determinó con un refractómetro digital Pal-1, en el cuarto entrenudo hacia arriba desde la base del tallo y en el cuarto entrenudo hacia abajo desde la parte apical. El índice de madurez se obtuvo relacionando los grados brix de la parte apical con los grados brix de la base del tallo (Ramírez et al., 2014). Este índice fue tomado como base para determinar cuándo la planta estaba en condiciones óptimas de madurez para cosecha, que de acuerdo con Oliva et al. (2017) y Mequanent (2016) debe ser de 0.95. El área foliar fue medida a 8 meses de edad del cultivo en todas las hojas de 10 tallos de cada variedad. Esta medición se realizó por dos métodos: con un planímetro CI -203 CA- CID Inc. y midiendo el área como producto del largo x el ancho. Los pares de datos resultantes para cada hoja se sometieron a un análisis de regresión para determinar la relación entre ellos, para lo cual se utilizó un modelo lineal simple, tomando como base varios estudios realizados en otras gramíneas como sorgo (Solórzano, 1976), caña de azúcar (Oliveira et al., 2007), maíz (Razquin et al., 2017) *Brachiaria plantaginea* (Bianco, 2005), y algunas gramíneas forrajeras tropicales (Sousa et al., 2015). El modelo propuesto fue: $y = bo + b1X$, donde y = área foliar, bo = intercepto, $b1$ = coeficiente de regresión, X = Largo * Ancho de la hoja.

Los datos fueron procesados estadísticamente a través de análisis de regresiones simples mediante el programa SAS, utilizando el área foliar promedio en el planímetro como variable dependiente y y el producto de largo * ancho de la hoja como variable independiente X .

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El área de cada unidad experimental fue de 120 m² (10 m x 12 m) y consistió en 10 surcos con una longitud de 10 m.

Los datos de los indicadores agronómicos fueron analizados con el programa estadístico SAS, con análisis de varianza y comparación de medias por medio de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados

Desarrollo de la planta

A las edades de 7 y 10 meses, la variedad CC8475 presentó el mayor número de tallos/planta ($P < 0.05$). A los 11 meses de edad, esta variedad y las variedades CC8592 y RD7511 presentaron valores altos y similares de esta característica. La variedad RD7511 tuvo la mayor cantidad de nudos en tallo, lo que indica un mayor número de puntos de anclaje de raíces y de emisión de yemas en la etapa de siembra y establecimiento; no obstante, los entrenudos o sitios de acumulación de azúcares fueron más cortos. La variedad RD7511 presentó la mayor altura de planta y la CC833895 fue la variedad más baja (Tabla 2). El diámetro del tallo no presentó diferencias ($P > 0.05$) entre variedades.

Tabla 2. Desarrollo agronómico en Oxisoles de variedades de caña de azúcar entre 7 y 11 meses de edad. Villavicencio, Colombia.

Variedad	Edad (mes)	Tallos (no./10 m)	Nudos (no./tallo)	Altura (m)	Diámetro tallo (cm)
CC833895	7	43.0 c*	20.2 b	1.6 b	2.9
CC8475		59.5 a	20.6 b	2.1 a	2.8
CC8592		43.7 c	19.8 b	2.1 a	2.8
RD7511		49.2 b	22.7 a	2.4 a	2.9
Sig.		0.003	0.051	0.018	NS
C.V.		10.9	6.8	10	6.5
CC833895	8	43.2	20.1 ab	1.9 c	2.9 ab
CC8475		60.5	20.8 ab	2.4 b	2.9 ab
CC8592		45.7	19.7 b	2.3 b	2.8 b
RD7511		50.0	22.6 a	2.8 a	3.0 a
Sig.		NS	0.071	0.008	0.017
C.V.		24.2	7.5	6.6	5.6
CC833895	9	44.5	23.8 b	2.1 b	3.0
CC8475		62.2	23.4 b	2.7 a	3.0
CC8592		47.2	21.8 b	2.9 a	2.9
RD7511		52.5	27.0 a	3.1 a	3.0
Sig.		NS	0.044	0.001	NS
C.V.		29.1	7.4	6.6	5.6
CC833895	10	45.2 b	27.9	2.4 c	3.0
CC8475		62.5 a	24.9	2.9 b	3.0
CC8592		48.7 b	26.8	3.1 b	2.9
RD7511		52.5 b	28.7	3.6 a	3.0
Sig.		0.048	NS	0.005	NS
C.V.		18.5	10.1	6.3	6.8
CC833895	11	44.5 b	28.1 ab	2.7 c	3.0
CC8475		66.7 a	25.8 b	3.1 b	3.0
CC8592		49.7 a	27.1 ab	3.3 b	3.0
RD7511		56.6 a	30.3 a	3.9 a	3.1
Sig.		0.002	0.01	0.001	NS
C.V.		11.9	7.9	7.8	5.1

*Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

Producción de biomasa aérea y concentración de azúcar (°brix)

Las variedades de caña de azúcar estudiadas se caracterizaron por producir buena cantidad de tallos y hojas en los periodos de evaluación. La producción promedio de tallos aumentó de 76 t/ha a la edad de 7 meses hasta 109 t/ha a los 11 meses. No obstante, a los 10 meses de edad las variedades CC8475 y la RD7511 produjeron más biomasa ($P < 0.05$) que las variedades CC8592 y CC833895. La proporción de hojas de las variedades varió entre 25 y 29% y fue más alta en las variedades CC8475 y RD7511 pasando de 25 t/ha a los 7 meses a 39 t/ha a los 9 meses de edad (Tabla 3). La producción total de biomasa (hoja + tallo) a los 7 meses de edad de cultivo fue más alta ($P < 0.05$) en las variedades CC8475 (110 t/ha) y RD7511 (106 t/ha), no obstante, esta diferencia desapareció a los 11 meses de edad, con un promedio de 152 t/ha.

Tabla 3. Producción de biomasa (materia verde -MV) de variedades de caña de azúcar entre 7 y 11 meses de edad. Villavicencio, Colombia.

Variedad	Edad (mes)	Hoja (t/ha)	Tallo (t/ha)	Biomasa total (MV, t/ha)
CC833895	7	19.0 b*	70.8	89.8 b
CC8475		29.9 a	80.5	110.4 a
CC8592		29.5 a	69.1	98.6 a
RD7511		22.9 ab	83.1	106.0 a
Sig.		0.051	NS	0.037
C.V.		20.1	17.2	10.6
CC833895	8	24.1 b	70.1	94.2 c
CC8475		38.3 a	86.6	124.9 a
CC8592		32.5 ab	72.1	104.2 b
RD7511		31.3 ab	83.7	115.0 a
Sig.		0.034	NS	0.003
C.V.		23.2	14.7	15.4
CC833895	9	24.0 b	72.9	96.9 b
CC8475		39.6 ab	109.3	148.9 a
CC8592		43.7 a	97.4	141.1 a
RD7511		46.7 a	107.5	154.2 a
Sig.		0.176	NS	NS
C.V.		28.1	29.5	23.7
CC833895	10	31.9 c	74.6 c	106.5 c
CC8475		43.4 ab	112.4 a	155.8 a
CC8592		33.7 bc	106.3 b	140.0 b
RD7511		47.5 a	110.2 a	157.7 a
Sig.		0.072	0.019	0.029
C.V.		16.9	16.8	16.1
CC833895	11	27.5 c	76.9	124.4
CC8475		47.7 a	122.1	169.8
CC8592		34.4 bc	117.2	151.6
RD7511		43.3 ab	118.1	161.4
Sig.		0.048	NS	NS
C.V.		19.5	27.9	24.4

*Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

A los 7 meses de edad de cultivo la concentración promedio de azúcar en las variedades fue de 19 °brix en la base del tallo y de 15.7 °brix en la parte superior, con alta concentración (22 °brix) a los 8 meses. Al comienzo de la época de lluvias (abril), que coincidió con el noveno mes después de la siembra, las variedades Cenicaña presentaron una concentración de azúcar (20 °brix) con una mejor distribución a lo largo del tallo, con un índice de cosecha entre 0.99 y 0.92. Durante los meses lluviosos de mayo y junio, cuando la caña tenía una edad de 10 y 11 meses, respectivamente, la concentración de azúcar en la base del tallo permaneció estable en 19 °brix, sin embargo, en la parte superior del tallo los grados brix se redujeron a 16, con un índice de madurez de 0.83, cercano al valor que presentó la caña de azúcar a la edad de 7 meses (Tabla 4).

Tabla 4. Concentración de sacarosa (°brix) de variedades de caña de azúcar entre 7 y 11 meses de edad. Villavicencio, Colombia.

Variedad	Edad (mes)	°Brix tercio inferior del tallo	°Brix tercio superior del tallo	Índice de madurez
CC833895	7	18.2	15.6	0.86
CC8475		19.5	15.0	0.77
CC8592		19.6	16.1	0.82
RD7511		18.8	16.1	0.86
Prob. (%)		NS	NS	NS
C.V.		5.8	10.5	13.4
CC833895	8	19.8 b*	18.9 a	0.95
CC8475		22.1 a	16.2 b	0.73
CC8592		21.9 a	18.1 ab	0.83
RD7511		19.8 b	18.9 a	0.95
Prob. (%)		0.025	0.056	NS
C.V.		4.8	8.2	8.3
CC833895	9	20.9 a	20.6 a	0.99 a
CC8475		19.9 ab	18.3 ab	0.92 a
CC8592		20.5 ab	19.0 ab	0.93 a
RD7511		19.5 b	17.1 b	0.88 b
Prob. (%)		0.014	0.080	0.002
C.V.		3.3	7.9	8.2
CC833895	10	20.0 a	16.7	0.84
CC8475		18.8 ab	16.1	0.86
CC8592		20.2 a	17.5	0.87
RD7511		17.7 b	15.2	0.86
Prob. (%)		0.033	NS	NS
C.V.		5.1	10.1	10.3
CC833895	11	20.1	17.3	0.86
CC8475		19.1	15.2	0.79
CC8592		19.6	17.6	0.90
RD7511		17.9	14.1	0.79
Prob. (%)		NS	NS	NS
C.V.		7.9	14.1	11.4

*Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey

La mayor concentración de azúcares se presentó a final de la época seca en abril en promedio de 18.7 °brix, mientras que en los meses lluviosos este valor se redujo a 16.2 °brix.

Área foliar

Con el fin de establecer un método sencillo para medir el área foliar, se desarrollaron ecuaciones de regresión con los datos de las variedades de caña evaluadas (Tabla 5). Se encontró alta correlación entre el área foliar medida en el planímetro y el producto obtenido del largo x ancho de la hoja, lo que fue confirmado por el alto valor de determinación ($r^2 > 90$) obtenido. Por tanto, la medida largo x ancho de hoja es válida para medir el área foliar de las variedades de caña en estudio. El número de hojas/tallo fue mayor ($P < 0.05$) en las variedades RD7511 y CC8475 con 12 y 11 hojas, respectivamente, no obstante, el área de hoja fue mayor ($P < 0.05$) en las variedades CC8592 (696 cm²) y CC833895 (632 cm²). Con base en estos resultados, no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el área foliar/tallo en las cuatro variedades, con valores entre 5151 cm² y 6602 cm² (Tabla 6). A la edad de 8 meses de cultivo la relación área foliar:área de suelo fue de 3:1, lo cual indica un IAF promedio de 3 para las variedades evaluadas.

Tabla 5. Ecuaciones de regresión entre área foliar vs. largo x ancho de hojas de variedades de caña de azúcar. Villavicencio, Colombia.

Variedad de caña	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación (r^2)
CC8475	$y = 0.6114x - 4.96$	0.93
CC8592	$y = 0.6096x + 35.64$	0.96
CC833895	$y = 0.6604x - 17.4$	0.92
RD 7511	$y = 0.6927x - 30.821$	0.97

y = variable dependiente (área foliar medida en el planímetro). x = variable independiente (producto de largo x ancho de las hojas).

Tabla 6. Área foliar de variedades de caña de azúcar, a los 8 meses de edad. Villavicencio, Colombia.

Material	Hojas/tallo (no.)	Área foliar (cm ² /hoja)	Área/tallo (cm ²)
CC8475	11.1 ab*	592.5 b	6602
CC8592	9.0 c	696.6 a	5151
CC833895	10.2 bc	631.8 ab	6448
RD7511	12.1 a	488.2 c	5813
Significancia	0.0004	0.0001	NS
C.V. (%)	14.5	11	16.4

*Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

Discusión

Las variedades de caña de azúcar CC8475 y RD7511 sobresalieron por presentar la más alta producción de biomasa durante las evaluaciones, lo que fue debido a la mayor producción de tallos y altura de planta. Esto confirma lo encontrado por Rincón (2005) evaluando 10 variedades de caña, donde sobresalió CC8475 con un promedio de 86 t/ha durante 2 años en las mismas condiciones del presente estudio. La alta producción de biomasa verde encontrada en las variedades CC8475 y RD7511 (170 y 161 t/ha a 11 meses de edad de cultivo, respectivamente) son una alternativa importante para la alimentación de bovinos en épocas críticas (Rincón, 2005) y para la producción de bioetanol (Flórez - Pardo et al., 2019) por el alto contenido de holocelulosa encontrada en la variedad CC8475.

En condiciones tropicales la temperatura tiene su mayor efecto sobre la calidad del jugo de la caña de azúcar en los periodos secos, cuando las diferencias entre temperaturas máxima y mínima oscila entre 11 y 12 °C, lo cual estimula el almacenamiento de sacarosa (Amaya et al., 1995). En la época lluviosa esta oscilación es menor y los rendimientos de azúcar se reducen (Larrañondo y Villegas, 1995; Larrañondo, 1995). Esto se confirmó en las evaluaciones de concentración de azúcar realizadas en este experimento.

La concentración de azúcar en las variedades evaluadas se puede considerar alta, si se compara con los valores encontrados por Larrañondo (1995) (10 - 16 °brix) y similar a los obtenidos por Ramírez et al. (2014) (17 - 20 °brix). Los altos valores °brix (15 - 19 en época de lluvia y 17 - 20 en época seca) en este estudio, están relacionados con los promedios de temperatura mínima en (21 °C) y máxima de 30°C de la zona.

Los resultados de área foliar en este estudio fueron similares a los encontrados por Oliveira et al. (2007) y Brito et al. (2007) y muestran la validez del producto ancho x largo de hoja para esta medición. La caña de azúcar es una planta C4 con alta capacidad para utilizar carbono en la fabricación de carbohidratos. Las variedades CC8475 y RD7511 presentaron, respectivamente, 11 y 12 hojas/tallo lo que favorece una alta capacidad fotosintética. Aunque las demás variedades en estudio presentaron menor número de hojas, éstas tuvieron una mayor área foliar lo cual asegura su adecuada capacidad de fotosíntesis y un IAF de 3, inferior al encontrado en cultivos de caña de azúcar en el Valle del Cauca, donde el IAF varía entre ente 4 y 7 en cultivos de 8 meses de edad a cosecha (Amaya et al., 1995).

Por otra parte, las variedades Cenicaña Colombia (CC) en el Valle del Cauca presentan, en promedio, un área foliar de 850 cm² (Amaya et al., 1995), siendo mayor que el máximo valor (700 cm²) encontrado en este estudio con la variedad CC8592, esta diferencia está relacionada con la baja fertilidad del Oxisol de los Llanos Orientales vs. la alta fertilidad de los Vertisoles y Molisoles predominantes en el Valle del Cauca; además de la diferencia en horas de brillo solar entre ambas regiones. No obstante, estas limitaciones, el rendimiento de 150 t/ha de caña a 10 meses de cosecha se puede considerar alto para las condiciones de los Llanos Orientales.

Conclusiones

Por su buen desarrollo vegetativo y alta producción de biomasa total, las variedades Cenicaña CC8475 y Republica Dominicana RD7511 aparecen como promisorias en la región del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. Las variedades evaluadas presentaron buena concentración de azúcares con alta correlación ($r^2 > 0.90$) entre el área foliar medida con planímetro y el producto obtenido de largo x ancho de la hoja. El área foliar determinada midiendo el largo x ancho de la hoja presentó una buena relación y un alto coeficiente de determinación cuando se comparó con el uso de equipos o planímetros.

Agradecimiento

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural del Colombia (MADR) por la financiación de la presente investigación.

Referencias

- Amaya, E.A.; Cock, J.H., Hernández, A.; Irvine, J. 1995. *Biología*. p. 31-62. En: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cenicaña, Cali. 365 p. https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriadados/libro_el_cultivo_cana/libro_p3-394.pdf
- Bianco, S.; Pitelli, R.A.; Bianco, M.S. 2005. Estimativa da área foliar de *Brachiaria plantaginea* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta daninha*, 23 (4), 597-601. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000400006>
- Brito, E.; Romero, E.R.; Casen, S.D.; Alonso, L.G.; Digonzelli, P.A. 2007. Métodos no destructivos de estimación del área foliar por tallo en la variedad LCP 85-384 de caña de azúcar. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán*, 84(2), 29-32. https://www.researchgate.net/publication/262546979_Metodos_no_destructivos_de_estimacion_del_area_foliar_por_tallo_en_la_variedad_LCP_85-384_de_cana_de_azucar
- Espinoza, F.; Argenti, P.; Carrillo, C.; Araque, C.; Torres, A.; Valle, A. 2006. Uso estratégico de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en novillas mestizas gestantes. *Zootecnia Tropical*, 24(2), 95-107. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000200001
- Fernández, Y.; Pedraza, R.; Hermida, Y.; Llanes, A.; Torres, I.; Montalvan J.; Noy, A. 2017. Indicadores de crecimiento de una población de 48 clones de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con valor forrajero. *AGRISOST*, 22 (3), 17-28. <https://doaj.org/1945f4946834cd8149f367?frbrVersion=2>
- Flórez-Pardo, L.M; González-Córdoba, A.; López-Galán, J.E. 2019. Characterization of hemicelluloses from leaves and tops of the CC 8475, CC 8592 and V 7151 varieties of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *DYNA*, 86(210), 98-107. <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.75757>
- Galindo, J.R. y Clavijo, J. 2007. Modelos alométricos para estimar el área de los folíolos de arveja (*Pisum sativum* L.). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8 (1), 37-43. https://doi.org/10.21930/rcta.vol8_num1_art:81
- Giacomini, A. A.; Batista, K.; de Andrade, J.B.; Pereira, M.L.; Gerdes, L.; Teixeira, W.; Pozar, I.; Colozza, M.T.; Ferrari, E. 2014. Potencial de cana de açúcar sucroalcooleira para alimentação de ruminantes ao longo do ciclo da cultura. *Boletim De Indústria Animal*, 71(1), 8-17. <https://doi.org/10.17523/bia.v71n1p8>
- Larrahondo, J.E. y Villegas, F. 1995. *Control y características de maduración*. p. 297-313. En: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cenicaña, Cali. 365 p. https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriadados/libro_el_cultivo_cana/libro_p3-394.pdf
- Larrahondo, J.E. 1995. Calidad de la caña de azúcar. En: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cenicaña, Cali. p. 337-354.
- Mequanent, Y. 2016. The effect of harvest age on maturity indices of quality parameters of sugar cane varieties at Metahara Sugar State in Cool Season. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 3(4), 205-210. <http://s-o-i.org/1.15/ijarbs-2016-3-4-29>
- Oliva, C. J.; Oliva, V. M.; García, J. 2017. Selección fenotípica de tres variedades élites de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para la producción de panela granulada en la provincia de Bongará (Región Amazonas). *Rev. de investig. agroproducción sustentable*. 1(1), 80-86. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20171.355>
- Oliveira, R. A.; Daros, E.; Camargo, J. L.; Weber, H.; Teruyo, O.; Besspalhok-Filho, J. C.; Zuffellato-Ribas, K. C.; Tramuja da Silva, D. K. 2007. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 37(2), 71-76. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253020281002>
- Ramírez, J.; Insuasty, O.; Viveros C.A. 2014. Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. *Revista Cienc. Tecnol. Agropecu.* 15(2), 183-195. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num2_art:358
- Rincón, A. 2005. Evaluación agronómica y nutricional de variedades de caña de azúcar con potencial forrajero en el Piedemonte llanero. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 6(2), 60-68. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945019007>
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1994. *Fisiología vegetal*. Ed. Iberoamérica S.A. México. 759 p.
- Solórzano P.R. 1976. Determinación de área foliar en sorgo granero (*Sorghum bicolor* L. moench) a diferentes edades. *Agronomía Tropical*. 26(1), 39-45. <http://www.idalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=orton.formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=021650>
- Sousa, L.F.; Santos, J.G.D.; Alexandrino, E.; Maurício, R.M.; Martins, A.D.; Sousa, J.T.L. 2015. Método prático e eficiente para estimar a área foliar de gramíneas forrageiras tropicais. *Arch. Zootec.* 64 (245): 83-85. <https://doi.org/10.21071/az.v64i245.380>