

## Performance of new varieties of *Cenchrus purpureus*, tolerant to drought, during dry period

### Comportamiento en el período poco lluvioso de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*, tolerantes a la sequía

R. C. Arias<sup>1</sup>, J. L. Ledea<sup>1</sup>, D. G. Benítez<sup>1</sup>, J. V. Ray<sup>1</sup> and J. L. Ramírez de la Ribera<sup>2</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 de Granma. Carretera Bayamo-Manzanillo km 16, Granma, Cuba  
Email: ledea1017@gmail.com

In order to evaluate the morphological and productive performance of new varieties of *Cenchrus purpureus* (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 and CUBA CT-115 as control), tolerant to drought in different regrowth ages (60, 90, 120, 150 days), in the dry season, a study was developed with a random block design in factorial arrangement, in which the effect of interaction of factors (6x4) on productive and agronomic variables was controlled. Yield of green matter and dry matter, leaf morphology, plant height and number of nodes were affected by the second degree interaction, while thickness and length of the stem were modified by the effects of variety and age, respectively. The highest value of green matter and dry matter yield was obtained in the CT-601 variety, at the age of 150 days (10.6 t GM ha<sup>-1</sup> and 2.76 t DM ha<sup>-1</sup>, respectively) for  $p \leq 0.001$ . For green matter, the values were similar for CT-605 and CT-609, and for DM, only with CT-609, and, in both cases, they were higher than CT-115. The lowest ( $p \leq 0.001$ ) mean of Green matter and dry matter was provided by CT-605, during the ages of 60, 90 and 120 days for green matter (1.08; 1.68 and 1.83 t GM ha<sup>-1</sup>), and 60, 90, 120 and 150 days for DM (0.27; 0.29; 0.41 and 1.97 t DM ha<sup>-1</sup>). At 120 days, a slight recovery was observed in the accumulation of DM by the CT-115, CT-609, CT-603 and CT-601 varieties, with redundant values of 1.20-1.58 t DM ha<sup>-1</sup>. It is concluded that, under the conditions of Valle del Cauto, the combined effect of regrowth age with variety conditions the agro-productive performance of the new varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to drought.

Keywords: *dry ecosystems, Cenchrus, yield, productivity*

Climatic fluctuations influence on morphology and productivity of plants (Ledea *et al.* 2017). In Cuba, there are two seasons (rainy and dry) with specific characteristics, historical mean precipitation is 1,335 mm, and more than 80 % of it falls in the rainy period. The rainfall regime is characterized by great variability, especially in the east, where more than 3,000 mm have been registered for the northern part and less than 600 mm for the southern area, mainly due to orographic influences (ONEI 2015). This variability determines, for six months in the year, a depression of productive potential of grasses and forages that are used in animal feed, and that their performance is markedly favored in the rainy season.

On the basis of the above considerations, it is pointed out that, in the eastern region, there is the Cauto river

Para evaluar el comportamiento morfológico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 y CUBA CT-115 como control) tolerantes a la sequía en diferentes edades de rebrote (60, 90, 120, 150 d) en la época poco lluviosa, se desarrolló un estudio en un diseño de bloques al azar en arreglo factorial. Se controló el efecto de la interacción de los factores (6 x 4) en variables agronómicas y productivas. El rendimiento de materia verde y materia seca, la morfología de la hoja, la altura de la planta y el número de nudos se afectaron por la interacción de segundo grado, mientras que el grosor y longitud del tallo se modificaron por los efectos de la variedad y edad, respectivamente. El valor superior de rendimiento de materia verde y materia seca se obtuvo en la variedad CT-601, en la edad de 150 d (10,6 t de materia verde ha<sup>-1</sup> y 2,76 t de materia seca ha<sup>-1</sup>, respectivamente) para  $P \leq 0,001$ . Para el rendimiento de materia verde, los valores fueron similares para el CT-605 y CT-609, y para la materia seca, solo con el CT-609. En ambos casos, se superó al CT-115. El menor ( $P \leq 0,001$ ) promedio de materia verde y materia seca lo aportó la variedad CT-605 durante las edades de 60, 90 y 120 d para materia verde (1,08; 1,68 y 1,83 t MV ha<sup>-1</sup>), y 60, 90, 120 y 150 d para MS (0,27; 0,29; 0,41 y 1,97 t MS ha<sup>-1</sup>). A los 120 d, hubo una ligera recuperación de la acumulación de MS por parte de las variedades CT-115, CT-609, CT-603 y CT-601, con valores redundantes de 1,20-1,58 t MS ha<sup>-1</sup>. Se concluye que, en las condiciones del Valle del Cauto, el efecto combinado de la edad de rebrote con la variedad condiciona el comportamiento agroproductivo de las nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*, tolerantes a la sequía.

Palabras clave: *ecosistemas secos, Cenchrus purpureus, rendimiento, productividad.*

Las fluctuaciones climáticas influyen en la morfología y productividad de las plantas (Ledea *et al.* 2017). En Cuba, existen dos épocas climáticas (lluviosa y poco lluviosa) con características específicas. La precipitación media histórica es de 1335 mm, y de ella más del 80 % precipita en la época de lluvias. El régimen pluviométrico se caracteriza por gran variabilidad, sobre todo en el oriente, donde se han registrado más de 3000 mm para la porción norte, y menos de 600 para la porción sur, principalmente por las influencias orográficas (ONEI 2015). Esta variabilidad determina, durante seis meses en el año, una disminución del potencial productivo de los pastos y forrajes utilizados en la alimentación animal, cuyo comportamiento es marcadamente favorecido en la estación lluviosa.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, en la región oriental se encuentra la cuenca del río Cauto, con

basin, with an area of 4.5 thousand km<sup>2</sup>, and four of the five eastern provinces are grouped here. In this area, more than 90 % of the eastern livestock (Fajardo 2008) is developed, where climate variability is combined and hidden by edaphic affectations (salinity, erosion, degradation, low content of organic matter, and some others).

In this same sense, Ledea (2016) stated that, in order to recover meat and milk cattle rearing, a feeding basis should be ensured that provides, at least, availability of food with quality, but before getting to this particularity, it is necessary to know and characterize productivity of the varieties used for this purpose, and even more when limiting conditions prevail. Adverse ecosystems, or degraded by degenerative processes, which is where livestock is developed in Cuba, provide few nutrients and several toxic substances to livestock that is fed in these systems. One of the alternatives to ensure the feeding basis in these ecosystems is the introduction of species or varieties that tolerate the edaphoclimatic limitations of those ecosystems.

After the above considerations, it is important to state that new varieties of *Cenchrus purpureus* obtained by tissue cultures from CT-115, constitute a viable alternative to expand the feeding basis before adverse conditions. Ray *et al.* (2016) evaluated the new varieties and determined, by comparison with their parent CUBA CT-115, that CT-601, CT-603, CT-605, CT-608 and CT-609 had the best productive performance under conditions of intense seasonal drought, characteristic of Valle del Cauto. However, this productive response can be improved with the application of irrigation in minimum doses, fertilization with organic fertilizer strategically applied, and cuts in different ages of the plant.

The cut is applied to take advantage of forage potential and pasture quality according to the development state of the plant. One of the premises in the management of pastures with the application of cuts is not to compromise the persistence of the crop by performing it when the plant has not yet accumulated reserves to ensure regrowth, nor establishing prolonged intervals of cuts, which limit their use for animal feeding due to its low quality. The moment of the cut is influenced by several factors. One of them is the edaphoclimatic characteristics of the ecosystems where crops are developed, by the strong relation they have with growth speed and tissue maturation (Ramírez de la Rivera 2010).

Therefore, the objective of this study was to evaluate the morphological and productive performance of the new varieties of *Cenchrus purpureus*, tolerant to droughts at different regrowth ages during the dry season.

### Material and Methods

*Locality, climate and soil.* The study was carried out at the Estación Experimental de Pastos y Forrajes from

extensión de 4.5 miles de km<sup>2</sup>, que agrupa cuatro de las cinco provincias orientales. En esta área, se desarrolla más del 90 % de la ganadería del oriente (Fajardo 2008), donde la variabilidad del clima se combina y solapa con afectaciones edáficas (salinidad, erosión, degradación, bajo contenido de materia orgánica, entre otros).

En este sentido, Ledea (2016) refirió que para recuperar la ganadería de carne y leche se debe asegurar la base alimentaria que provea, al menos, de disponibilidad de alimentos en pie con calidad, pero antes de llegar a esta particularidad es necesario conocer y caracterizar la productividad de las variedades que se utilicen para este fin, y más cuando imperan condiciones limitantes. Los ecosistemas adversos o degradados, en los que se desarrolla la ganadería en Cuba, proveen al ganado de pocas sustancias nutritivas y de varias sustancias tóxicas. Una de las alternativas para asegurar la base alimentaria en estos ecosistemas, es la introducción de especies o variedades que toleren las limitaciones edafoclimáticas propias de dichos ecosistemas.

Las nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*, obtenidas por cultivos de tejido a partir del CT-115, constituyen una alternativa viable para ampliar la base alimentaria ante condiciones adversas. Ray *et al.* (2016) evaluaron las nuevas variedades y determinaron mediante una comparación con su progenitor CUBA CT-115, que el CT-601, CT-603, CT-605, CT-608 y CT-609 eran los que mejor comportamiento productivo tenían en condiciones de intensa sequía estacional, características del Valle del Cauto. Pero esta respuesta productiva se puede mejorar con la aplicación de riego en dosis mínimas, fertilización con abono orgánico aplicado de forma estratégica, y cortes en diferentes edades de la planta.

El corte se aplica para aprovechar el potencial forrajero y la calidad de los pastos en función del estado de desarrollo de la planta. Una de las premisas en el manejo de los pastos con la aplicación de cortes es no comprometer la persistencia del cultivo, al realizarlo cuando la planta aún no ha acumulado las reservas para garantizar el rebrote. Tampoco se deben establecer prolongados intervalos de corte que limiten su utilización para la alimentación animal. En el momento del corte influyen un grupo de factores, entre los que se hallan las características edafoclimáticas de los ecosistemas donde los cultivos se desarrollan, por la gran relación que tienen con la velocidad de crecimiento y la maduración de los tejidos (Ramírez de la Rivera 2010).

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento morfológico y productivo de las nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*, tolerantes a la sequía en diferentes edades de rebrote durante la época de pocas precipitaciones.

### Materiales y Métodos

*Localidad, clima y suelo.* El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes, perteneciente al Instituto de Investigaciones

the Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, in Granma province, during dry seasons (May-October) between 2010 and 2012 in Cuba (ONEI 2014). The station is located at 20° 18'13" North and 76° 39' 48" West.

The climate of the region, where the station is located, is classified as relatively humid tropical (Barranco and Díaz 1989). In the study area, precipitations fluctuated between 89.5 and 115 mm per year (figure 1), with at least three months as average in different years without precipitation, the maximum value was recorded in April 2011 (115mm). The accumulated of the evaluated period represented 13.6 % of the accumulated (3181.9mm) of 2000-2017 for this same season. Figure 1 shows the monthly distribution of rains in this period and the historical mean for months.

Agropecuarias “Jorge Dimitrov” en la provincia Granma, durante la época poco lluviosa, de 2010 a 2012, contemplada en Cuba de mayo-octubre (ONEI 2014). La estación está situada en los 20° 18'13" de latitud norte y los 76° 39' 48" de longitud oeste.

El clima de la región se clasifica como tropical, relativamente húmedo (Barranco y Díaz 1989). En el área de estudio, las precipitaciones fluctuaron entre 89.5 y 115 mm anuales (figura 1). Hubo, al menos, como promedio, tres meses sin precipitaciones en los diferentes años. El valor máximo se registró en abril de 2011 (115mm). El acumulado del período evaluado representó 13.6 % del acumulado (3181.9mm) de 2000-2017 para esta misma época. En la figura 1 se representa la distribución mensual de las lluvias en este período y la media histórica por meses.

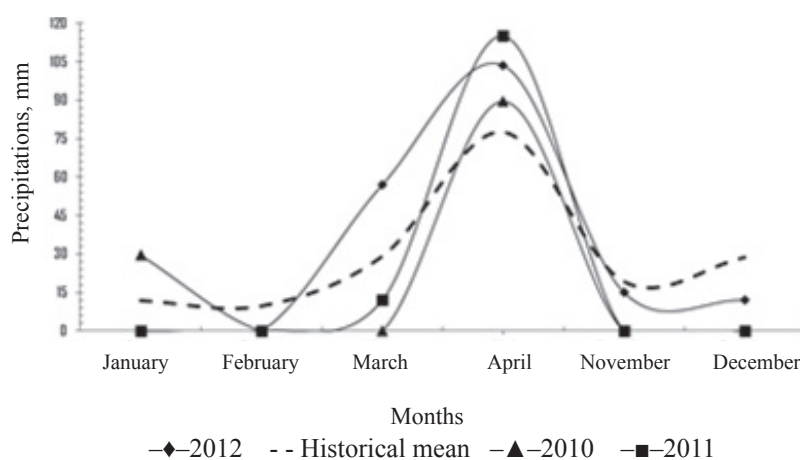


Figura 1. Performance of precipitations during the experimental period and historical mean per months

The soil of the experimental area is little differentiated fluvisol, according to the new version of genetic classification of soils in Cuba (Hernández *et al.* 2015), which chemical characteristics are shown in table 1. It presents good general drainage, flat topography and, generally, its natural fertility is between medium and low values with a slightly acid pH. It has very low salinity levels, up to 60 cm deep, nutrient levels are generally low, only the superior layer shows medium levels (Ledea 2016). According to this author, soil humidity in the first 60cm, during this period, ranges from 19.3 (April) to 39.9 % (March).

*Plant material used.* Cultivars used for the study were CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 and CT-115. These new cultivars were obtained in the Instituto de Ciencia Animal, through mutations induced by tissue

El suelo del área experimental es de tipo fluvisol, poco diferenciado, según Hernández *et al.* (2015). La tabla 1 muestra sus características químicas. Presenta buen drenaje general, la topografía es llana y, generalmente, su fertilidad natural se encuentra entre valores medios y bajos, con pH débilmente ácido. Presenta niveles de salinidad muy bajos, hasta los 60 cm de profundidad. En general, los niveles de nutrientes son bajos. Solo la capa superior manifiesta niveles medios, según refiere Ledea (2016). De acuerdo con este autor, la humedad del suelo en los primeros 60cm oscila entre 19.3 (abril) y 39.9 % (marzo).

*Material vegetal utilizado.* Los cultivares sometidos a estudio fueron el CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 y CT-115. Estos cultivares se obtuvieron en el Instituto de Ciencia Animal mediante mutaciones

Table 1. Some chemical indicators of the soil from the studied area

pH	mg/100 grams of soil				
	KCl	H <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	% de OM
4.7		6.3	2.2	7.3	2.10

culture, from the variety *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115.

*Design, treatment and statistical analysis.* A random block design was used in a factorial arrangement with four replications, as well as 24 treatments resulting from the combination of regrowth age (60, 90, 120 and 150 days), and new cultivars of *Cenchrus purpureus* (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 and CT-115 control). The Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) test was used for normal distribution of data and Bartlett (1937) test for the homogeneity of variances. The means resulting from the interactions were compared using Keuls (1952) test.

For the statistical analyzes, the Statistica on Windows package, version 10.0 (StatSoft, 2011) was used. Analysis of variance (ANAVA) was performed according to the requirements of the experimental design. The mathematical model used in each of the ANAVAs was as follows:

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

Where:

$Y_{ijkl}$  = response variable,

$\mu$  = common constant at all observations,

$R_i$  = effect of the  $i$ -th replication ( $i=1, \dots, 4$ ),

$ER_j$  = effect of the  $j$ -th regrowth age ( $j=1, \dots, 4$ ),

$V_k$  = effect of the  $k$ -th variety ( $k= 1, \dots, 5$ ),

$ER \times V_{jk}$  = combined effect of the  $j$ -th regrowth age in the  $k$ -th variety,

$e_{ijkl}$  = random error  $\sim N(0, \sigma_e^2)$ .

*Experimental procedure.* The study began in 2010 up to 2012. Irrigation was applied ( $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) during the entire experimental period at intervals of 21 days. The experimental area was already established in plots of  $5 \times 4 \text{ m}$  with harvestable area of  $12 \text{ m}^2$ , and five furrows in each plot with plantation frames of  $1 \times 0.75$ . A cut was made to achieve uniformity in the experimental material in November 2009, and then, organic fertilization of bovine manure was applied, with 1.38 % of nitrogen, in a dose of  $20 \text{ t ha}^{-1}$  in the evaluated period.

For the morphological measurements, 5 plants/treatments were randomly selected from the 7 days after the uniformity cut and were representative of the plant community, for a total of 120 plants per replication.

*Measurements in the plant.* They were carried out in five plants per repetition, for a total of four cuts for the 60 days, three for 90 days, and two for 120 and 150 days. Height (from the base to the apical cone), leaf length (from the base to the apex), mean width of the leaves from the average of lengths of base, middle and apical portions, stem thickness and length in the fourth internode, with the use of a vernier caliper and a graduated ruler, respectively, were measured in each plant, and the amount of nodes were counted.

*Yield of green matter (GM) and dry matter (DM).* The cut was performed after the measurements. For this purpose, the border effect, consisting of external

inducidas en cultivo de tejidos, a partir de la variedad *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115.

*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 d), y nuevos cultivares de *Cenchrus purpureus* (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609 y CT-115 control). Para la distribución normal de los datos, se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) y para la homogeneidad de varianzas, la 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 10.0 (StatSoft, 2011). Se realizaron análisis de varianza (ANAVA) según las exigencias del diseño experimental. El modelo matemático empleado en cada uno de los ANAVAs fue el siguiente:

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

donde:

$Y_{ijkl}$  = 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

$e_{ijkl}$  = error aleatorio  $\sim N(0, \sigma_e^2)$ .

*Procedimiento experimental.* El estudio comenzó en 2010 hasta 2012. Durante todo el período experimental se aplicó riego ( $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) a intervalos de 21 d. El área de experimentación ya estaba establecida, en parcelas de  $5 \times 4 \text{ m}$ , con área cosechable de  $12 \text{ m}^2$  y cinco surcos en cada parcela, con marcos de plantación de  $1 \times 0.75$ . Se realizó un corte para lograr uniformidad en el material experimental en noviembre de 2009. Seguidamente, se aplicó fertilización orgánica de estiércol bovino, con 1.38 % de nitrógeno, en dosis de  $20 \text{ t ha}^{-1}$  en el período evaluado.

Para las mediciones morfológicas, se seleccionaron de forma aleatoria, a partir de los 7 d después del corte de uniformidad, cinco plantas/tratamiento, que fueran representativas de la comunidad vegetal, para un total de 120 plantas por réplica.

*Mediciones en la planta.* Se realizaron en cinco plantas por repetición, para un total de cuatro cortes para los 60 d, tres para 90 d, y dos para 120 y 150 d. En cada planta se midió la altura (desde la base hasta el cono apical); la longitud de las hojas desde la base hasta el ápice; el ancho medio de las hojas a partir del promedio de las longitudes de las porciones base, medio y apical; el grosor y la longitud del tallo en el cuarto entrenudo. Con la utilización de un pie de rey y una regla graduada, respectivamente, se contó el número de nudos.

*Rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS).* Posterior a las mediciones, se realizó el corte.

furrows and 50 cm at the beginning and end of each plot, was removed. Plants that were not within the border effect were cut and weighed, considering this weight as green mass. These five plants selected for agronomic measurements were sectioned into leaves and stems and a sample of 300 g was taken and dried at a variable temperature according to the recommendations of Herrera *et al.* (2003). From the dry weight of the sample and the green weight of each plot, yield of dry matter per hectare was estimated.

### Results

Yield of GM and DM were affected by the second degree interaction during dry season (table 2). The significantly higher value in the GM yield ( $P \leq 0.001$ ) was obtained in the CT-601 variety at the age of 150 days ( $10.6 \text{ t GM ha}^{-1}$ ), and it was common for CT-605 and CT-609 varieties in this same regrowth age, but differed from CT-115 and the rest of the varieties under study in this age and in the rest that were evaluated. The significantly lower value ( $p \leq 0.001$ ) was provided by CT-605 during the ages of 60, 90 and 120 days, at 60 days only the yield was common with the CT-601, and at 90 days with the CT- 608

For DM yield, the CT-601 showed the highest mean ( $p \leq 0.001$ ) with respect to all varieties at the age of 150 days, and was only common to that obtained in the CT-609 at this same age. On the other hand, the statistically lower value ( $p \leq 0.001$ ) was shown by the CT-605 at the age of 60 days, and coincided with its own means up to 120 days. It only differed with the

Para ello se eliminó el efecto de borde consistente en los surcos externos y los 50 cm, al principio y final de cada parcela. Las plantas que no quedaron dentro del efecto de borde, se cortaron y pesaron. Este peso se contempló como masa verde. Las cinco plantas seleccionadas para las mediciones agronómicas se seccionaron en hojas y tallos. Se tomó una muestra de 300 g, que se secó a temperatura variable, según las recomendaciones de Herrera *et al.* (2003). A partir del peso seco de la muestra y el peso verde de cada parcela, se estimó el rendimiento de materia seca por hectárea.

### Resultados

El rendimiento de MV y MS se afectaron por la interacción de segundo grado en la estación poco lluviosa (tabla 2). El valor significativamente mayor en el rendimiento de MV ( $P \leq 0.001$ ) se obtuvo en la variedad CT-601, en la edad de 150 d ( $10,6 \text{ t MV ha}^{-1}$ ). Este fue común para las variedades CT-605 y CT-609 en esta misma edad de rebrote, pero difirió del CT-115 y del resto de las variedades en estudio en esta edad y en el resto de las evaluadas. El valor significativamente inferior ( $P \leq 0.001$ ) lo aportó la variedad CT-605 durante las edades de 60, 90 y 120 d. A los 60 d, solo fue común el rendimiento con el CT-601, y a los 90 d con el CT-608.

Para el rendimiento de MS, el CT-601 manifestó el mayor promedio ( $P \leq 0.001$ ) con respecto a todas las variedades a la edad de 150 d, y solo fue común al obtenido en el CT-609 en esta misma edad. Mientras que el valor estadísticamente inferior ( $P \leq 0.001$ ) lo manifestó el CT-605 a la edad de 60 d, y coincidió con sus propios

Table 2. Yield of Green matter (GM) and dry matter (DM) of new varieties of *Cenchrus purpureus* in different regrowth ages

Varieties (CT)	Regrowth ages (days)				Regrowth ages (days)			
	60	90	120	150	60	90	120	150
	GM yield (tGMha <sup>-1</sup> )				DM yield (tDMha <sup>-1</sup> )			
601	1.63 <sup>hi</sup> (0.95)	4.35 <sup>c-f</sup> (1.67)	6.40 <sup>b-e</sup> (1.99)	10.6 <sup>a</sup> (1.90)	0.43 <sup>ijk</sup> (0.35)	0.72 <sup>f-j</sup> (0.54)	1.49 <sup>cd</sup> (0.91)	2.76 <sup>a</sup> (1.32)
603	2.86 <sup>fgh</sup> (1.33)	3.13 <sup>fgh</sup> (1.34)	4.80 <sup>c-f</sup> (1.73)	6.46 <sup>b-e</sup> (2.01)	0.83 <sup>e-i</sup> (0.60)	0.53 <sup>h-k</sup> (0.41)	1.20 <sup>c-g</sup> (0.77)	1.67 <sup>c</sup> (0.98)
605	1.08 <sup>i</sup> (0.72)	1.68 <sup>hi</sup> (0.94)	1.83 <sup>ghi</sup> (1.02)	7.60 <sup>abc</sup> (2.12)	0.27 <sup>k</sup> (0.23)	0.29 <sup>jk</sup> (0.25)	0.41 <sup>ijk</sup> (0.34)	1.97 <sup>bc</sup> (1.07)
608	2.86 <sup>fgh</sup> (1.33)	1.98 <sup>ghi</sup> (1.08)	3.91 <sup>def</sup> (1.56)	5.85 <sup>b-c</sup> (1.87)	0.65 <sup>f-k</sup> (0.50)	0.36 <sup>ijk</sup> (0.30)	0.95 <sup>d-h</sup> (0.66)	1.51 <sup>cd</sup> (0.90)
609	4.52 <sup>c-f</sup> (1.7)	3.53 <sup>efg</sup> (1.4)	6.43 <sup>b-e</sup> (1.99)	9.39 <sup>ab</sup> (2.3)	1.34 <sup>cde</sup> (0.85)	0.64 <sup>g-k</sup> (0.49)	1.58 <sup>cd</sup> (0.94)	2.42 <sup>ab</sup> (1.22)
115	3.03 <sup>fgh</sup> (1.38)	4.40 <sup>c-f</sup> (1.66)	4.64 <sup>c-f</sup> (1.71)	5.78 <sup>b-e</sup> (1.90)	0.71 <sup>f-j</sup> (0.53)	0.83 <sup>e-i</sup> (0.59)	1.21 <sup>c-f</sup> (0.79)	1.50 <sup>cd</sup> (0.90)
SE		0.003				0.012		
P		0.000034				0.000010		

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k At least with one letter in common, there are no significant differences according to Keuls (1952)

Numbers between parenthesis belong to transformed values for  $\log(x+1)$

CT-609 at 60 days and all varieties were common up to 90 days of regrowth, with values that did not exceed 0.70 t DM ha<sup>-1</sup>. After 120 days, a slight recovery of DM accumulation was observed by CT-115, CT-609, CT-603 and CT-601, with redundant values of 1.20-1.58 t DM ha<sup>-1</sup> (table 2).

The highest ( $p \leq 0.001$ ) leaf length was obtained at 90 days in CT-115 and coincided with the dimensions of this organ in CT-605 at 150 days (table 3). These means differed significantly from the rest of those obtained in the different evaluated varieties and ages, and the smallest dimension of leaves ( $p \leq 0.001$ ) was presented by the CT-605 at 60 days. Nevertheless, except CT-603 at 60 days, CT-609 at 90 and 120 days, and CT-115 at 120 and 150 days, the rest of the values for this variable did not differ ( $p \geq 0.001$ ) significantly from the lowest referred value.

For leaf width (table 3), the significantly superior value (2.55 cm) was obtained at 90 days on CT-115, and this was common to its own means at 120 and 150 days old and to those of CT-609 in the last three evaluated regrowth ages, and at 150 days except CT-608, all varieties provided means for leaf width that were common to that indicated by CT-115 at 90 days.

The lowest value ranged between 1.10 and 1.12 cm and was provided by CT-115 and CT-603 at 60 days, respectively, until 90 days the means were common among them for  $p \leq 0.001$ .

promedios hasta los 120 d, solo difirió del CT-609 a los 60 d. Fueron comunes todas las variedades hasta los 90 días de rebrote, con valores que no superaron las 0.70 t MS ha<sup>-1</sup>. A los 120 d, hubo una ligera recuperación de la acumulación de MS por parte de las variedades CT-115, CT-609, CT-603 y CT-601, con valores redundantes de 1.20-1.58 t MS ha<sup>-1</sup> (tabla 2).

Se obtuvo la mayor ( $P \leq 0.001$ ) longitud de hoja a los 90 d en la variedad CT-115, y coincidió con las dimensiones de este órgano en la variedad CT-605 a los 150 d (tabla 3). Estos promedios difirieron de forma significativa del resto de los obtenidos en las diferentes variedades y edades evaluadas. La menor dimensión de hojas ( $P \leq 0.001$ ) se manifestó en el CT-605 a los 60 d. Sin embargo, excepto el CT-603, a los 60 d, CT-609 a los 90 y 120 d, y CT-115 a los 120 y 150 d, el resto de los valores para la variable en cuestión no se diferenciaron ( $P \geq 0.001$ ) de forma significativa con respecto al menor valor referido.

Para el ancho de la hoja (tabla 3), el valor significativamente superior (2,55 cm) se obtuvo a los 90 d en el CT-115. Este fue común a sus propios promedios en las edades de 120 y 150 d, y a los del CT-609 en las últimas tres edades de rebrote que fueron evaluadas, y a los 150 d. Excepto el CT-608, todas las variedades aportaron promedios para el ancho de la hoja, que fueron comunes al del CT-115 a los 90 d.

El menor valor osciló entre 1.10 y 1.12 cm, y lo aportó CT-115 y CT-603 a los 60 d respectivamente. Hasta los 90 d, los promedios fueron comunes entre sí para  $P \leq 0.001$ .

Table 3. Leaf morphology in new varieties of *Cenchrus purpureus* in different regrowth ages

Varieties (CT)	Regrowth ages (days)				Regrowth ages (days)			
	60	90	120	150	60	90	120	150
	Leaf length (cm)				Leaf mean width (cm)			
601	60.6 <sup>fg</sup>	67.22 <sup>defg</sup>	70.78 <sup>defg</sup>	66.45 <sup>defg</sup>	1.40 <sup>ghij</sup>	1.47 <sup>fghij</sup>	1.82 <sup>bhij</sup>	2.20 <sup>abcd</sup>
603	85.6 <sup>bcd</sup>	68.75 <sup>defg</sup>	66.85 <sup>defg</sup>	66.45 <sup>defg</sup>	1.10 <sup>j</sup>	1.70 <sup>bcdefghi</sup>	1.80 <sup>bcd fgh</sup>	2 <sup>abcde</sup>
605	50.37 <sup>fg</sup>	53.73 <sup>fg</sup>	60.8 <sup>fg</sup>	100.5 <sup>ab</sup>	1.25 <sup>ij</sup>	1.47 <sup>fghj</sup>	1.85 <sup>bcdef</sup>	2.22 <sup>abcde</sup>
608	61.20 <sup>g</sup>	60.05 <sup>fg</sup>	63.75 <sup>efg</sup>	67.4 <sup>efg</sup>	1.32 <sup>hij</sup>	1.55 <sup>efghij</sup>	1.77 <sup>bcdefgh</sup>	1.95 <sup>bcdef</sup>
609	51.4 <sup>fg</sup>	96.27 <sup>bc</sup>	83.2 <sup>cde</sup>	70.12 <sup>defg</sup>	1.50 <sup>efghij</sup>	2.10 <sup>abcd</sup>	2.17 <sup>abcd</sup>	2.27 <sup>ab</sup>
115	56.05 <sup>fg</sup>	112.0 <sup>a</sup>	92.03 <sup>bc</sup>	71.8 <sup>def</sup>	1.12 <sup>j</sup>	2.55 <sup>a</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	2.0 <sup>abcde</sup>
SE	6.7				0.03			
P	0.000001				0.00704			

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j. At least with one letter in common, there are no significant differences according to Keuls (1952)

Stem morphology was also affected by the second degree interaction, the number of nodes ranged between 25.8 and 24.65 and showed up at 150 days in CT-609 and CT-601 respectively. The number of nodes of CT-609 differed from all means in all varieties at different ages, and the smaller quantity of this structure (5.52) was provided by CT-608 after 60 days, and coincided with all the means of all the varieties in this same age, and with CT-601 at 90 days.

Plant height performance was according to the number of nodes. The highest values were between

La morfología del tallo también se afectó por la interacción de segundo grado. El número de nudos osciló entre 25.8 y 24.65 y se manifestaron a los 150 d en el CT-609 y CT-601, respectivamente. La cantidad de nudos del CT-609 difirió de todos los promedios en la totalidad de las variedades en las diferentes edades. La menor cantidad de esta estructura (5.52) la aportó CT-608 a los 60 d, y coincidió con todos los promedios de todas las variedades en esta misma edad, y con el CT-601 a los 90 d.

En consonancia con el número de nudos, se comportó la altura de la planta. Los mayores valores se encontraron

207.5 and 183.2 cm, and coincided in 150 days, the variety CT-601 had the highest value ( $p \leq 0.01$ ), and it was common for CT-603 and CT-605 at regrowth age, while the lowest value ( $p \leq 0.01$ ) of height was recorded at 60 days in CT-603, and it was not common with any of the varieties (table 4).

entre 207.5 y 183.2 cm, y coincidieron en los 150 d. La variedad CT-601 fue la que mayor valor ( $P \leq 0.01$ ) mostró, y fue común para las variedades CT-603 y CT-605 en la edad de rebrote en cuestión. El menor valor ( $P \leq 0.01$ ) de altura se registró a los 60 d en la CT-603, y no fue común con respecto a otras variedades (tabla 4).

Table 4. Stem morphology in new varieties of *Cenchrus purpureus* in different ages of regrowth

Varieties (CT)	Regrowth ages (days)				Regrowth ages (days)			
	60	90	120	150	60	90	120	150
	Number of nodes (U)				Plant height (cm)			
601	6.45 <sup>gh</sup>	13.88 <sup>gh</sup>	20.0 <sup>cd</sup>	24.65 <sup>ab</sup>	81.7 <sup>h</sup> (4.38)	157.6 <sup>cde</sup> (5.05)	189.2 <sup>abc</sup> (5.22)	207.5 <sup>a</sup> (5.32)
603	7.75 <sup>gh</sup>	13.65 <sup>f</sup>	17.60 <sup>d</sup>	21.65 <sup>bc</sup>	25.8 <sup>j</sup> (3.20)	110.4 <sup>f</sup> (4.69)	150.7 <sup>de</sup> (5)	183.5 <sup>abc</sup> (5.20)
605	6.10 <sup>gh</sup>	12.97 <sup>f</sup>	20.15 <sup>cd</sup>	22.42 <sup>bc</sup>	30.8 <sup>i</sup> (3.34)	97 <sup>g</sup> (4.56)	138.8 <sup>e</sup> (4.92)	199.5 <sup>ab</sup> (5.25)
608	5.52 <sup>h</sup>	12.25 <sup>f</sup>	17.35 <sup>d</sup>	17.40 <sup>d</sup>	91.2 <sup>h</sup> (4.47)	107.0 <sup>f</sup> (4.66)	142.7 <sup>de</sup> (4.94)	170.7 <sup>bcd</sup> (5.12)
609	9.45 <sup>g</sup>	12.15 <sup>f</sup>	20.10 <sup>cd</sup>	25.8 <sup>a</sup>	-	-	-	-
115	8.20 <sup>gh</sup>	19.87 <sup>ef</sup>	19.20 <sup>cd</sup>	19.20 <sup>cd</sup>	93.1 <sup>fgh</sup> (4.47)	106.8 <sup>f</sup> (4.66)	145.0 <sup>de</sup> (4.97)	167.8 <sup>bcd</sup> (5.11)
SE		0.00002				0.005		
P		0.107				0.00001		

<sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i, j</sup> At least with one letter in common, there are no significant differences according to Keuls (1952) Numbers between parentheses belong to transformed values for log(x)

Stem thickness (table 5a) was affected by variety effect, CT-115 showed the significantly highest value ( $p \leq 0.001$ ) and only differed with CT-605, while stem length was only affected by the effect of regrowth age (table 5b), and the ages of 90 and 120 days provided the significantly highest values ( $p \leq 0.001$ ).

El grosor del tallo (tabla 5a) se afectó por el efecto variedad. El CT-115 mostró el valor significativamente superior ( $P \leq 0.001$ ), y solo difirió con el CT-605. La longitud del tallo solo se afectó por el efecto de la edad de rebrote (tabla 5b), y fueron las edades de 90 y 120 d las que aportaron los valores significativamente superiores ( $P \leq 0.001$ ).

Table 5a. Effect of variety on stem thickness (cm)

Varieties (CT)						SE	P
601	603	605	608	609	115		
1.06 <sup>abc</sup>	0.98 <sup>abc</sup>	0.89 <sup>d</sup>	0.93 <sup>bc</sup>	1.11 <sup>ab</sup>	1.97 <sup>a</sup>	0.009	0.00001

<sup>a, b, c, d</sup> Different letters differ among them according to Keuls (1952)

Table 5b. Effect of regrowth age on stem length (cm) of new varieties of *C. purpureus*.

Regrowth age (days)				SE	P
60	90	120	150		
9.46 <sup>b</sup>	10.47 <sup>a</sup>	10.52 <sup>a</sup>	9.64 <sup>b</sup>	0.138	0.00039

<sup>a, b</sup> Different letters differ among them according to Keuls (1952)

## Discussion

Performance of GM yield was uniform in relation to the evaluated ages. The range of values in the last age was around 5.78 and 10.6 t GM ha<sup>-1</sup> (table 2). These means, for dry season, markedly differed from those referred in the specialized bibliography, taking

## Discusión

El comportamiento del rendimiento de MV fue uniforme en relación con las edades evaluadas. El rango de valores en la última edad redundó entre 5.78 y 10.6 t MV ha<sup>-1</sup> (tabla 2). Estos promedios para el período poco lluvioso difieren marcadamente de los informados

into account the high performance that characterizes the grasses, and fundamentally, to *Cenchrus* genus. This way, Uvidia *et al.* (2015) reported DM yields of 80 t ha<sup>-1</sup> in Maralfalfa grass, under Ecuadorian Amazon conditions, which has a rainfall regime of 4,000 mm year<sup>-1</sup>, being responsible for this marked productive difference of the climate characteristics of the tropic regarding the Caribbean, and in correspondence with the specific environments, will be the development and productive performance of grass species (Álvarez *et al.* 2013).

Then, it was considered that the new varieties under Valle del Cauto conditions provide an acceptable volume of green biomass because, during dry season, the particularities of the ecosystem include a lot of short days, with short duration of light hours, low soil humidity availability (Ledea 2016) and insufficient water regime (Ramírez de la Ribera 2010). These effects predispose a low yield for cultivars, in comparison with the rainy period that is identified by a temperature regime (30-32 °C), relative humidity and residual humidity in the soil that allows cultivars to show their potential when there are no limiting factors (Rodríguez *et al.* 2011).

In relation to DM yield, even the highest value (2.76 t DM ha<sup>-1</sup>) obtained in this study was lower than the reports of Cárdenas *et al.* (2012) in Maralfalfa grass, in dry season (20.20 t M), also to those indicated by Uvidia *et al.* (2015) (4000 mm) in Maralfalfa (20 t DM ha<sup>-1</sup>), Luna *et al.* (2015) 13 t DM cut<sup>-1</sup> (1,587.5 mm year<sup>-1</sup>), and referred by Álvarez *et al.* (2016) in king grass cv. Morado (14-16 t DM) at 60 days of cut under Ecuadorian Amazon conditions, where the rainfall regime determined the productive performance of the studied varieties of the different studies.

However, results of Cordoví *et al.* (2013), in southern Mozambique, also exceeded the means of the varieties under study. In this particular case, the conditions were in a semi-arid ecosystem, with rainfalls averaging, within three years, an amount of 220mm. These previously cited studies stated yields of 7.01, 10.24 and 15.97 t DM ha<sup>-1</sup> in Merkeron, King grass and CT-115, respectively, suggesting that not only the availability of water limits grass yield, but temperature and relative humidity, and characteristics of the ecosystem, in a general sense, predispose considerably the photosynthetic efficiency of cultivars, and with it, the accumulation of osmotically active sugars.

In the western region of Cuba, Herrera (2015) evaluated some of the studied varieties, and obtained DM yields in the dry season, when the cut was carried out at 90 days without fertilization, similar to those referred to in table 2, fundamentally predisposed by precipitations and low temperatures. In this sense, Álvarez *et al.* (2013) found that, in this region, only the minimum temperature and number of days with rains, determines the yield of

en la bibliografía especializada, si se tiene en cuenta el alto rendimiento que caracteriza a las gramíneas, y fundamentalmente al género *Cenchrus*. Uvidia *et al.* (2015) refirieron rendimientos de MV de 80 t ha<sup>-1</sup> en pasto Maralfalfa, en las condiciones de la Amazonia Ecuatoriana. Esta región posee un régimen pluviométrico de 4000 mm año<sup>-1</sup>, siendo responsables de esta marcada diferencia productiva las características climáticas del trópico con respecto al Caribe. En correspondencia con los ambientes particulares, será el desarrollo y comportamiento productivo de las especies de pastos (Álvarez *et al.* 2013).

Se consideró entonces, que las nuevas variedades en las condiciones del Valle del Cauto proveen un volumen aceptable de biomasa verde, ya que en el período poco lluvioso las particularidades del ecosistema incluyen gran cantidad de días cortos, con poca duración de horas luz, baja disponibilidad de humedad en el suelo (Ledea 2016) e insuficiente régimen hídrico (Ramírez de la Ribera 2010). Estos efectos predisponen a un bajo rendimiento para los cultivares, en comparación con el período lluvioso, identificado por un régimen de temperatura (30-32 °C), humedad relativa y humedad residual en el suelo que permite a los cultivares expresar su potencial, cuando no existen factores limitantes (Rodríguez *et al.* 2011).

Con respecto al rendimiento de MS, incluso el mayor valor (2.76 t MS ha<sup>-1</sup>), fue inferior a los informados por Cárdenas *et al.* (2012) en pasto Maralfalfa en el período poco lluvioso (20.20 t M). También lo fue con respecto a lo señalado por Uvidia *et al.* (2015) (4000 mm) en Maralfalfa (20 t MS ha<sup>-1</sup>), a lo citado por Luna *et al.* (2015) (13 t MS corte<sup>-1</sup>) (1587.5 mm año<sup>-1</sup>), y a lo referido por Álvarez *et al.* (2016) en king grass vc Morado (14-16 t MS) a los 60 d de corte en condiciones de la Amazonia Ecuatoriana. En esta zona, el régimen pluviométrico determinó el comportamiento productivo de MS de las variedades estudiadas.

Sin embargo, los resultados de Cordoví *et al.* (2013), en el Sur de Mozambique también superaron los promedios de las variedades en estudio, en este caso en particular, las condiciones fueron en un ecosistema semiárido, con precipitaciones que promediaron en tres años 220mm, Cordoví op. cit señalaron en Merkeron, King grass y CT-115, rendimientos de 7,01; 10,24 y 15,97 t MS ha<sup>-1</sup>, en orden, lo que sugiere que no solo la disponibilidad de agua limita el rendimiento de los pastos, sino que la temperatura y humedad relativa, y características del ecosistema en sentido general predisponen considerablemente la eficiencia fotosintética de los cultivares, y con ello la acumulación de azúcares osmóticamente activos.

En el Occidente de Cuba Herrera (2015) evaluó algunas de las variedades que se estudian, y obtuvieron rendimientos de MS en el período poco lluvioso cuando realizaron el corte a los 90 días sin fertilización, similares a los referidos en la tabla 2, predispuerto fundamentalmente por las precipitaciones y bajas temperaturas, en este sentido Álvarez *et al.* (2013) encontraron que en esta región solo la temperatura mínima y número de días con



the cultivars that are harvested. However, in the East of the country, Ramírez de la Ribera (2010) pointed out that maximum temperatures and rainfall determine the yield of grass species that are used for animal feed, and these climate elements behave very dynamically in the weather.

Ray *et al.* (2016), in the establishment phase, grouped some of the varieties under study from a Principal Component Analysis (PCA), and identified the CT-601, CT-603, CT-608 and CT-115 as homogeneous in DM yield, with values of 10.5 t DM cut<sup>-1</sup>, and in the present study, under similar climatic conditions, the responses were very varied for each of the cultivars, which shows that climate and its variability will determine productive performance, and each variety responds individually to these external stimuli.

Ramírez *et al.* (2011), in the dry season, under the conditions of Valle del Cauto, correlated some climate variables (precipitations, days with rain, temperature, relative humidity), and found a high correlation (> 0.80) among the climate variables and yield. Similar results were obtained by Herrera *et al.* (2013), which suggests that, under the conditions of Valle del Cauto, even with conditions that prevent the persistence of other crops, the new varieties showed the ability of accumulating biomass under conditions of intense seasonal drought.

Values of leaf length (table 3), except for CT-605, are lower than those obtained by Cruz *et al.* (2017) (70-90cm) in a moderately saline ecosystem when clones tolerant to salinity and drought conditions (mixed) were evaluated at the age of 165 days in the establishment cut. However, these values exceeded those obtained by Díaz (2007) in the establishment period of drought-tolerant varieties, at 8 and 16 weeks with ranges of 42-52 and 49-60cm, respectively, but for week 22 (81-104.3cm), the performance was reversed. These differences lie in the adjustments that plants perform in the edaphoclimatic conditions and in the moments in which the crops were developed.

The greater the leaf length, the greater the capacity of photosynthesis, but also higher exposure to the loss of the border layer that guarantees the optimum temperature for the development of synthesis processes in the creation of photoassimilates (Fortes 2012). Therefore, it is intuited that, under conditions of intense seasonal drought, the new varieties moderate length of this organ to make water use more efficient within tissues. This affects the large-scale performance, but does not limit it, and also allows the crop persistence.

Likewise, the same happened for leaf width, when comparing them with the values indicated by Ramírez (2010) under pre-mountain conditions. Those obtained in the present study were inferior. However, they were similar to those of Díaz (2007), who used the same ecosystem to evaluate the establishment and development

lluvias, determina el rendimiento de los cultivares que se cosechan, sin embargo, en el Oriente del país Ramírez de la Ribera (2010) señaló que, son la temperaturas máximas y las precipitaciones las que determinan el rendimiento de las especies de pastos que se utilizan para la alimentación animal, y estos elementos del clima se comportan de manera muy dinámica en el tiempo.

Ray *et al.* (2016) en la fase de establecimiento agruparon algunas de las variedades en estudio a partir de un Análisis de Componentes Principales (ACP), e identificaron al CT-601, CT-603, CT-608 y CT-115 como homogéneas en el rendimiento de MS, con valores de 10.5 t MS corte<sup>-1</sup>, y en el presente estudio en condiciones climáticas similares, las respuestas fueron muy variadas para cada uno de los cultivares, lo que evidencia que es el clima y su variabilidad el que determinará el comportamiento productivo, y que cada variedad responde individualmente a estos estímulos externos.

Ramírez *et al.* (2011) en el período poco lluvioso en las condiciones del Valle del Cauto, correlacionó algunas variables del clima (precipitaciones, días con lluvia, temperatura, humedad relativa), y encontraron una alta correlación (> 0.80) entre las variables climáticas y el rendimiento, similares resultados obtuvieron Herrera *et al.* (2013), lo que sugiere que, en las condiciones del Valle del Cauto, aún con condiciones que imposibilitan la persistencia de otros cultivos, las nuevas variedades mostraron capacidad de acumular biomasa en condiciones de intensa sequía estacional.

Los valores de longitud de la hoja (tabla 3), excepto para el CT-605, son inferiores a los obtenidos por Cruz *et al.* (2017) (70-90cm) en un ecosistema medianamente salino cuando evaluó clones tolerantes a condiciones de sequía y salinidad (mixtos) a la edad de 165 días en el corte de establecimiento, pero superaron a los obtenidos por Díaz (2007) en el período de establecimiento de variedades tolerantes a la sequía, a las 8 y 16 semanas con rangos de 42-52 y 49-60cm, respectivamente, pero para la semana 22 (81-104,3cm), el comportamiento se invirtió. Estas diferencias radican en los ajustes que realizan las plantas en las condiciones edafoclimáticas y momentos en los que se desarrollaron los cultivos.

A mayor longitud de la hoja existe mayor capacidad de fotosíntesis, pero también mayor exposición a la pérdida de la capa de frontera que garantiza la temperatura óptima para el desarrollo de los procesos de síntesis en la creación de fotoasimilados (Fortes, 2012), por lo que se intuye que, en condiciones de intensa sequía estacional, las nuevas variedades moderan la longitud de este órgano para hacer más eficiente el uso del agua dentro de los tejidos, esto repercute en el rendimiento a gran escala, pero no limita la misma, y permite además la persistencia del cultivo.

De igual forma sucedió para el ancho de la hoja. Al comparar los valores aquí obtenidos con lo indicado por Ramírez (2010) en condiciones de pre-montaña, los de este estudio fueron inferiores. Pero resultaron semejantes a los de Díaz (2007), quién utilizó el mismo ecosistema

of drought-tolerant cultivars. These contrasting performances respond to the same compensatory mechanism of the demands that the edaphoclimatic characteristics of each ecosystem imposes on each crop for its development.

Plant height (table 4) showed values for 60 days lower than those indicated by Luna *et al.* (2015) when they evaluated *Cenchrus purpureus* cv. King grass and Maralfalfa in the conditions of Tropical Humid Forest in different regrowth intervals (45, 60, 75 and 90 days). At 90 days only the CT-601 reached the mean height referred by these authors, with intervals of 132-142 cm. These differences occurred because of the rainfall regime of the experimental area of that experiment, with annual rainfall of 1,587.5mm year<sup>-1</sup>, while in the study area in dry season, volumes only reached 32.7 and 9.9 % of the total precipitated in 2010 and 2012 respectively (figure 1). This was identified as a period with intense seasonal drought, but that did not limit the development of the cultivars, as their height increased to 150 days of regrowth unlike Luna *et al.* (2015), who found a decrease in this variable with the increase of age.

According to Beltrán *et al.* (2005) a high growth rate is related to an adequate radical development, but that is reduced by the period of senescence and consequent reduction of photosynthesis, although Hernández *et al.* (2003) explained that this performance is caused by the translocation of nutrients from the underground mass to the area, and not specifically to the phenological transition. However, under Valle del Cauto conditions, with an intensely dry period and irradiation levels above 360 cal cm<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup> (Fortes 2012), these assumptions are not fulfilled, and are more related to efficiency of tropical grasses to assimilate the radiant energy that allows to accumulate carbohydrates at stem level (Ledea *et al.* 2017), which are later used for growth.

The described performances suggest, in the case of the varieties under study, a certain degree of tolerance to drought. Cordoví *et al.* (2013) obtained, in the semiarid climate of Mozambique, in dry season with the CT-115, mean heights of 158.4 cm in three years, with cuts close to 75 days in this period, 150 cm and 140 cm for King grass and Merkerón, respectively, with relative cuts of 58 and 93 days, in order. These height means are close to those obtained in the present study, and are related, according to Wencomo and Ortiz (2011), to the reserve accumulation capacity and use efficiency, besides having metabolic, physiological and morphological mechanisms that allow to minimize the effects of water lack and other limiting factors for growth, so that they can present tolerance mechanisms in a wide range (Cordoví *et al.* 2013) and that manifest themselves in growth increase.

Part of the reserves accumulated by plants, in this

para evaluar el establecimiento y desarrollo de cultivares tolerantes a la sequía. Estos comportamientos contrastantes responden al mismo mecanismo compensatorio de las demandas, que impone características edafoclimáticas de cada ecosistema a cada cultivo para su desarrollo.

La altura de la planta (tabla 4) mostró valores para los 60 d inferiores a los señalados por Luna *et al.* (2015), cuando evaluaron al pasto *Cenchrus purpureus* vc King grass y Maralfalfa en las condiciones de bosque húmedo tropical en diferentes intervalos de rebrote (45, 60, 75 y 90 d). A los 90 d, solo el CT-601 alcanzó la altura promedio referida por los autores citados, con intervalos de 132-142 cm, diferencias que radican, sobre todo, en el régimen pluviométrico del área experimental, con precipitaciones anuales de 1587.5mm año<sup>-1</sup>, mientras que en el área de estudio en el período poco lluvioso los volúmenes solo alcanzaron 32.7 y 9.9 % del total precipitado en 2010 y 2012, respectivamente (figura 1). Estos resultados se identificaron con un período de intensa sequía estacional, pero que no limitó el desarrollo de los cultivares, pues la altura de los mismos se incrementó hasta los 150 d de rebrote, a diferencia de los resultados de Luna *et al.* (2015), que constataron un descenso de esta variable con el incremento de la edad.

Según Beltrán *et al.* (2005), la alta tasa de crecimiento se relaciona con un adecuado desarrollo radical, que se reduce por el período de senescencia y la consecuente reducción de la fotosíntesis. Sin embargo, Hernández *et al.* (2003) expusieron que este comportamiento se debe a la translocación de nutrientes de la masa subterránea a la aérea, y no específicamente a la transición fenológica. Sin embargo, en las condiciones del Valle del Cauto, con períodos intensamente secos y niveles de irradiación superiores a 360 cal cm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> (Fortes 2012), estos supuestos no se cumplen están más relacionados con la eficiencia que poseen las gramíneas tropicales para asimilar la energía radiante, que les posibilita acumular carbohidratos a nivel del tallo (Ledea *et al.* 2017), utilizados posteriormente para el crecimiento.

Los comportamientos descritos sugieren, en caso de las variedades en estudio, un cierto grado de tolerancia a la sequía. Cordoví *et al.* (2013), con el CT-115, obtuvieron en clima semiárido de Mozambique en el período poco lluvioso alturas promedio en tres años de 158.4 cm, con cortes cercanos a 75 d en este período, 150 cm y 140 cm para King grass y Merkerón, respectivamente, con cortes relativos de 58 y 93 d, promedios de altura que están cercanos a los obtenidos en este estudio. Según Wencomo y Ortiz (2011), estos se relacionan con la capacidad de acumulación de reservas y la eficiencia de su utilización, además de poseer mecanismos metabólicos, fisiológicos y morfológicos que le permiten minimizar los efectos de la falta de agua y otros factores limitantes para el crecimiento, por lo que pueden presentar mecanismos de tolerancia en un rango amplio (Cordoví op. cit.), que se manifiestan en el incremento del crecimiento.

case *Cenchrus* genus, lies in the nodes, where soluble carbohydrates are stored, which constitute the reserves of the plants for the sprout of the offspring and the formation of new tissues for their growth and development. This is one of the reasons why this structure becomes relevant when plants are meant to be used as seeds (Calzada *et al.* 2014).

Also from these structures, leaves emerge during growth process and development. Fernández *et al.* (2015) pointed out that variations in stem morphology are stimulated by adaptive processes to the edaphoclimatic conditions of adverse ecosystems. In this sense, Cruz *et al.* (2017) evaluated clones tolerant to drought and salinity, and, during the evaluation period (165 days), they obtained values of number of nodes similar to those obtained in the present study. This high number of nodes is related to the height reached by plants, in which, after 120 days, they exceeded 17 nodes per plant. This gives the new varieties a particularity for dry environments, which is the accumulation of reserves in these structures.

The variety, as one of the main effects, modified stem thickness, while regrowth age influenced on their length, measured both at the level of the fourth internode.

It is concluded that, under Valle del Cauto conditions, combined effect of regrowth age with variety conditions the agro-productive performance of the new varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to drought.

Parte de las reservas acumuladas por las plantas, en este caso del género *Cenchrus*, radica en los nudos, donde se almacenan carbohidratos solubles que constituyen las reservas de las plantas para el brote de los hijos y la formación de nuevos tejidos para su crecimiento y desarrollo. Esta es una de las razones por la que esta estructura cobra importancia relevante, cuando se quieren utilizar las plantas como semillas (Calzada *et al.* 2014).

También de estas estructuras emergen las hojas durante el proceso de crecimiento y desarrollo. Fernández *et al.* (2015) señalaron que las variaciones en la morfología de los tallos están estimuladas por procesos adaptativos a las condiciones edafoclimáticas de ecosistemas adversos. En este sentido, Cruz *et al.* (2017) evaluaron clones tolerantes a la sequía y a la salinidad. Durante el período de evaluación (165 d), estos autores obtuvieron valores de número de nudos semejantes a los obtenidos en el presente estudio. Este elevado número de nudos está en relación con la altura que alcanzaron las plantas, que a partir de los 120 d superaron los 17 nudos por planta, lo que dota a las nuevas variedades de una particularidad para ambientes secos, que es la acumulación de reservas en estas estructuras.

La variedad, como uno de los efectos principales, modificó el grosor del tallo, mientras que la edad de rebrote influyó en la longitud, medidos ambos a nivel del cuarto entrenudo.

Se concluye que, en las condiciones del Valle del Cauto, el efecto combinado de la edad de rebrote con la variedad condiciona el comportamiento agroproductivo de las nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*, tolerantes a la sequía.

## References

- Álvarez, A., Febles, G & Fernández, J. M. 2016. Space distribution of *Pennisetum purpureum*, according to projections for climate change in Cuba. Cuban Jour. of Agric. Sci. 50(2): 291-303
- Álvarez, A., Herrera, R. S., Díaz, L. & Noda, A. 2013. Influencia de las precipitaciones y la temperatura en la producción de biomasa de clones de *Pennisetum purpureum*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 47(4): 413-417.
- Barranco, G. & Díaz, L. R. 1989. Clima. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Cuba: Inst. Geogr. ACC, ICGC, MINFAR.
- Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proc. Royal Soc. London 160: 268
- Beltrán, L. S., Hernández, G. A., García, M. E., Pérez, J., Kohashi, S. J. & Herrera, H. J. G. 2005. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. Rev. Agrociencia. 39(2):137-147
- Cárdenas, L. R., Pinto, R., Medina, F. J., Guevara, F., Gómez, H., Hernández, A & Carmona, J. Producción y calidad del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) durante la época seca. 2012. Quehacer Científico en Chiapas. 1 (13): 38-46.
- Calzada, M. J., Enriquez, J., Hernández, A., Ortega, E. & Mendoza, S. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subhúmedo. 2014. Rev. Mexicana de Cienc. Pecu. 5(2):247-260.
- Cordoví, E., Ray, J. V., Nhatumbo, S & Chimbambala, A. 2013. Comportamiento de tres especies del género *Pennisetum purpureum* en clima semiárido del sur de Mozambique. Revista Granma Ciencia, 17 (3), 31-34.
- Cruz, J. M., Ray, J. V., Ledea, J. L. & Arias, R. C. 2017. Establecimiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en un ecosistema frágil del Valle del Cauto, Granma. Rev. Prod. Animal. 3 (29): 29-35.
- Díaz, D. 2007. Evaluación agronómica de nuevas variedades *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía el Valle del Cauto. Tesis de MSc. Universidad de Matanzas. Cuba. 69 p.
- Fajardo, R. H. 2008. "La innovación tecnológica en la producción pecuaria en la provincia de Granma: Una necesidad impostergable". Revista Electrónica Granma Ciencia, 12(1), ISSN: 1027-975X, Available: <[http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol12/1/2008\\_12\\_n1.a8.pdf](http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol12/1/2008_12_n1.a8.pdf)>, [Consulted: May 30, 2016].
- Fernández, M. J., Viamonte, I. M., Fonseca, N & Ramírez, A. 2015. Evaluación de dos cultivares de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía en la región de Cauto Cristo, Granma, Cuba. Rev. Ciencia y Tecnología Ganadera. 9 (1): 23-29.
- Fortes, D. 2012. Comportamiento de algunos indicadores morfofisiológicos y de calidad de *Pennisetum purpureum* vc Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. "Instituto de Ciencia Animal". Cuba. 100 p.

- 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.
- Hernández, L., Rodríguez, I., Crespo, G., Sandrino B & Fraga, S. 2003. Los componentes de la fitomasa subterránea en diferentes pastizales de la provincia de La Habana. II Foro latinoamericano de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Herrera, R. S. 2015. Clones of *Pennisetum purpureum* for different ecosystems and productive purposes. Cuban J. Agric. Sci. 49(4): 515-519.
- Herrera, R. S., Chaple, Z., Cruz, A. M., Romero, A & García, M. 2003. Obtención de plántulas de *Pennisetum purpureum* resistentes a la sequía y salinidad. Nota técnica. Rev. Cubana. Cienc. Agríc. 37(2):89.
- Herrera, R. S., García, M., Cruz, A. M. & Romero, A. 2013. Relación entre algunos factores climáticos y el rendimiento de seis variedades de pastos. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana. CD-ROM. 4 pp.
- Keuls, M. 1952. The use of the 'studentized range' in connection with an analysis of variance. Euphytica 1(2):112-122.
- Ledeá, J. L. 2016. Caracterización química nutritiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía en el Valle del Cauto. Tesis en MSc., Universidad de Granma. 82 pp.
- Ledeá, J. L.; Benítez, D. G., Arias, R. C., Guerra, A. 2017. Comportamiento agronómico de cultivares de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad. Rev. Producc. Animal. 29 (3): 18-28.
- Ledeá, J. L., Ray, J. V., Arias, R. C., Cruz, J. M & Rosell, G. 2018. Comportamiento agronómico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. Rev. Agron. Mesoamericana. 29(2): 343-362.
- Luna, R., Chacón, E., Ramírez de la Ribera, J., Álvarez, G., Álvarez, P., Plúa, K. & Álava, A. 2015. Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador. Rev. REDVET. 16 (8): 1-10. Available: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080815.html> [Consulted: February 12, 2018].
- Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American statistical Association, 46 (253), 68-78.
- ONEI. Anuario estadístico de Cuba 2014. Medio Ambiente 2014. Edición 2015. Available: <<http://www.one.cu/anuarioestadisticodecuba2014medioambiente/>>. [Consulted: February 16, 2015].
- Ramírez, A. 2010. Caracterización y tipificación de las fincas ganaderas en ecosistemas montañosos del macizo Sierra Maestra. Tesis de Dr. C. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 101 p.
- Ramírez de la Ribera, J. L. 2010. Rendimiento y calidad de cinco gramíneas en el Valle del Cauto. Tesis Dr. C. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 100 p.
- Ramírez, J. L., Herrera, R. S., Leonard, I., Cisneros, M., Verdecia, D & Álvarez, Y. 2011. Relation between climatic factors, yield and quality of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169 in the CautoValley, Cuba. Cuban J. Agric. Sci. 45:293.
- Ray, J. V., Herrera, R. S., Benítez, D. G., Díaz, D., Arias, C. R. 2016. Multivariate analysis of the agronomic performance and forage quality of new clones of *Pennisetum purpureum* drought tolerant in Valle del Cauto, Cuba. Cuban J. of Agricultural Science; 50(4): 639-648.
- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, R.O., Jay, O., Noda, A.C. & Herrera, M. 2011. Models to estimate the growth dynamics of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. Cuban J. Agric. Sci. 45:349
- StatSoft. 2011. Statistic for windows (ver. 10.0) Tulsa Ok, USA: StatSoft, Inc.
- Uvidía, H., Ramírez, J., Vargas, J., Leonard, I. & Sucoshañay, J. 2015. Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc Maralfalfa en la Amazonía ecuatoriana. REDVET Rev. E 16 (6): 1-5. Available: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060615.html>[Consulted; December 18, 2016].
- Wencomo, H. B & Ortiz, R. 2011. Capacidad de recuperación de 23 accesiones de *Leucaena* spp después de la poda. Rev. Pastos y Forrajes 34(1): 53-58.

**Received: April 4, 2018**