

## Indicadores de crecimiento de una población de 48 clones de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con valor forrajero

Yoslen Fernández Gálvez<sup>1</sup> , Redimio M. Pedraza Olivera <sup>2</sup> , Yusvel Hermida Baños<sup>3</sup>, Ailsa Llanes Díaz<sup>4</sup>, Isabel C. Torres Varela<sup>5</sup>, Joaquín Montalván Delgado<sup>6</sup> & Arlandy Noy Perera <sup>7</sup>

Fecha de recibido: 03 de junio 2016

Fecha de aceptado: 03 de noviembre 2016

### RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo determinar indicadores de crecimiento en una población de 48 clones de caña de azúcar con rasgos fenotípicos promisorios para la producción de forraje. Se evaluaron los indicadores: área foliar (A); índice de área foliar (LAI); razón de área foliar (LAR); área foliar específica (SLA); razón de peso foliar (LWR); tasa de crecimiento del cultivo (CGR); tasa de asimilación neta (NAR); tasa de crecimiento relativo en peso (RGR); velocidad de producción de biomasa (G); duración del área foliar (LAD) y duración de la biomasa (Z), con una periodicidad de un mes desde los 187 y hasta los 370 días. Se determinaron los valores mínimos, medios, máximos y la varianza de la población en todas las edades de corte y para cada una de las variables evaluadas. Los resultados obtenidos permiten contar con valores cuantitativos que pueden ser utilizados como referencia para la selección y evaluación de genotipos con características forrajeras para la alimentación de rumiantes.

**PALABRAS CLAVE**/caña de azúcar, *Saccharum spp.*, indicadores de crecimiento, clones, valor forrajero.

**Growth indicators of 48 sugarcane clones population (*Saccharum spp.*) with forage value.**

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo, Investigador Agregado, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [yoslen@eticacm.azcuba.cu](mailto:yoslen@eticacm.azcuba.cu)

<sup>2</sup> Dr. C., Investigador Titular, Profesor Titular, Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA), Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Camagüey, Cuba: [redimio.pedraza@educ.edu.cu](mailto:redimio.pedraza@educ.edu.cu)

<sup>3</sup> Especialista en Producción de Caña, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [yusvel@eticacm.azcuba.cu](mailto:yusvel@eticacm.azcuba.cu)

<sup>4</sup> Especialista de Ciencia y Técnica, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [ailsa@eticacm.azcuba.cu](mailto:ailsa@eticacm.azcuba.cu)

<sup>5</sup> Investigador Auxiliar, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [itorres@eticacm.azcuba.cu](mailto:itorres@eticacm.azcuba.cu)

<sup>6</sup> Investigador Auxiliar, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [jmontalvan@eticacm.azcuba.cu](mailto:jmontalvan@eticacm.azcuba.cu)

<sup>7</sup> Director, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [a.noy@eticacm.azcuba.cu](mailto:a.noy@eticacm.azcuba.cu)

## ABSTRACT

This paper was done in order to determine growth indicators in a population of 48 sugarcane clones with promising phenotypic traits for forage production. The indicators: leaf area (A); leaf area index (LAI); leaf area ratio (LAR); specific leaf area (SLA); leaf weight ratio (LWR); crop growth rate (CGR); net assimilation rate (NAR); relative growth rate by weight (RGR); biomass production rate (G); leaf area duration (LAD) and duration of biomass (Z) were evaluated, at intervals of one month from 187 days to 370 days. The minimum, average, maximum and the variance of the population at all cutting ages and for each of the variables evaluated were determined. The results allow for quantitative values that can be used as reference for the selection and evaluation of genotypes with forage characteristics for feeding ruminants.

**KEY WORDS**/sugar cane, *Saccharum spp.*, growth indicators, clones, forage value.

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales limitantes que afecta la producción de rumiantes en Cuba y en varios países del mundo está asociada a la baja disponibilidad de pastos (en calidad y cantidad) para alimentar a los animales, lo cual está muy relacionado con el aumento gradual de la temperatura y la ocurrencia de períodos cada vez más prolongados de sequía productos del cambio climático. Por lo que se precisa la búsqueda de alternativas sostenibles que permitan mitigar su impacto.

Dentro de las principales acciones se puede mencionar la utilización de cultivos forrajeros que toleren las condiciones adversas que genera dicho evento. La caña de azúcar, por sus características anatómicas y fisiológicas que le confieren ventajas en comparación con otros cultivos, clasifica como una planta capaz de paliar el déficit de pastos principalmente en el período poco lluvioso del año (Fernández *et al.*, 2014).

En Cuba se han realizado varios estudios (Franco, 1981; Milanés *et al.*, 1997; Molina y Lazo, 1998; Stuart, 2002; Suárez, 2006; Leyva, 2012) para recomendar cultivares comerciales de caña de azúcar en la alimentación animal, los cuales como resultado avalaron la utilización de más de una decena en las principales áreas ganaderas del país. Sin embargo, es preciso señalar que los genotipos evaluados y recomendados fueron seleccionados a partir de criterios para la producción de azúcar.

No obstante, en la actualidad se necesita la utilización de genotipos que además de poseer un buen valor nutritivo y una buena aceptabilidad por los

rumiantes sean capaces de adaptarse a las condiciones más adversas que pudiera generar el cambio climático.

En los últimos tiempos se han descuidado los estudios específicos encaminados a elucidar aspectos de los procesos de crecimiento y desarrollo en el cultivo de la caña de azúcar (Valladares *et al.*, 2015). Recientemente este autor publicó un artículo que tuvo como objetivo comparar la producción y distribución de la biomasa seca en diferentes partes de la planta, a fin de brindar un conocimiento básico en el estudio del crecimiento y mejor aprovechamiento tanto de cultivares comerciales como de otros en etapas avanzadas de estudio. Por su parte, Freire *et al.* (2010) evaluaron índices de crecimiento de 11 variedades de caña de azúcar cultivadas bajo riego en Brasil.

El crecimiento de la caña de azúcar se produce a través de la interacción del cultivo con factores ambientales. La mejor comprensión de tales interacciones puede obtenerse mediante análisis cuantitativo del crecimiento y por las mediciones biométricas de las plantas durante su desarrollo, lo que permite el uso de índices fisiológicos como herramientas útiles para confirmar las diferencias entre variedades y modelar el crecimiento en diferentes condiciones ambientales de producción y manejos (Keating *et al.* 1999; Machado *et al.* 1982, citados por Freire *et al.*, 2010).

Por lo que este trabajo persigue como objetivo determinar indicadores de crecimiento en una población de 48 clones de caña de azúcar, con rasgos fenotípicos promisorios para la producción de forraje, que puedan ser utilizados como referencia para la selección y evaluación de genotipos con características forrajeras para la alimentación de rumiantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental Camagüey, ubicada en el municipio Florida, en los 21°.31' de Latitud Norte y los 78°.04' de Longitud Oeste, situada a los 57,08 m.s.n.m.m.

El experimento de campo se plantó en un suelo del tipo Pardo con Carbonato (Hernández *et al.*, 1999). El pH es ligeramente ácido (6,1 - 6,3), mientras que el contenido de materia orgánica, hasta los 20 cm es medio, (ya que se encuentra en el rango de 3,1 - 3,5 %). La profundidad efectiva es de 45 cm.

Las variables meteorológicas (Tabla 1) proceden de datos de la Estación Agrometeorológica de Florida, ubicada a 250 m del área experimental.

**Tabla 1. Variables climáticas durante el período de estudio.**

Año	Mes	Cepa	TMP (°C)	Prec. (mm)	DLL	Año	Mes	Cepa	TMP (°C)	Prec. (mm)	DLL
2007	Feb.	Planta	23.5	40.0	8	2008	Mar.	Soca	24.6	8.1	3
	Mar.		23.9	93.5	8		Abr.		24.9	30.0	5
	Abr.		25.2	0.2	1		May.		26.4	162.9	8
	May.		25.2	446.6	20		Jun.		27.3	90.8	6
	Jun.		26.8	188.4	17		Jul.		27.8	46.8	6
	Jul.		27.3	190.6	13		Ago.		27.3	141.9	12
	Ago.		27.3	212.0	12		Sep.		27.0	473.6	16
	Sep.		26.4	194.8	14		Oct.		26.1	68.0	5
	Oct.		25.8	363.3	20		Nov.		23.5	101.8	9
	Nov.		24.0	3.4	1		Dic.		22.8	55.0	10
	Dic.		23.7	51.9	5	2009	Ene.		22.2	8.0	2
2008	Ene.	22.9	0.9	1	Feb.		22.0	4.1	2		
	Feb.	24.7	12.1	4							
TMP- Temperatura media promedio. Prec.- Precipitaciones. DLL- Días lluvia.											

En el estudio se evaluó una población de 48 clones de caña de azúcar provenientes de una preselección de 106 que se encontraban en las diferentes etapas del esquema de selección, los cuales reunían características fenotípicas para la producción de forraje. Después de realizar una serie de evaluaciones a partir de criterios cualitativos fueron descartados 58 clones, mostrando los restantes genotipos, objeto de este estudio, potencial forrajero desde el punto de vista agronómico para la alimentación de rumiantes.

La plantación se efectuó en el mes de febrero de 2007. Las atenciones culturales se realizaron según Instructivo Técnico de la caña de azúcar en Cuba (MINAZ-INICA, 2007). El corte de establecimiento se realizó a los 12 meses, coincidiendo con el mes de febrero de 2008. El experimento se llevó a cabo en condiciones de secano.

El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con tres réplicas. El área de cada unidad experimental fue de 36 m<sup>2</sup> (7,5 x 4,8 m) con tres surcos de 7,5 metros de largo por clon. Se utilizó como borde en el experimento al cultivar C86-12.

En el mes de agosto de 2008, a los 187 días ( $\approx$  6 meses) de edad posteriores al corte de establecimiento se tomaron tres muestras por réplica, se consideró cada muestra como un tallo completo con sus respectivas hojas, vainas y cogollo, a las que se le determinaron los indicadores de crecimiento: área foliar (A), índice de área foliar (LAI), razón de área foliar (LAR), área foliar específica (SLA), razón de peso foliar (LWR), tasa de crecimiento del cultivo (CGR), tasa de asimilación neta (NAR), tasa de crecimiento relativo en peso (RGR), velocidad de producción de biomasa (G), duración del área foliar (LAD) y duración de la biomasa (Z) de los 48 clones. Estas evaluaciones se realizaron con una periodicidad de aproximadamente un mes entre una y otra evaluación, las que

culminaron en el mes de febrero de 2009 a los 370 días ( $\approx$  12 meses). Se realizaron un total de siete evaluaciones.

Los indicadores de crecimiento y desarrollo se determinaron según Torres (2006) mediante las siguientes ecuaciones:

### **Área foliar: (A)**

Para conocer el área foliar total por individuo a cada una de las láminas activas se midió el largo y el 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  $\text{dm}^2$ .

$$A = \text{ANLB} \times \text{LGLB} \times 0,7$$

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.

### **Velocidad de Producción de Biomasa: (G)**

Se calculó como la relación entre las diferencias del peso seco total de un individuo promedio y el tiempo que media entre dos muestreos.

$$G = (W2 - W1) / (t2 - t1) \text{ (g. día}^{-1}\text{)}$$

W1 = Masa seca total de la planta en el tiempo 1. (g)

W2 = Masa seca total de la planta en el tiempo 2. (g).

$t2 - t1$  = Intervalo de tiempo transcurrido entre las dos evaluaciones (días).

### **Tasa de Crecimiento del Cultivo: (CGR)**

La diferencia de la masa seca total de un individuo promedio entre dos muestreos consecutivos, se dividió por el producto del área del terreno y el tiempo que media entre los muestreos.

$$\text{CGR} = (W2 - W1) / A_t (t2 - t1) \text{ (g. m}^{-2}\text{. día}^{-1}\text{)}.$$

W1 = Masa seca total de la planta en el tiempo 1. (g).

W2 = Masa seca total de la planta en el tiempo 2. (g).

$t2 - t1$  = Intervalo de tiempo transcurrido durante los muestreos (días).

$A_t$  = Área del terreno ( $\text{m}^2$ ).

### **Razón de Área Foliar: (LAR)**

Relación entre el área foliar y el peso seco total de un individuo promedio.

$LAR = A / W$  ( $\text{cm}^2.\text{g planta}^{-1}$ ).

A = Área foliar de las hojas con más del 50 % de la lámina foliar activa ( $\text{cm}^2$ ).

W = Masa seca total de la planta. (g)

### **Determinación del Área Foliar Específica: (SLA)**

Relación entre el área foliar y la masa seca de las láminas.

$SLA = A / W_h$  ( $\text{cm}^2.\text{g hoja}^{-1}$ ).

A = Área foliar de las láminas de un individuo promedio, con más del 50 % activa ( $\text{cm}^2$ ).

$W_h$  = Masa seca de las láminas de un individuo (g).

### **Determinación de la Razón de Peso Foliar: (LWR)**

Relación entre la masa seca de las láminas y la masa seca total de un individuo promedio.

$LWR = W_h / W$  (g hoja .g planta<sup>-1</sup>)

$W_h$  =Masa seca total de las láminas de un individuo promedio (g hojas).

W = Masa seca total de un individuo (g plantas).

### **Tasa de Asimilación Neta: (NAR)**

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

$NAR = 2 \times (W_2 - W_1) / (A_1 + A_2) (t_2 - t_1)$  ( $\text{mg planta}.\text{cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$ ).

W1 = Masa seca total de un individuo promedio en el tiempo 1 (mg).

W2 = Masa seca total de un individuo promedio en el tiempo 2 (mg)

A1 = Área foliar con más del 50 % de la lámina activa en el tiempo 1 ( $\text{cm}^2$ ).

A2 = Área foliar con más del 50 % de la lámina activa en el tiempo 2 ( $\text{cm}^2$ )

$t_2 - t_1$  = Intervalo de tiempo transcurrido durante la evaluación (días).

### **Tasa de Crecimiento Relativo en Peso: (RGR)**

Se calculó multiplicando la tasa de asimilación neta por la razón de área foliar.

$RGR = NAR \times LAR$  ( $\text{mg}.\text{g}^{-1}.\text{día}^{-1}$ ).

NAR = Tasa de asimilación neta ( $\text{mg}.\text{cm}^2.\text{día}^{-1}$ ).

LAR = Razón de área foliar ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ).

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



Se calculó dividiendo el área foliar expresada  $m^2$  entre el área del terreno.

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

A = Área foliar de las hojas con más del 50 % de la lámina foliar activa ( $m^2$ ).

At = Área del terreno ( $m^2$ ).

### **Duración del Área Foliar: (LAD)**

Se calculó dividiendo la suma del área foliar entre el doble de la diferencia del tiempo que media entre un muestreo y el otro.

$$LAD = [(A2 + A1) / 2] \times (t2 - t1) \text{ (cm}^2\text{.día)}$$

A1 = Área foliar de las láminas con más del 50 % activa en el tiempo 1. ( $cm^2$ ).

A2 = Área foliar de las láminas con más del 50 % activa en el tiempo 2. ( $cm^2$ ).

t2 - t1 = Intervalo de tiempo transcurrido entre los muestreos consecutivos (días).

### **Duración de la Biomasa: (Z)**

Se calculó como el producto de la semisuma del peso seco total de un individuo promedio por la diferencia del tiempo que media entre un muestreo y otro.

$$Z = [(W2 + W1) / 2] \times (t2 - t1) \text{ (g. día)}$$

W1 = Masa seca total de un individuo promedio en el tiempo 1 (g).

W2 = Masa seca total de un individuo promedio en el tiempo 2 (g).

t2 - t1 = Intervalo de tiempo transcurrido entre los muestreos consecutivos (días).

Se creó una base de datos con toda la información obtenida en las evaluaciones realizadas. Los 48 clones fueron procesados como una población, a la cual se le determinó en cada una de las edades de corte evaluadas el valor mínimo, medio, máximo y la varianza. Se utilizó el programa estadístico SPSS para Windows Versión 15.1 (2006).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El comportamiento de los indicadores de crecimiento en una población de 48 clones del género *Saccharum spp.* con potencial forrajero en la cepa de soca a diferentes edades de corte (Tabla 2) es el siguiente:

Los indicadores área foliar (A) e índice de área foliar (LAI) mostraron un comportamiento muy similar, al aumentar desde los 187 y hasta los 248 días de edad de corte, posterior a esta evaluación disminuyeron hasta los 309 días, donde experimentaron un ligero incremento a los 339 días para al final disminuir en la última evaluación.

**Tabla 2. Comportamiento de los indicadores de crecimiento en una población de 48 clones del género *Saccharum* spp. con potencial forrajero en la cepa de soca a diferentes edades de corte.**

Edades	Parámetros estadísticos	Indicadores de crecimiento									
		A	LAI	LAR	SLA	LWR	CGR	NAR	RGR	G	LAD
187 días	Min.	19.85	0.60	10.28	33.37	0.21					
	Máx.	49.92	2.73	21.24	85.55	0.35					
	$\mu$	<b>35.85</b>	<b>1.61</b>	<b>16.30</b>	<b>58.86</b>	<b>0.28</b>					
	$\sigma^2$	11.89	0.61	3.37	14.78	0.04					
218 días	Min.	29.45	1.18	8.77	41.33	0.15	-11.12	0.24	3.86	1.28	7.89
	Máx.	71.16	5.69	20.15	137.41	0.26	91.89	2.20	19.28	8.74	18.14
	$\mu$	<b>51.70</b>	<b>3.13</b>	<b>14.36</b>	<b>67.55</b>	<b>0.22</b>	<b>37.63</b>	<b>0.87</b>	<b>11.75</b>	<b>4.53</b>	<b>13.57</b>
	$\sigma^2$	16.62	1.29	2.62	20.72	0.03	28.11	0.48	4.82	2.45	2.67
248 días	Min.	38.44	2.32	9.03	48.16	0.14	-16.35	0.11	1.20	0.36	10.42
	Máx.	79.47	7.15	16.53	85.40	0.25	110.04	1.14	13.01	5.81	21.28
	$\mu$	<b>52.93</b>	<b>4.12</b>	<b>11.93</b>	<b>64.71</b>	<b>0.19</b>	<b>44.30</b>	<b>0.61</b>	<b>7.16</b>	<b>2.96</b>	<b>15.69</b>
	$\sigma^2$	16.12	1.61	2.19	9.63	0.04	36.01	0.33	3.68	1.70	3.01
278 días	Min.	24.34	1.94	4.80	28.51	0.11	-48.77	0.15	0.99	0.50	9.42
	Máx.	68.39	9.54	9.61	73.81	0.21	241.39	2.29	18.82	12.47	21.91
	$\mu$	<b>41.13</b>	<b>3.84</b>	<b>7.24</b>	<b>52.37</b>	<b>0.14</b>	<b>56.69</b>	<b>1.09</b>	<b>7.55</b>	<b>3.99</b>	<b>14.11</b>
	$\sigma^2$	15.17	1.95	1.53	12.70	0.03	59.12	0.67	4.54	2.92	3.36
309 días	Min.	20.79	1.47	3.32	28.93	0.06	-30.81	0.01	0.05	0.02	7.32
	Máx.	44.55	5.65	7.55	70.98	0.18	122.79	1.13	5.52	3.10	17.23
	$\mu$	<b>30.99</b>	<b>3.04</b>	<b>5.15</b>	<b>43.26</b>	<b>0.12</b>	<b>23.63</b>	<b>0.45</b>	<b>2.12</b>	<b>1.34</b>	<b>11.18</b>
	$\sigma^2$	9.97	1.34	1.18	11.36	0.03	37.59	0.36	1.57	0.95	2.81
339 días	Min.	22.13	1.77	3.51	24.35	0.09	-119.91	-2.10	-11.38	-5.82	7.10
	Máx.	46.63	4.46	7.86	58.71	0.16	123.53	2.83	9.91	6.69	13.01
	$\mu$	<b>32.19</b>	<b>3.30</b>	<b>4.91</b>	<b>41.97</b>	<b>0.12</b>	<b>30.36</b>	<b>0.69</b>	<b>2.84</b>	<b>1.97</b>	<b>9.48</b>
	$\sigma^2$	9.19	0.96	1.13	8.47	0.02	67.03	1.28	6.06	3.33	1.73
370 días	Min.	16.13	1.45	2.82	22.15	0.09	-90.15	-3.36	-10.88	-3.77	5.93
	Máx.	38.17	4.93	5.43	43.20	0.16	59.89	0.56	1.95	0.66	12.01
	$\mu$	<b>25.64</b>	<b>2.77</b>	<b>3.92</b>	<b>32.74</b>	<b>0.12</b>	<b>8.15</b>	<b>0.26</b>	<b>-0.95</b>	<b>-0.39</b>	<b>8.96</b>
	$\sigma^2$	8.07	0.86	0.85	7.07	0.02	34.34	0.99	3.45	1.31	1.78

A: área foliar (dm<sup>2</sup>). LAI: índice de área foliar. LAR: razón de área foliar (cm<sup>2</sup>/gplanta). SLA: área foliar específica (cm<sup>2</sup>/ghoja). LWR: razón de peso foliar (ghojas/gplantas). CGR: tasa de crecimiento del cultivo (g/m<sup>2</sup>/día). NAR: tasa de asimilación neta (mg/cm<sup>2</sup>/día). RGR: tasa de crecimiento relativo en peso (mg/g/día). G: velocidad de producción de biomasa (g/día). LAD: duración del área foliar (cm<sup>2</sup>/día). Z: duración de la biomasa (g/día). Min. Valor mínimo. Máx. Valor máximo.  $\mu$  Media poblacional.  $\sigma^2$  Varianza poblacional.

El A describe el tamaño del órgano de asimilación (hoja) de una planta, por su parte el LAI se refiere al de una comunidad vegetal (Kvet *et al.*, 1979), razón que explica similar comportamiento al estar interrelacionados el uno con el otro. Ambos indicadores dependen de varios factores, dentro de los que se pueden destacar el clima, las bajas temperaturas, escasas precipitaciones y pocas horas luz, los que propician una disminución del A y el LAI, condiciones que se manifestaron en el área donde se desarrolló el estudio (Tabla 1).

Los indicadores razón de área foliar (LAR) y duración de la biomasa (Z) manifestaron un comportamiento opuesto, el LAR disminuyó y Z aumentó con la edad de corte. Comportamiento que se justifica al estar el LAR en estrecha relación con el A y el LAI, ya que este caracteriza el tamaño específico del órgano asimilador, presente en un instante de tiempo. Ortega *et al.* (1989) informaron en un estudio de cultivares de caña de azúcar que este indicador disminuye con la edad.

Por su parte Z es el peso seco total de una planta en relación al tiempo, también es una medida aproximada de la persistencia de la vitalidad (Kvet *et*



*al.*, 1979). La duración de la biomasa es un índice que toma en consideración no solamente lo que aumenta el peso seco, sino también cuál es su durabilidad. Resultados de gran importancia, al mostrar la población valores siempre positivos que indican buena durabilidad de la biomasa. Similar incremento de Z fueron informados por Torres *et al.* (2012) en un estudio de tres cultivares comerciales de caña de azúcar plantados en diferentes ciclos de plantación.

Con respecto al área foliar específica (SLA) aumentó a los 218 días con relación a la anterior edad de corte evaluada. Después manifestó una disminución hasta los 370 días. Este es un indicador que mide la proporción de hojas sobre la base de su peso seco, por lo que puede servir para conocer su espesor; su incremento significa una disminución en el espesor y viceversa (Torres *et al.*, 2013). Por lo que se puede inferir que en el estudio la población tuvo una tendencia al aumento del espesor de las hojas. Resultados muy favorables, ya que según Vázquez y Torres (1995) las hojas gruesas poseen la máxima absorción de la luz con un menor porcentaje de luz transmitida, es decir luz que atraviesa la hoja, por lo que son más eficientes desde el punto de vista fotosintético, lo cual permite una mayor producción de biomasa. Resultados similares publicaron Ortega *et al.* (1989) al manifestar una disminución del SLA con la edad en cultivares de caña de azúcar.

La razón de peso foliar (LWR) mostró una disminución desde la primera evaluación hasta los 309 días de edad de corte, luego mantuvo un valor constante hasta la última edad evaluada. Comportamiento que reafirma lo informado por Torres (2006) al plantear que durante el desarrollo del follaje, en plena etapa de máximo crecimiento del cultivo, los valores de LWR son altos, cuando esta fase comienza a declinar para dar paso a la maduración, los valores de este indicador disminuyen. Por tanto, la evolución en el tiempo de LWR está más relacionada con el fenómeno fisiológico de la maduración en la caña de azúcar que con las particularidades de una u otra variedad.

La tasa de crecimiento del cultivo (CGR) aumentó desde los 218 y hasta los 278 días, posterior a esta edad disminuyó a los 309 días, donde experimentó un ligero aumento a los 339 días para disminuir al final de forma significativa en la última evaluación. Resultados similares fueron publicados por Torres (2006). Valores inferiores fueron informados por Ortega *et al.* (1989) al obtener valores de CGR en el rango de 2.0 a 32.0 g.planta.m<sup>-2</sup>. día<sup>-1</sup>. Este indicador es de gran importancia para la producción de forraje, ya que representa el incremento en materia seca expresada en gramos que incrementan las plantas por día en un m<sup>2</sup> de terreno.

Por su parte, la tasa de asimilación neta (NAR), la velocidad de producción de biomasa (G) y la tasa de crecimiento relativo en peso (RGR) manifestaron un comportamiento muy irregular, al mostrar una tendencia primero a la

disminución y en la próxima edad al aumento, la cual repitieron tres veces en el estudio hasta terminar los tres indicadores con un valor negativo en la última edad evaluada. Los resultados negativos obtenidos a los 370 días pueden estar asociados al bajo régimen pluviométrico que se produjo en los últimos dos meses evaluados (Tabla 1), lo que refirma lo informado por Armas *et al.* (1999) que un estrés hídrico triplica la resistencia estomática, disminuye la entrada de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis con la consiguiente disminución de la acumulación de materia seca y del crecimiento.

El NAR 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 (Armas *et al.*, 1988; Vázquez y Torres, 1995). Resultados similares a este comportamiento en el estudio fueron publicados por Ortega *et al.* (1989) y Torres (2006).

El indicador G es muy importante para la selección de cultivares de caña de azúcar con fines forrajeros, ya que expresa la edad en que la planta comienza su producción de biomasa, así como cuándo ésta puede decrecer, además permite conocer sus fluctuaciones en el tiempo. Los valores obtenidos en el estudio son superiores a los publicados por Ortega *et al.* (1989) y Torres (2006) en evaluaciones de cultivares comerciales para la producción de azúcar, lo que reafirma el alto potencial forrajero de estos 48 individuos que integran la población evaluada.

La duración del área foliar (LAD) aumentó desde los 218 y hasta los 278 días, posterior a esta edad disminuyó hasta los 370 días. Este indicador es muy importante para la selección de cultivares forrajeros, ya que expresa en términos cuantitativos el tiempo que una planta mantiene activa su superficie asimiladora, es por esto que resulta razonable las correlaciones altas y positivas entre LAD y los rendimientos en distintas especies de plantas (Kvet *et al.*, 1979). El comportamiento del LAD se puede atribuir a las condiciones climáticas que prevalecieron en el área donde se desarrolló el estudio (Tabla 1), ya que la disminución de las temperaturas, del régimen pluviométrico y las horas luz de una evaluación a la siguiente se hacía cada vez más acentuada. Este indicador también mostró similitud con los resultados alcanzados en el A y el LAI.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten contar con valores cuantitativos que pueden ser utilizados como referencia para la selección y evaluación de genotipos con características forrajeras para la alimentación de rumiantes.

## REFERENCIAS

Armas de, R.; Ortega, E.; Rodés, R. (1988): Fisiología Vegetal. (1ra.ed). La Habana, Cuba: Pueblo y educación. p. 323.

- Armas de, R.; Ortega, E.; Rodés, Rosa, Gálvez, G. (1999): La fisiología vegetal y su contribución al mejoramiento genético de la caña de azúcar. En: Biodiversidad y biotecnología de la caña de azúcar (1999), editores Ariel D. Arencibia y María T. Cornide. *Elfos Scientiae*, La Habana, 63-77.
- Estación Agrometeorológica de Florida. (2011). Medias de las variables climáticas mensuales en áreas agrícolas de la ETICA Camagüey.
- Fernández, Y., Ramírez, H., Pedraza, R., Guevara, R., Llanes, A., Montalván, J., Torres, I. y Noy, A. (2014). Uso de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) como alimento animal en el municipio Carlos Manuel de Céspedes. *Centro Azúcar*, 41(2), 12-25.
- Franco, R. (1981). Estudio comparativo de variedades de caña para forraje en condiciones de secano. *Pastos y Forrajes*, 4 (2), 157-164.
- Freire, F., Almeida, E., Betânia, M., Galvão, M., de Oliveira R., & Campelo A. Growth indices of eleven sugarcane varieties grown under full irrigation environments in Brazil. *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*. 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L y Camacho, E. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. (3ra.ed). La Habana, Cuba: Instituto de Suelos.
- Kvet, J., Ondok, Necas, J. y Jarvis, P. (1979): Methods of growth analysis. En: *Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods*. Z. Sestak, J. Catsky y P. G. Jarvis (ed) Dr. W., Junk, La Haya, 343 - 391.
- Leyva, J. (2012). Evaluación de variedades de caña forrajera en las condiciones edafoclimáticas del norte de Las Tunas. Tesis de Maestría, Universidad “Camilo Cienfuegos”, Matanzas, Cuba.
- Milanés, N., López, J., María, C., Balance, N. y Hervis, A. (1997). Recomendaciones en variedades de caña de azúcar para la ganadería en la provincia Habana. *ATAC*, 11 (2), 13.
- MINAZ - INICA. (2007). Instructivo Técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar. (1ra.ed). La Habana, Cuba: PUBLINICA.
- Molina, A. y Lazo, R. (1998). Evaluación del valor forrajero de variedades industriales de caña de azúcar. *Digestibilidad in situ*. *Ciencias Agrícolas*, 9 (33), 38-39.
- Ortega, E., Rodés, R., Soto, E., Perales, I., Armas de R., Cabrera, N. (1989): Bases fisiológicas de la productividad de la caña de azúcar. La Habana, Cuba: Academia. p. 43.
- SPSS/PC para Windows Paquete estadístico. Versión. 15.0. [Programa de computación]. (2006). [s.l.]: [s.n.].
- Stuart, R. (2002). Selección de variedades de caña de azúcar forrajeras. El aporte del Instituto de Ciencia Animal. En memoria al Foro Internacional de la Caña de

Azúcar y sus Derivados en la Producción de Leche y Carne, La Habana, noviembre 2002.

- Suárez, O., Jorge, H., García, H., Jorge, I y Felicia, M. (2006, octubre). Variedades de caña de azúcar para la alimentación del ganado vacuno. Documento presentado en el VI Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña. Diversificación 2006. La Habana, Cuba.
- Torres, I. (2006). Indicadores de desarrollo en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum* híbrido) plantadas en primavera y frío. Tesis de Maestría publicada, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Torres, I., Valladares, F., Montalván, J., Noy, A., Fernández, Y., Cervantes, O. et al. (2013). Área foliar específica un importante indicador para el mejor aprovechamiento de la luz solar por la caña de azúcar. Memorias del XII Congreso Internacional de Azúcar y Derivados de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba. Diversificación 2013.
- Torres, I., Valladares, F., Ortega, E., Montalván, J., Noy, A., Fernández, Y. et al. (2012). Análisis de la persistencia a la vitalidad en tres variedades comerciales de caña de azúcar en los ciclos primavera (Ene – Jun) y frío (Jul – Dic). Memorias de la XXXIV Convención de la ATAM. Veracruz, México 2012.
- Valladares, F., Torres, I., Hernández, L., Montalván, J., & Padrón, M. (2015). Producción de materia seca en tallos y hojas de caña de azúcar, según épocas de plantación y edades de corte. *Agrisost*, 21(2), 1-11.
- Vázquez, B. y Torres, S. (1995): *Fisiología Vegetal* (2da.ed). La Habana, Cuba: Pueblo y educación. p. 444.