



## INDICADORES MORFOMÉTRICOS EN NUEVAS VARIEDADES MEGATÉRMICAS DE *Cenchrus purpureus* TOLERANTES AL ESTRÉS HÍDRICO<sup>†</sup>

### [MORPHOMETRIC INDICATORS IN NEW MEGATERMAL VARIETIES OF *Cenchrus purpureus* TOLERANT TO WATER STRESS]

R. C. Arias<sup>1</sup>, J. J. Reyes<sup>2,3</sup>, J. V. Ray<sup>1</sup>, D. G. Benítez<sup>1</sup>, L. G. Hernández<sup>4</sup> and J. L. Ledea<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Estación Experimental de Pastos y Forrajes, km 10½, Carretera Bayamo – Tunas. Bayamo, Granma, Cuba

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador.

<sup>3</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Walter Andrade. Km 1 ½ vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

<sup>4</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Instituto Politécnico Nacional. N° 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México. Email: ledea1017@gmail.com

\*Corresponding author

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue caracterizar mediante índices de crecimiento nuevas variedades megatérmicas de *Cenchrus purpureus* con tolerancia al estrés hídrico en las condiciones del Valle del Cauto. Para ello se trabajó con nuevas variedades de *C. purpureus* (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 y CT-115 como control), en diferentes edades de rebrote (60, 90, 120 y 150 días), las cuales fueron dispuestas en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial con cuatro réplicas. Dentro de la época de pocas lluvias el CT-601 se destacó en la tasa de crecimiento absoluto (106,6 g día<sup>-1</sup>), pero sin presentar diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) con el resto de las variedades en esta edad. Mientras que la variedad CT-115 presentó los mayores valores para tasa de crecimiento relativo a los 60 días (114,4 g día<sup>-1</sup>), área foliar en las edades de 90 y 120 (285,8 y 211,6 cm<sup>2</sup>, respectivamente) e índice de área foliar (41,4) entre 90 y 150 días el área foliar a los 120 días de edad (48,5 cm<sup>2</sup> días<sup>-1</sup>) ( $p \leq 0,001$ ). Para la época lluviosa solo la TCA se afectó por la interacción variedad y edad, y la representó el CT-608 a los 60 días ( $p \leq 0,01$ ) con 347,7 g día<sup>-1</sup> de acumulación de materia seca. Se concluye que el régimen de pocas lluvias, característico del Valle del Cauto condicionó la respuesta morfo fisiológica de forma marcada cuando se combinó la utilizaron de las nuevas variedades en diferentes edades de rebrote, mientras que, en las lluvias, solo la tasa de crecimiento absoluto se afecta por este efecto.

**Palabras claves:** *Pennisetum purpureum*; ecosistemas adversos; tolerancia a la sequía.

#### SUMMARY

The objective of the present study was to characterize growth rates of new megatérmicas varieties of *Cenchrus purpureus* with tolerance to water stress in Valle del Cauto conditions. To this end, new varieties of *C. purpureus* were used (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 and CT-115 as control), at different regrowth ages (60, 90, 120 and 150 days), which were arranged in a random block design with factorial arrangement with four replicas. Within the low rainfall season, CT-601 stood out in the absolute growth rate (106.6 g day<sup>-1</sup>), but did not present significant differences ( $p \geq 0.05$ ) with the rest of the varieties in this age group. While the CT-115 variety presented the highest values for the relative growth rate at 60 days (114.4 g day<sup>-1</sup>), foliar area at the ages of 90 and 120 (285, 8 and 211.6 cm<sup>2</sup>, respectively) and leaf area index (41.4) between 90 and 150 days the leaf area at 120 days of age (48.5 cm<sup>2</sup> days<sup>-1</sup>) ( $p \leq 0.001$ ). For the rainy season only TCA was affected by the interaction variety and age, and was represented by CT-608 at 60 days ( $p \leq 0.01$ ) with 347.7 g day<sup>-1</sup> of dry matter accumulation. It is concluded that the low rainfall regime, characteristic of Valle del Cauto, conditioned the morphological response in a marked way when combined the use of the new varieties in different ages of regrowth, while, in the rains, only the absolute growth rate is affected by this effect.

**Keywords:** *Pennisetum purpureum*; adverse ecosystems; tolerance to drought.

<sup>†</sup> Submitted December 24, 2018 – Accepted March 11, 2019. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462

## INTRODUCCIÓN

Los índices de crecimiento, constituyen indicadores básicos para comprender la fisiología del crecimiento y producción de los cultivos, así como para definir y comprender los mecanismos a través de los cuales se explica la acción limitante o estimulante de los factores del crecimiento (Fortes, 2012).

La clasificación de los índices de crecimiento, establecida por Hunt (1990) se divide en cinco grupos: a) Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA); b) Tasa de Crecimiento Relativo (TCR); c) relaciones simples, que incluyen la Relación de Área Foliar (RAF), el Área Foliar Específica (AFE), la relación de peso foliar y el Índice de Área Foliar (IAF); d) componentes de las tasas de crecimiento, denominadas también tasas de crecimiento compuesto, como la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) y e) duraciones integrales, como la Duración de Área Foliar (DAF) y de la biomasa (DBM).

El análisis del crecimiento a través de los índices mencionados posibilita identificar las adaptaciones en las plantas a diferentes condiciones edafoclimáticas, y dentro de estas respuestas seleccionar las más promisorias. También permite obtener información acerca de los efectos del ambiente, el manejo, entre otros factores en las especies de pastos que se estudien, de ahí la importancia que tiene su uso en los estudios morfofisiológicos. Sin embargo, son esporádicos los resultados referentes con este enfoque en la variedad en estudio, Herrera (2010) ya había señalado esta limitante y Fortes (2012) lo corroboró, este último autor tuvo que recurrir para desarrollar la discusión de su estudio a autores externos, que contemplaban diferentes condiciones de manejo y escenarios experimentales sin similitudes con respecto al que desarrolló su trabajo, debido a esto, tomó alternativamente los patrones de comportamiento de las diferentes variables que describían el comportamiento morfo fisiológico y no los valores absolutos, consideración que se tendrá en cuenta en el presente estudio.

En investigaciones relacionadas con las tasa e índices de crecimiento en Cuba, se encuentra la desarrollada Ramírez de la Ribera *et al.* (2008) en el pasto Mombaza (*Megathyrsus maximus* Jacq) manejado con diferentes intervalos de corte en las condiciones del Valle del Cauto, ecosistema que se caracteriza por regímenes pluviométricos con distribución poco uniforme, y escasos milímetros precipitados con respecto a la media nacional de Cuba (1335mm), la distribución de las precipitaciones dicta que, cerca del 80% precipita en la estación de lluvias, enmarcada en el período mayo-octubre (ONEI, 2008) y el resto de las precipitaciones en el período de lluvias (noviembre-abril). Ramírez de la Ribera *op. cit.* señalaron como

uno de los resultados más relevantes que, la mayor TCC ocurrió con el intervalo de corte de siete semanas en el período lluvioso en condiciones de intensa sequía estacional, donde concluyeron que la edad de corte o de utilización de la planta intervenía de forma activa en el logro satisfactorio del desarrollo morfo fisiológico del pasto.

El desbalance estacional del Valle del Cauto, que está regido por el régimen pluviométrico define el comportamiento del crecimiento de los cultivos y las tasas de maduración, así como la eficiencia del desarrollo (Ledea *et al.*, 2018). Como resultado, en el período lluvioso abunda y se desaprovecha alimento, y en el período de pocas lluvias, es escaso y en ocasiones inexistente para la alimentación de la masa ganadera de la región (Benítez *et al.*, 2010). Por lo tanto, es necesario el empleo de variedades que, en primer orden toleren las condiciones de intensa sequía que identifican a este ecosistema, y en segundo orden, se pueda definir un sistema de manejo que sugiera los momentos óptimos de utilización de los cultivos a partir de criterios fisiológicos.

Actualmente se cuentan con cultivos megatérmicos que fueron obtenidos a partir de técnicas biotecnológicas con tolerancia al estrés hídrico a partir del CUBA vc CT-115. Estas nuevas variedades, han sido evaluadas en el occidente (Álvarez *et al.*, 2016), y caracterizadas en el oriente, atendiendo criterios agronómicos y morfológico (Ledea *et al.*, 2018), (Arias *et al.*, 2018). Sin embargo, aún no se cuentan con los criterios de los índices de crecimiento, información que puede permitir nuevas inferencias de la productividad, además de constituir un nuevo aporte al conocimiento de estos nuevos cultivares en las condiciones del Valle del Cauto. Es objetivo de este estudio, caracterizar mediante los índices de crecimiento nuevas variedades megatérmicas de *Cenchrus purpureus* con tolerancia al estrés hídrico en las condiciones del Valle del Cauto.

## MATERIAL Y MÉTODOS

*Localidad, clima y suelo:* El estudio se llevó a cabo durante las estaciones lluviosa y poco lluviosa, de abril de 2010 a abril de 2012, en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” en la provincia Granma. Situada en los 20° 18' 13" de latitud norte y los 76° 39' 48" de longitud oeste.

El clima donde está ubicada la estación, se clasifica como tropical relativamente húmedo (Barranco y Días, 1989). Durante el período experimental, en el área de estudio las precipitaciones totales fueron de 3317,6mm, que representó el 19,06% del acumulado de 17 años. Durante el período se constataron fluctuaciones entre cero y 296 mm anuales (Figura 1).

Las precipitaciones de la época lluviosa representaron el 86,9% en el período evaluado, y en período poco lluvioso (noviembre-abril) solo se acumuló el 13,06%, con períodos de intensa sequía, en la Figura 1 los marcadores en blanco representan meses sin precipitaciones.

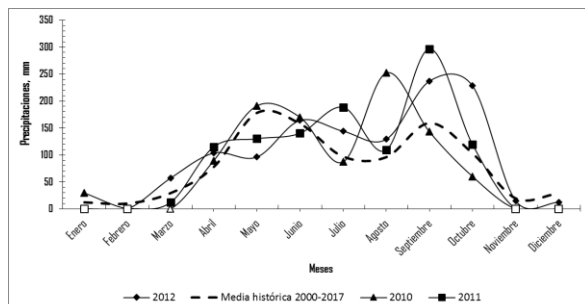


Figura 1. Comportamiento de las precipitaciones durante el período experimental y media histórica por meses.

El suelo del área experimental es de tipo Fluvisol poco diferenciado, según la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015). Presenta buen drenaje general, la topografía es llana y generalmente su fertilidad natural se encuentra entre valores medios y bajos con un pH medianamente ácido en KCl (4.7) y ligeramente ácido en H<sub>2</sub>O (6.3). Presenta niveles de salinidad muy bajos hasta los 60cm de profundidad, los tenores de nutrientes en general se encuentran bajos ( $\leq 2.10\%$  MO) solo la capa superior manifiesta niveles medios (Ledea *et al.*, 2018a). La humedad del suelo en los primeros 60 cm en este período osciló entre 21,6 (agosto) hasta 46,4% (septiembre) Ledea *op. cit.*

**Material vegetal utilizado:** Los cultivares sometidos a estudio fueron, el CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 y CT-115. Estos nuevos cultivares se obtuvieron en el Instituto de Ciencia Animal, a través de mutaciones inducidas en cultivo de tejidos, a partir de la variedad CUBA vc. CT-115, la cual se utilizó como control por su amplia utilización en Cuba para la producción de biomasa forrajera, debido, a elevados rendimientos, aceptable calidad y que se adapta, crece y desarrolla en amplia variedad de suelos y características climáticas (Herrera y Ramos, 2006).

**Procedimiento experimental:** El área de experimentación ya estaba establecida en parcelas de 5 x 4 m con área cosechable de 12 m<sup>2</sup>, y cinco surcos en cada parcela con marcos de plantación de 1 x 0.75. Se realizó un corte para lograr uniformidad en el material experimental en el mes de noviembre del 2009, y seguidamente, se aplicó fertilización orgánica de estiércol bovino, con 1.38 % de nitrógeno, en dosis de 20 t ha<sup>-1</sup> fraccionada en dos aplicaciones, una en cada período climático. El estudio comenzó en 2010 hasta 2012, durante todo el período experimental se aplicó

riego (250 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) a intervalos de 21 días en la época de pocas precipitaciones, y estratégicamente cuando se identificaron síntomas de estrés hídrico dentro del período lluvioso.

**Evaluaciones en la planta:** Se contabilizó el número de hojas por plantas en diferentes estados fenológicos por período climático, 1289 hojas en la época lluviosa y 1324 hojas en la época poco lluviosa se calculó el área de las mismas (cm<sup>2</sup>) utilizando las longitudes de la porción media y longitudinal siguiendo las recomendaciones de Fortes (2012), y se determinó el Área Foliar (AF) a partir de las siguientes expresiones de regresión múltiple:

$$\text{(Época lluviosa, } R^2 \text{ ajustada: 0,98 EE: 7,26)} \\ AF = 2,269(\pm 0,639815) + 83,540(\pm 0,534048)L * A$$

$$\text{(Época poco lluviosa, } R^2 \text{ ajustada: 0,98 EE: 8,19)} \\ AF = 1,874(\pm 0,519636) + 73,426(\pm 0,586023)L * A$$

Donde: AF: Área foliar, L: largo de la hoja, cm (desde la lígula hasta el ápice) A: ancho de la hoja (promedio de los puntos; base, medio y apical respectivamente) y se ajustó usando el método gravimétrico en papel de peso homogéneo según Mielke *et al.* (1995).

Se calcularon las variables fisiológicas: Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA), Tasa de Crecimiento Relativa (TCR), a partir del control de la biomasa aérea de las plantas, utilizando los procedimientos descritos por De Armas *et al.* (1988).

$$TCA (g \text{ día}^{-1}) = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{T_{final} - T_{inicial}}$$

$$TCR (g g^{-1} \text{ día}^{-1}) = \frac{(\ln MS_{final} - \ln MS_{inicial}) \times (T_{final} - T_{inicial})}{T_{inicial}}$$

Donde: P: peso; T: tiempo

A partir del AF, se calculó el Índice de área foliar (IAF), Duración de la biomasa (DBM) y Duración del área foliar (DAF) (Fortes, 2012).

$$IAF = \frac{(\text{Área foliar}_{final} + \text{Área foliar}_{inicial})}{2\left(\frac{1}{S}\right)}$$

Para: S: Área del suelo

$$DBM (kg \text{ días}^{-1}) = \left[\frac{(P_{final} + P_{inicial})}{2}\right](T_{final} - T_{inicial})$$

$$DAF (cm^2 \text{ días}^{-1}) = (AF_{final} + AF_{inicial}) - \frac{(T_{final} - T_{inicial})}{2}$$

Donde: AF: Área foliar; P: peso; T: tiempo

**Diseño, tratamiento y análisis estadístico:** Se utilizó un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con

cuatro réplicas, se evaluaron 24 tratamientos resultantes de la combinación edad de rebrote (60, 90, 120 y 150 días), y nuevos cultivares de *Cenchrus purpureus* (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 y CT-115 testigo). Para la distribución normal de los datos se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) y para la homogeneidad de varianzas la prueba de Bartlett (1937), las medias resultantes de las interacciones se compararon mediante la dócima de Keuls (1952).

Para los análisis estadísticos se empleó el paquete Statistica sobre Windows, versión 12.0 (StatSoft 2011). Se realizaron análisis de varianza según las exigencias del diseño experimental. El modelo matemático empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + ER_j + V_k + (ER \times V)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:  $Y_{ijkl}$  = variable respuesta,  $\mu$  = constante común a todas las observaciones,  $R_i$  = efecto de la  $i$ -ésima réplica ( $i=1, \dots, 4$ ),  $ER_j$  = efecto de la  $j$ -ésima edad de rebrote ( $j=1, \dots, 4$ ),  $V_k$  = efecto del  $k$ -ésima variedad ( $k=1, \dots, 5$ ),  $ER \times V_{jk}$  = efecto combinado de la  $j$ -ésima edad de rebrote en el  $k$ -ésima variedad,  $\varepsilon_{ijk}$  = error aleatorio  $\sim N(0, \sigma^2_e)$ .

## RESULTADOS

Para TCA se observaron diferencias en la variedad CT-601 a la edad de 150 días y CT-609 a los 60, con los obtenidos por la variedad CT-605 a los 60, 90 y 120 días de edad, y con los del CT-608 a los 90 y 120 días, también con el CT-601 a los 60 días ( $p \leq 0,001$ ). Con respecto al testigo no se apreciaron diferencias significativas en ninguna de las edades evaluadas (Tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento de indicadores fisiológicos de crecimiento en nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en diferentes edades de rebrote en la época poco lluviosa.

Variedades (CT)	<sup>1</sup> TCA (g día <sup>-1</sup> )				<sup>2</sup> TCR (g día <sup>-1</sup> )*10 <sup>-3</sup>			
	60	90	120	150	60	90	120	150
	Edades de rebrote				Edades de rebrote			
601	40,83 <sup>c-g</sup> (3,6)	72,58 <sup>abc</sup> (4,28)	80,10 <sup>abc</sup> (4,37)	106,6 <sup>a</sup> (4,6)	89,5 <sup>ab</sup> (4,48)	10,8 <sup>ef</sup> (2,22)	4,7 <sup>g</sup> (1,55)	6,6 <sup>fg</sup> (1,66)
603	71,50 <sup>abc</sup> (4,24)	52,22 <sup>abc</sup> (3,81)	60 <sup>a-d</sup> (4,05)	64,6 <sup>a-d</sup> (4,15)	51,1 <sup>abc</sup> (3,85)	30,7 <sup>bcde</sup> (3,3)	11,5 <sup>def</sup> (2,37)	15,1 <sup>cdef</sup> (2,70)
605	27,08 <sup>efg</sup> (3,28)	28,11 <sup>g</sup> (3,09)	22,91 <sup>fg</sup> (3,23)	76 <sup>abc</sup> (4,29)	85,8 <sup>ab</sup> (4,44)	4,56 <sup>g</sup> (0,69)	15,9 <sup>cdef</sup> (2,61)	9,6 <sup>ef</sup> (2,19)
608	71,50 <sup>abc</sup> (4,24)	33,05 <sup>d-g</sup> (3,48)	48,95 <sup>b-e</sup> (3,85)	58,50 <sup>a-d</sup> (4)	28,2 <sup>bcde</sup> (3,28)	14,5 <sup>def</sup> (2,41)	22,4 <sup>cde</sup> (3,10)	42,4 <sup>abcd</sup> (3,7)
609	113,12 <sup>a</sup> (4,7)	58,88 <sup>a-d</sup> (4,03)	80,41 <sup>a-c</sup> (4,37)	93,33 <sup>ab</sup> (4,5)	86 <sup>ab</sup> (4,44)	32,4 <sup>bcde</sup> (3,6)	19,4 <sup>cdef</sup> (2,9)	11,3 <sup>def</sup> (2,4)
115	75,50 <sup>abc</sup> (4,30)	73,33 <sup>a-c</sup> (4,26)	58,02 <sup>a-d</sup> (4,04)	57,83 <sup>a-d</sup> (4,03)	114,4 <sup>a</sup> (4,73)	9,1 <sup>ef</sup> (2,21)	18,9 <sup>cdef</sup> (2,86)	11 <sup>def</sup> (2,37)
EE	0,066				0,019			
P	0,00001				0,00001			

<sup>a-g</sup> Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Keuls (1952)

Números entre paréntesis corresponden a valores transformados para  $\log(x)^1$  y  $\log(x+3)^2$

La TCR como representante de la eficiencia de la planta en la formación de tejidos nuevos, coincidió para los 60 días en todas las variedades destacándose la variedad CT-115 con el mayor valor ( $p \leq 0,001$ ), este fue común con el resto de las variedades en esta edad, excepto para el CT-608. El valor del CT-115 en comentario difirió con sus propios promedios y con los del resto de las variedades en estudio en las edades posteriores a 60 días.

Los valores significativamente inferiores se obtuvieron en las variedades CT-605 y CT-601 a los 90 y 120 días de rebrote, respectivamente. El resto de las variedades manifestaron promedios intermedios en las diferentes edades y que no se diferenciaron de los valores que aportó el CT-115, solo el CT-601 a los 90 días se diferenció ( $p \leq 0,001$ ) de la variedad CT-608 a los 150 días.

Para el AF (Tabla 2), la respuesta fue errática, algunas variedades manifestaron la expansión del AF a lo largo de las edades de rebrote evaluadas (CT 601, 603 y 605), el resto (CT 609 y 115) lo revelaron en la edad de 90 días. La variedad CT-115 en las edades de 90 y 120 días presentó valores similares al obtenido por las variedades CT-605 y CT-609 a los 150 y 90 días de rebrote, respectivamente. Las variedades CT 601, 603 y 608 no mostraron diferencias con los valores propios dentro de las edades ( $p \geq 0,05$ ). Las variedades CT 605, 609 y 115 que tuvieron valores diferentes a los 60 días con respecto a los 150 días de rebrote dentro de cada variedad ( $p \leq 0,001$ ).

Para el IAF los mayores valores fueron aportados en las edades más prolongadas.

Tabla 2. Comportamiento del área foliar e índice de área foliar en nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en diferentes edades de rebrote en la época poco lluviosa.

Variedades (CT)	<sup>1</sup> Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				<sup>2</sup> Índice de Área Foliar			
	60	90	120	150	60	90	120	150
	Edades de rebrote (días)				Edades de rebrote (días)			
601	84,9 <sup>figh</sup> (4,43)	102,7 <sup>e-h</sup> (4,56)	131,3 <sup>c-g</sup> (4,84)	147,4 <sup>b-g</sup> (4,92)	7,07 <sup>e</sup> (2,08)	15,62 <sup>d</sup> (2,79)	19,5 <sup>bd</sup> (2,98)	23,2 <sup>bd</sup> (3,14)
603	94,4 <sup>e-h</sup> (4,53)	117,2 <sup>d-g</sup> (4,75)	120,3 <sup>c-g</sup> (4,78)	132,9 <sup>c-g</sup> (4,88)	7,87 <sup>e</sup> (2,17)	19,35 <sup>bd</sup> (2,98)	19,8 <sup>bd</sup> (3,02)	21,1 <sup>bd</sup> (3,09)
605	62,40 <sup>h</sup> (4,08)	79,4 <sup>gh</sup> (4,36)	112,8 <sup>d-g</sup> (4,72)	224,10 <sup>ab</sup> (5,40)	5,22 <sup>e</sup> (1,79)	15,5 <sup>d</sup> (2,72)	16,02 <sup>d</sup> (2,83)	28,07 <sup>abc</sup> (3,36)
608	81,1 <sup>gh</sup> (4,36)	93,5 <sup>e-h</sup> (4,52)	113,7 <sup>d-g</sup> (112,8)	131,6 <sup>c-g</sup> (4,85)	6,75 <sup>e</sup> (2,02)	14,5 <sup>d</sup> (2,72)	17,25 <sup>cd</sup> (2,89)	20,42 <sup>bd</sup> (3,04)
609	77,12 <sup>gh</sup> (4,34)	206,1 <sup>a-d</sup> (5,26)	183,7 <sup>b-d</sup> (5,17)	161,6 <sup>b-e</sup> (5,05)	6,42 <sup>e</sup> (2)	23,6 <sup>d</sup> (3,17)	17,25 <sup>ab</sup> (3,41)	28,7 <sup>abc</sup> (3,36)
115	62,97 <sup>h</sup> (4,08)	285,8 <sup>a</sup> (5,65)	211,6 <sup>abc</sup> (5,65)	144,2 <sup>b-f</sup> (4,96)	5,25 <sup>e</sup> (1,83)	29,07 <sup>abc</sup> (3,41)	41,4 <sup>a</sup> (3,71)	29,6 <sup>ab</sup> (3,47)
EE	0,057				0,027			
P	0,00001				0,00001			

<sup>a-h</sup> Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Keuls (1952)<sup>1</sup>

<sup>a-d</sup> Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Keuls (1952)<sup>2</sup>

Números entre paréntesis corresponden a valores transformados para  $\log(x)$ <sup>1</sup> y  $\log(x+1)$ <sup>2</sup>

La variedad CT-115 mostró valores similares a los 90, 120 y 150 días, también fueron similares a los obtenidos en la variedad CT-609 a los 120 y 150 días, y en esta última edad con los valores del CT-605. Los valores significativamente inferiores se obtuvieron de forma general para todas las variedades a los 60 días de rebrote ( $p \leq 0,001$ ) (Tabla 2).

Las variedades CT-601, 603, 605 y 608 mostraron similares valores en la DAF en las edades de 90 a 150 días, excepto el valor intermedio del CT-605 a los 90 días. Los promedios del CT-609 y CT-115 fueron comunes a los obtenidos por el CT 601, 603 en la edad de 120 días y en la posterior a esta (Tabla 3).

Para la época lluviosa la interacción de segundo grado solo afectó la variable TCA (Tabla 4). La mayor tasa de crecimiento la alcanzó el CT-608 a los 60 días. Hasta los 120 días mostró diferencias estadísticas con sus propios promedios (120 y 150 días) y con los de las variedades CT 601 (90, 120 y 150 días), 603 (120 días) y 605 (90 días). El valor significativamente inferior se obtuvo también en la variedad CT-608 a los 150 días, y este solo difirió del promedio del CT-601 a los 150 días, con el resto de las variedades los superíndices fueron similares  $p \geq 0,01$ . El CT-115 estuvo favorecido por el incremento de la TCA hasta los 120 días, comportamiento similar solo manifestó el CT-609, el resto de las variedades a partir de los 90 días, decayeron en valores de TCA. Lo que le resalta al CT-115 y CT-609 capacidad de acumular materia seca por unidad de tiempo en comparación al resto de las variedades.

Tabla 3. Duración del área foliar de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en diferentes edades de rebrote en la época poco lluviosa.

Variedad (CT)	<sup>1</sup> Duración del área foliar (cm <sup>2</sup> días <sup>-1</sup> )			
	Edades de rebrote (días)			
	60	90	120	150
601	69,9 <sup>g</sup> (8,34)	172,7 <sup>ef</sup> (13,06)	219,1 <sup>cde</sup> (18,44)	263,7 <sup>cde</sup> (16,04)
603	79,4 <sup>g</sup> (8,87)	196,7 <sup>ef</sup> (14,01)	222,5 <sup>cde</sup> (14,89)	238,2 <sup>b-e</sup> (15,42)
605	47,4 <sup>g</sup> (6,72)	126,9 <sup>f</sup> (11,24)	177,3 <sup>ef</sup> (14,89)	321,9 <sup>bcd</sup> (17,9)
608	66,10 <sup>g</sup> (8,05)	159,6 <sup>ef</sup> (12,56)	192,2 <sup>ef</sup> (13,29)	230,3 <sup>cde</sup> (15,08)
609	69,9 <sup>g</sup> (7,86)	268,2 <sup>bcd</sup> (16,24)	374,6 <sup>b</sup> (13,80)	330,1 <sup>bcd</sup> (18,03)
115	47,9 <sup>g</sup> (6,91)	333,8 <sup>bcd</sup> (18,27)	48,5 <sup>a</sup> (19,10)	340,7 <sup>bc</sup> (18,96)
EE	2,14			
P	0,00001			

<sup>a-g</sup> Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Keuls (1952)

Números entre paréntesis corresponden a valores transformados para  $\log(x)$

El efecto independiente edad de rebrote en el período lluvioso modificó la DBM, el mayor valor ( $p \leq 0,001$ ), se obtuvo a los 120 días (606,1 kg días<sup>-1</sup>), y este fue común con el promedio a los 150 días (545,1 kg días<sup>-1</sup>), pero diferente significativamente con los valores que se obtuvieron a los 60 y 90 días (484,3 kg días<sup>-1</sup>, para ambas edades), con un error estándar de 0,57.

Tabla 4. Comportamiento de la Tasa de Crecimiento Absoluto en nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en diferentes edades de rebrote en la época lluviosa.

Variedad (CT)	TCA (g día <sup>-1</sup> )			
	Edades de rebrote (días)			
	60	90	120	150
601	201,6 <sup>abc</sup> (5,27)	176,1 <sup>bc</sup> (5,13)	156,2 <sup>bd</sup> (5,10)	125 <sup>cde</sup> (4,80)
603	286,07 <sup>ab</sup> (5,62)	222,8 <sup>abc</sup> (5,37)	174,6 <sup>bc</sup> (5,12)	90 <sup>ef</sup> (4,45)
605	244,5 <sup>abc</sup> (5,50)	150,6 <sup>bc</sup> (4,93)	285,4 <sup>abc</sup> (5,55)	89,17 <sup>def</sup> (4,45)
608	347,7 <sup>a</sup> (5,87)	239,5 <sup>abc</sup> (5,42)	175 <sup>bcd</sup> (5,10)	71,15 <sup>f</sup> (4,12)
609	288,7 <sup>ab</sup> (5,65)	213,6 <sup>abc</sup> (5,35)	184,3 <sup>abc</sup> (5,28)	78,3 <sup>ef</sup> (4,32)
115	194,5 <sup>abc</sup> (5,27)	207,9 <sup>abc</sup> (5,26)	184,5 <sup>abc</sup> (5,7)	89,1 <sup>def</sup> (4,45)
EE	0,248			
P	0,00562			

<sup>a-f</sup> Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Keuls (1952)

Números entre paréntesis corresponden a valores transformados para log(x)

Para el período lluvioso, otras variables fueron afectadas por el efecto principal edad de rebrote (Tabla 5). Para el AF la edad de 90 días fue el mayor valor para esta variable, las edades 60 y 150 días propiciaron los menores valores ( $p \leq 0,001$ ). Mientras que el IAF y DAF fue a la edad de 120 días donde se presentó el valor significativamente superior y a los 60 días el menor para ambas variables. Sin embargo, la DBM tuvo dos momentos para aportar biomasa de forma significativa, a los 120 y 150 días de rebrote. La TCR tuvo su mejor ( $p \leq 0,001$ ) momento en la edad de 60 días, y se fue reduciendo la capacidad de acumulación

de biomasa por día en función del incremento de la edad de rebrote (Tabla 5).

En la Tabla 6 se muestra el efecto de las variedades de *C. purpureus* sobre los indicadores fisiológicos en la época lluviosa. Para el AF el CT-608 difirió con el CT-603. Mientras que para el IAF y DAF fueron en las variedades CT-603 y CT-605 en las que se obtuvieron valores diferentes de los promedios del CT 601, 608 y 609 ( $p \leq 0,001$ ).

## DISCUSIÓN

En la época poco lluviosa, los valores de la TCR (Tabla 1), coinciden con el estadio de crecimiento del pasto, al ser una variable que relaciona la formación de tejidos nuevos por unidad de tiempo, y que se expresa en base seca, es lógico que en los primeros momentos la planta manifieste un incremento positivo en el desarrollo de nuevos tejidos, y que luego, en respuesta del propio hábito de crecimiento el proceso se haga más lento, tal como figura en las edades posteriores a 60 días. Los promedios obtenidos se encuentran próximos a 0,02 a 0,5 g g día<sup>-1</sup>, rangos definidos por Badle (1993) como aceptables para la mayoría de las especies de plantas  $C_4$  en diversas condiciones ambientales, lo que identifica a las nuevas variedades como promisorias para el tipo de ambiente en las que se desarrollan, y sobre todo, en la época de evaluación que es donde predominan bajas temperaturas, días cortos, condiciones que atentan con un desarrollo eficiente de la fotosíntesis, y con ello menor TCR. El tipo de condiciones climáticas según Fortes (2012), son de las que determina la TCR, además de especie o cultivar y estadio de crecimiento.

Tabla 5. Efecto de la edad de rebrote en indicadores fisiológicos de nuevas variedades de *C. purpureus* en la época lluviosa.

Indicador	Edad de rebrote (días)				EE	P
	60	90	120	150		
Área foliar, cm <sup>2</sup>	167,6 <sup>c</sup>	258,8 <sup>a</sup>	231,1 <sup>b</sup>	168,6 <sup>c</sup>	1,69	0,0001
<sup>1</sup> Índice de área foliar	13,9 <sup>c</sup> (2,55)	35,4 <sup>b</sup> (3,54)	41,16 <sup>a</sup> (3,70)	33,30 <sup>b</sup> (3,49)	0,17	
<sup>1</sup> Duración del área foliar, cm <sup>2</sup> días <sup>-1</sup>	152,6 <sup>c</sup> (4,92)	416,5 <sup>b</sup> (6)	477,9 <sup>a</sup> (6,15)	384,7 <sup>b</sup> (5,94)	0,19	
<sup>1</sup> Duración de la Biomasa, kg días <sup>-1</sup>	121,6 <sup>b</sup> (4,7)	370,7 <sup>a</sup> (5,56)	167,2 <sup>b</sup> (5,02)	260,8 <sup>a</sup> (5,51)	0,03	
<sup>2</sup> TCR (g día <sup>-1</sup> )*10 <sup>-3</sup>	162,7 <sup>a</sup> (5,09)	25,8 <sup>b</sup> (2,85)	22,6 <sup>b</sup> (2,09)	10,3 <sup>c</sup> (2,97)	0,34	

<sup>a, b, c</sup> Letras diferentes en una misma fila difieren entre sí según Keuls (1952)

Números entre paréntesis corresponden a valores transformados para log(x)<sup>1</sup> y log(x+2)<sup>2</sup>

Tabla 6. Efecto de la variedad en algunos indicadores fisiológicos de nuevas variedades de *C. purpureus* en la época lluviosa.

Variedades (CT)	Indicadores		
	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Índice de Área foliar	Duración del área foliar (cm <sup>2</sup> días <sup>-1</sup> )
601	218,9 <sup>ab</sup>	27,76 <sup>b</sup> (3,24)	330,4 <sup>b</sup> (5,87)
603	194,1 <sup>b</sup>	33,85 <sup>a</sup> (3,47)	391,1 <sup>a</sup> (5,70)
605	225,8 <sup>ab</sup>	37,53 <sup>a</sup> (3,54)	435,4 <sup>a</sup> (5,91)
608	248,2 <sup>a</sup>	29,40 <sup>b</sup> (3,15)	337,8 <sup>b</sup> (5,98)
609	207,9 <sup>ab</sup>	29,87 <sup>b</sup> (3,27)	342,15 <sup>b</sup> (5,67)
115	207,8 <sup>ab</sup>	33,01 <sup>ab</sup> (3,43)	381,21 <sup>ab</sup> (5,87)
EE	52,5	1,75	24,1
<i>P</i>	0,0357	0,00013	0,00013

<sup>a, b</sup> Letras diferentes en una misma columna difieren entre sí según Keuls (1952)

Números entre paréntesis corresponden a valores transformados para log(x)

Fortes *op. cit.* obtuvo valores inferiores a los del presente estudio cuando evaluó a la variedad CT-115 en pastoreo, también fueron inferiores al intervalo señalado por Beadle *op. cit.* El primer autor referido fundamentó que en su estudio, el comportamiento obedeció a los propios mecanismos fisiológicos de la planta producto al incremento de la edad en la que se sometió el pastoreo, ya que no coincidía con edades tempranas donde prevalecen las hojas jóvenes con gran capacidad fotosintética y elevada fijación de CO<sub>2</sub>, sino que predominaron procesos de senescencia, y con ello reducción de eficiencia fotosintética de las hojas y aumento de las pérdidas respiratorias de la planta, procesos que atentan a una eficiente TCR, y que están manifiestos en el presente estudio en las edades posteriores a 60 días.

Se observaron comportamientos variables en algunas variedades (CT 603, 608 y 115) en función de las edades evaluadas, señalando para este fenómeno respuestas individuales de cada variedad en función de eficiencia fotosintética y acumulación de fotoasimilados, que se relacionan con la cantidad de hojas del dosel y la intercepción de la radiación, en este sentido destacó la importancia de la estructura vertical de las plantas en la captación de la energía radiante, y de esta forma la TCR.

Para la TCA excepto el CT-601, todas las variedades tuvieron un incremento ascendente a los 60 días de edad, con una inflexión a los 90 días. Este incremento

productivo en la primera edad según Leonard *et al.*, (2014) se relaciona con las condiciones climáticas y no mecanismos intrínsecos de las plantas. Se debe señalar que en esta primera edad ocurre la llamada de crecimiento producto de las reservas acumuladas en las raíces en caso de las plantas del presente estudio que ya estaban establecidas, luego se entiende que se reduce el incremento de la TCA por la utilización de las mencionadas reservas y de los carbohidratos sintetizados para la producción de hojas y otras estructuras como parte intrínseca del desarrollo y no del crecimiento. En el criterio de Leonard *op. cit.* esta respuesta ocurre por una compensación del sistema fotosintético en función del crecimiento, sin embargo, no tuvieron en cuenta que en las condiciones en que se desarrolló su estudio, la disponibilidad hídrica no es una limitante al precipitar 4000 mm en la Amazonia Ecuatoriana (Uvidía et al., 2013), y que además de la disponibilidad de humedad que ofrece, la molécula de agua aporta a partir del hidrógeno, parte de los esqueletos carbonados para la formación de carbohidratos estructurales y no estructurales (Ledea *et al.*, 2016), efecto que se relaciona con el desarrollo y crecimiento, no solamente con la eficiencia fotosintética. El comportamiento de inflexión observado, se ha descrito en otras especies de *Cenchrus purpureus* vc King grass (Leonard *et al.*, 2014) y en otras gramíneas tropicales como *Setaria splendida* y *Brachiaria híbrido* cv mulato (Leonard *et al.*, 2017), ambos ejemplos en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana, también en ecosistemas áridos con el pasto *Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr. en Chihuahua (Álvarez *et al.*, 2017), México. De lo que se instuye, que este es un mecanismo muy particular de las gramíneas tropicales influenciado por las características climáticas que imperan en la zona y/o región donde se desarrollen las mismas.

Se debe considerar que un incremento de la TCA sostenido no siempre debe interpretarse como positivo, ya que unas de las particularidades de las gramíneas tropicales es la acumulación de biomasa, y acelerada maduración de tejidos por la amplia capacidad de asimilación de radiación que poseen, lo que trae consigo una afectación química por modificaciones de la pared celular con la consecuente pérdida de valor nutritivo (Ledea *et al.*, 2018b).

Se observa en la Tabla 2 que las variedades referidas recientemente con comportamiento irregular en la TCR, fueron las variedades que menor área foliar mostraron y para el CT-115, su abrupto incremento para los 120 días, se reflejó en la TCR.

La respuesta del AF fue la esperada (Tabla 2), con un incremento continuo en función del aumento de la edad de rebrote, aunque algunas (CT 609 y 115) tuvieron un comportamiento prematuro en la expansión del área foliar, y luego manifestaron un declive progresivo de

esta variable, con presunción de acumulación de material muerto producto al efecto de la senescencia. Por lo general este es un comportamiento de cultivos de ciclos cortos, y le puede atribuir a las nuevas variedades, en edades no muy distantes de la que se manifiesta la expansión foliar, un incremento de producción de biomasa de calidad.

Este comportamiento no se corresponde con el observado por Calsina *et al.* (2014), sin embargo, se justifica mediante la eficiencia que manifiestan las plantas al invertir su crecimiento temprano en la expansión foliar para un mejor aprovechamiento de la radiación solar (Gardner *et al.*, 2000). Sin embargo, debe considerarse que el auto sombreado ejerce un efecto negativo sobre el aprovechamiento de esta respuesta, y que puede llegar a deprimirse si transcurre mucho tiempo luego de la edad en que mostró el mayor potencial foliar, también debe considerarse que la prolongada edad se traduciría en una afectación de la calidad química por el engrosamiento de la pared celular, y prevalencia de carbohidratos estructurales (Ledea, 2016) por lo tanto, es necesario no hacer una utilización tardía del acúmulo de biomasa cuando esta se manifieste.

Reportes similares de AF se han registrado en el período lluvioso (Fortes, 2012) y en transiciones de estaciones climáticas (verano-invierno) (Colabelli *et al.*, 1998), donde la particularidad es la prevalencia de días largos con altas temperaturas, y por tanto, mayor exposición a niveles de irradianza que justifican la expansión foliar, todo lo contrario ocurre en períodos de poca duración de horas luz y bajas temperaturas, sin embargo, es de considerarse que el sistema de manejo a partir de las edades establecidas para el corte redujeron el efecto negativo de la estación climática sobre la expresión de esta variable fisiológica.

Castro *et al.* (2013) plantearon que las defoliaciones poco frecuentes o a edades equis distantes, posibilitan el desarrollo de hojas largas producto al tiempo de recuperación foliar que le imprime la edad de rebrote, en su defecto, se desarrollarán hojas cortas con predominios de tallos. A su vez, Zepeda *et al.* (2018) señalaron que el crecimiento, y por consiguiente el desarrollo foliar del género *Cenchrus*, se condiciona principalmente con la edad en que se utilice la planta, en las condiciones del Valle del Cauto y ecosistemas similares, es preciso mantener frecuencias de utilización de la planta similares o cercanas a las que se dictan en el presente trabajo cuando se desarrollen estudios agronómicos con intereses productivos.

El IAF, variable que se mantuvo en consonancia con el desarrollo del área foliar como variable respuesta, pero expresando el área foliar que esta fotosintéticamente activa a partir de la relación del área foliar de un cultivo por área de suelo, esta respuesta y los valores obtenidos

se identifican como favorables según el criterio de Fortes (2012), al comentar que esta variable depende de los niveles de irradianza, expansión de hojas y altas temperaturas para su favorable expresión. Atendiendo a que en la época climática en cuestión estas variables se manifiestan de forma inversa a las necesidades para un buen desarrollo del índice foliar, y lo cual se reflejó en la expresión tardía de la misma (120-150 días de forma general), se infiere que fue la humedad residual del suelo propició un desarrollo favorable en las plantas, en este sentido se ha planteado que la elongación celular y en menor grado la división celular se ve afectada por el déficit hídrico, lo que influye en desarrollo foliar y por tanto en su índice de expansión.

Las nuevas variedades y sistema de manejo establecido posibilitaron de forma mayoritaria se manifestara entre los 120 y 150 días los valores más significativos de IAF, estos resultados coinciden con los obtenidos por Rueda *et al.*, (2016), cuando evaluaron ocho variedades de *C. purpureus* con potencialidades para la producción de energía en Veracruz, México. Esta variable está directamente relacionada con la producción de biomasa según las experiencias de Tavares *et al.*, (2010) e Silva de Aquino y de Conti (2014) en caña de azúcar.

Para complementar los índices anteriores se determinó la DAF (Tabla 3) que expresa la magnitud y persistencia del área foliar durante el período de crecimiento de la planta (Hunt, 1990), esta variable manifestó valores similares a los expresado por el AF y el IAF. El comportamiento representado en la Tabla 3 no se corresponde con lo observado por Fortes (2012) al referir que esta variable disminuyó en función del incremento de la edad de rebrote en dos de los cuatro ciclos que evaluó en su estudio, según este autor la DAF guarda una relación inversamente proporcional con el AF y con la cantidad de hojas verdes, y responde favorablemente al incremento de la eficiencia fotosintética y crecimiento de la planta, no obstante, observó comportamientos erráticos que no se relacionaban con lo antes mencionado, provocados seguramente en respuesta al sistema de manejo impuesto, que consistió en sometimiento a pastoreo.

Desde los 90 hasta los 150 días existe un incremento paulatino de la eficiencia fotosintética y crecimiento de la planta, con excepción del CT-115 que a los 120 días presentó un pico de la DAF, mientras que el CT-605 lo manifestó a los 150 días, lo que sugiere que hasta los 120 días todas las variedades se mantienen acumulando biomasa. Sin embargo, es importante resaltar que esta variable no presenta un patrón por el cual se pueda interpretar, sino que responde a estímulos como lo constituyen el sistema de manejo y período climático.



En la época lluviosa la única variable que se modificó por el efecto de la interacción de segundo grado (Variedad x Edad) fue la TCA (Tabla 4), se puede observar claramente que las nuevas variedades están acumulando biomasa hasta los 120 días de rebrote, y que el clima de este período favoreció esta respuesta al presentarse las condiciones idóneas para el crecimiento, desarrollo y acumulación de biomasa. A los 150 días ocurrió un descenso y se debió a un balance negativo que se establece entre la fotosíntesis y la respiración que resulta en una ineficiencia biológica en la acumulación de biomasa en la referida edad (Fortes *et al.*, 2015). Esto se debe a la relación que existe entre la vía fotosintética que utilizan las gramíneas tropicales con la respiración de estas, sin obviar las interacciones entre los atributos genéticos, ambientales, fisiológicos y las características morfológicas que determinan la productividad del pastizal (Pedreira, 2006), que este período no marcó las diferencias según el objetivo del presente estudio.

En la Tabla 5 se observa otro grupo de variables fueron condicionadas por la edad de rebrote. Se observó que no hubo relación del momento de expresión del potencial entre las variables en discusión, de esta forma la mayor área foliar se alcanzó a los 90 días, mientras que el IAF fue los 120, coincidiendo con la DAF. La DBM manifestó dos picos, uno a los 90 y otro a los 150 días, este comportamiento se justifica a partir del desarrollo de la planta lo cual define la edad de la misma. Las superposiciones de las hojas van a generar un incremento del área foliar, y con ello el paulatino incremento del IAF para la recepción de luz y acumulación de MS, este mismo efecto va a generar que las hojas más viejas y desarrolladas se vean afectadas por el auto sombreado y se afecte la DAF. Mello y Pedreira (2004), observaron un decrecimiento en el desarrollo del dosel cuando se llegó a interceptar hasta el 95% de la energía radiante, efecto que pudo manifestarse en el presente estudio y que condicionó el comportamiento de la DBM con dos picos de esta variable. En este sentido Ledea *et al.* (2018a), observó que a la edad de 120 días, las dimensiones de las hojas se redujeron con respecto al resto de las edades que evaluó, lo cual se corresponde con la distribución del área foliar con hojas más pequeñas, que condiciona menor área foliar, pero mayor DBM al no verse afectadas las mismas por el auto sombreado, lo cual posibilita interceptación de luz sin interrupciones incrementando por tanto la tasa fotosintética de las mismas, con una acumulación discreta de biomasa.

La respuesta fisiológica de la planta se explica como mecanismo compensatorio, sin embargo, productivamente no es aprovechable y, por lo tanto, la producción de biomasa no es comparable con la productividad de las edades anteriores. En edades avanzadas, en el ecosistema en estudio, es muy común en esta especie de pasto la acumulación de tallos como

mecanismo respuesta a la exposición de altas temperaturas y ciclo de crecimiento más acelerado, que si bien, incrementa la biomasa por el aporte de este órgano, la hace inaprovechable por las características químicas que las caracteriza (Ledea *et al.*, 2018b).

## CONCLUSIÓN

El Valle del Cauto condicionó la respuesta morfo fisiológica de forma marcada cuando se utilizaron las plantas en diferentes edades de rebrote en el período de pocas lluvias, con excepción de la DAF que la determinó las características intrínsecas de cada variedad. Mientras que en el período lluvias solo la TCA se afecta por la combinación de cortes dentro de esta estación climática. Sin embargo, las variables que responden de forma mayoritaria a la permanencia y acumulación de biomasa se afectaron por la edad de rebrote y variedad, pero de forma separada.

## REFERENCIAS

- Álvarez, A., Febles, G., Fernández, J. M. 2016. Space distribution of *Pennisetum purpureum*, according to projections for climate change in Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science 50(2): 291-303. ISSN: 2079-3480
- Álvarez, A., Morales, C.R., Corrales, R., Sierra, J.S., Villarreal, F. 2017. Análisis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr.], bajo condiciones de invernadero. Revista Tecnociencia Chihuahua. 11(1): 25-32. ISSN: 1870-6606
- Arias, R.C., Ledea, J.L., Benítez, D.G., Ray, J.V., Ramírez, J.L. 2018. Performance of new varieties of *Cenchrus purpureus*, tolerant to drought, during dry period. Cuban Journal of Agricultural Science 52(2). 1-12. ISSN: 2079-3480
- Barranco, G. and Díaz, L.R. 1989. Clima. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Cuba: Instituto de Geografía de la ACC, ICGC, MINFAR.
- Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Society. London 160: 268. ISSN 1471-2946
- Beadle, C.L. 1993. Growth analysis. In Photosynthesis and production in a changing environment (pp. 36-46). Springer, Dordrecht. DOI <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1566-7>
- Calsina, M., Mc Lean, G., Nanning, F., Otondo, J., Petrucci, H., Pizzio, R., Stritzler, N. 2014. Gramíneas forrajeras para el subtrópico y el semiárido central de la Argentina. ISBN-978-987-521-551-1. Disponible en:

- www.produccionbovina.com.ar/produccion\_y\_manejo\_pasturas/pasturas\_cultivadas\_meg\_atermicas/213-Gramineas\_forrajeras\_2014.pdf. Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2018.
- Castro, R., Hernández, A., Ramírez, O., Aguilar, G., Enríquez, J.F., Mendoza, S.I. 2013. Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(2), 201-215. ISSN: doi <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4758>
- Colabelli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A. Labreux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. En: *Producción Bovina de Carne. Boletín Técnico* N° 148. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso\\_crecimiento.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso_crecimiento.pdf). Consultado: 8 de octubre de 2018.
- De Armas, U., Delgado, R., Ortega, E., García, R. 1988. *Fisiología vegetal*: Pueblo y Educación.
- Fortes, D. 2012. Comportamiento de algunos indicadores morfofisiológicos y de calidad de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. (Doctor en Ciencias), Instituto de Ciencia Animal.
- Fortes, D., Herrera, R., García, M., Cruz, M., Romero, A. 2015. *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Indicadores morfofisiológicos. *Cuban Journal of Agricultural Science* 49(4): 521-527. ISSN: 2079-3480
- Gardner, F.P., Brent Pearce, R., Mitchel, R. L. 2000. Carbon fixation by crop canopies En: *Physiology of Crop Plants*. Low a State University Press. p. 31.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D., Rivero, L., Camacho, I. 2015. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba. p 64.
- Herrera, R.S. and Ramos, N. 2006. Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. R. S. Herrera, G. J. Febles y G. J. Crespo (Eds.). EDICA, Instituto de Ciencia Animal, Cuba. p. 79
- Herrera, R.S. 2010. Estado actual de las investigaciones en pastos. Taller sobre cambio climático. Instituto de Ciencia Animal. La Habana
- Hunt, R. 1990. *Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners*. London: Unwin Hyman, 112p.
- Keuls, M. 1952. The use of the 'studentized range' in connection with an analysis of variance. *Euphytica* 1(2):112-122. <https://doi.org/10.1007/BF01908269>
- Leonard, I., Burgos, J.C.V., Uvidia, H., Torres, V., Andino, M., Benítez, D. 2014. Influencia del método de siembra sobre la curva de crecimiento del *Pennisetum purpureum* vc King grass en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*. 3(1), 33-48. ISSN 1390-8049.
- Ledeá, J. 2016. Caracterización de la composición químico-nutritiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. (Maestro en Ciencias), Universidad de Granma.
- Ledeá, J., Ray, J., Arias, R., Cruz, J., Rosell, G., Reyes, J. 2018a. Agronomic and productive performance of new drought tolerant *Cenchrus purpureus* cultivars. *Mesoamerican Agronomy*, 29(2), 343-362. DOI:10.15517/ma.v29i2.29107
- Ledeá, J.L., Verdecia, D., La O, O., Ray, J.V., Murillo, B. 2018b. Chemical characterization of new varieties of drought tolerant *Cenchrus purpureus*. *Mesoamerican Agronomy*, 29(3):655-672. DOI:10.15517/ma.v29i3.32910.
- Massey, F.J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American statistical Association*. 46 (253), 68-78. Available in: <http://www.jstor.org/stable/2280095>
- Mello, A.C.L., Pedreira, C.G.S. 2004. Respostas morfofisiológicas do capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p.282-289. DOI: 10.1590/S1516-35982004000200003
- Mielke, M., Hoffmann, A., Endres, L., Fachinello, J. 1995. Comparação de métodos de laboratório e de campo para estimativa da área foliar em fruteiras silvestres. *Scientia agricola*, 52(1), 82-88. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161995000100015>

- ONEI. 2008. Medio Ambiente (1958-2008). *Medio Ambiente. Estadísticas en la Revolución*, 177. Retrieved from <http://www.onei.cu/publicaciones/50aniversario/medio%20ambiente/public%20completa.pdf> website:
- Pedreira, B.C. 2006. Intercepción de luz, arquitectura e assimilação de carbono em dosséis de capimxaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf.cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado. (Maestro en Ciencias). ESALQ, Piracicaba. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.03.007>
- Ramírez de la Ribera, J.L., Leonard, I., López, Y., Álvarez, Y., López, B. 2005. Efecto de la edad de rebrote en el valor nutritivo de dos especies de pastos tropicales. Disponible en: <http://www.visiónveterinaria.com/art189>.
- Ramírez de la Ribera, J.L., Kijora, C., Leonard, I., Cisneros, M., Tamayo, W. 2008. Effect of age and growing season on DM yield and leaf to stem ratio of different grass species and varieties growing in Cuba. *Livestock Research for Rural Development*. 20(9): 23-27. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd20/9/rami20148.htm>
- Rueda, J.A., Ortega, E., Hernández, A., Enríquez, J. F., Guerrero, J.D, Requero, A. 2016. Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. *Biomass and Bioenergy*, 88. 59-65.
- Silva de Aquino, M and de Conti, C. 2014. Produtividade e índices biométricos e fisiológicos de cana-de-açúcar cultivada sob diferentes quantidades de palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 49(3): 173-180. DOI: 10.1590/S0100-204X2014000300003
- StatSoft. 2011. *Statistic for windows* (ver. 10.0) Tulsa Ok, USA: StatSoft, Inc.
- Tavares, O.C.H., Lima, E., Zonta, E. 2010. Crescimento e produtividade da cana-planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. *Acta Scientiarum Agronomy*. 32. 61-68. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i1.2051.
- Uvidia, H., Leonard, I., Benítez, D., Buestan, D. 2013. Dinámica del crecimiento de la Maralfalfa (*Pennisetum* sp.), en condiciones de la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 2(1), 14-18. ISSN 1390-8049
- Zepeda, R.G., Lazo, J.A., Sánchez, E.M.O., García, B. H., Sánchez, Y.J.J., Hernández, J.O.A., Martínez, R.T. 2018. Evaluación de cultivares de *Cenchrus purpureus* para la producción de forraje. *Livestock Research for Rural Development*. 30 (2): 1-8. ISSN 0121-3784