

Evaluation of varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to drought under pre-mountain conditions

Evaluación de variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía en condiciones de pre-montaña

J. V. Ray¹, R. F. Almaguer², J. L. Ledea¹, D. G. Benítez¹, R. C. Arias¹ and Giselle Rosell¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Estación Experimental de Pastos y Forrajes, km 10½, Carretera Bayamo – Tunas. Bayamo, Granma, Cuba

²Empresa "Batalla de Guisa". CCS fortalecida "Braulio Coroneaux"

Email: ledea@dimitrov.cu

Using a random block design with four replications, the establishment ability of varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to droughts (CT-601, CT-603 and CT-605) was evaluated. These varieties were obtained by tissue culture from CT-115, which was used as control in a pre-mountain area in Guisa municipality. The experiment was developed in the middle phase of rainy period and beginning of dry period. New varieties showed, together with control, high percentages of sprout under pre-mountain conditions (40-65%) and a sigmoidal growth, fitted to an exponential curve. Absolute growth rate was accelerated from 35 days, with a meseta of values of 2 cm day⁻¹ up to 77 days, except CT-605. Later, an important decrease was verified from 77 up to 120 days with less than 0.5 cm day⁻¹. CT-605 showed higher number of leaves ($p \leq 0.05$) and CT-115 had the highest length of internodes and leaves ($p \leq 0.05$). In the number of nodes, CT-601 was superior ($p \leq 0.05$). There was no effect of variety on yield of dry matter (DM) and yield values close to 15 t ha⁻¹ of total DM and 4 t ha⁻¹ of DM of leave in the establishment cut were reached. It is concluded that new varieties under pre-mountain conditions show high germination ($\geq 50\%$) with favorable development and growth. It is recommended to evaluate growth and structure of the new varieties in different moments of development under edaphoclimatic conditions of pre-mountain.

Key words: *germination, king grass, Pennisetum purpureum, growth, development*

Mountain areas are considered as the most sensitive ecosystems to climate changes and the most vulnerable to ecological unbalance, provoked by human and natural factors (Ramírez 2010). In Cuba, improper cattle rearing practices have stimulated the development of intermediate processes of soil degradation, even when these ecosystems, due to their own characteristics and exposition to weather inclemency, are considered as degraded, with low fertility and unproductiveness (Ramírez 2010).

Under the eastern conditions of the country, Benítez *et al.* (2007) demonstrated the impractical of developing a mountain cattle rearing due to the slope effect ($\geq 25\%$) and unproductiveness of the soil. In addition, these authors confirmed the negative effect of this activity on the ecosystem, which was identified as fragile and less compatible to cattle rearing activity. They recognized that, in the massifs of the eastern region, only 19 % of the area for cattle rearing in

En un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas se evaluó la capacidad de establecimiento de variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía (CT-601, CT-603 y CT-605), obtenidas por cultivo de tejidos a partir de la variedad CT-115, que se usó como control en una zona de pre-montaña en el municipio de Guisa. El experimento se desarrolló en la fase media del periodo lluvioso e inicio del poco lluvioso. Las nuevas variedades manifestaron, junto al control, elevados porcentajes de brotación en condiciones de pre-montaña (40-65%) y un crecimiento sigmoidal, ajustado a una curva exponencial. La tasa de crecimiento absoluto se aceleró a partir de los 35 días, con una meseta de valores de 2 cm día⁻¹ hasta los 77 días, excepto el CT-605. Luego se constató un decline importante desde 77 hasta 120 días con menos de 0.5 cm día⁻¹. El CT-605 presentó mayor número de hojas ($p \leq 0.05$) y el CT-115 mayor largo de entrenudos y hoja ($p \leq 0.05$). En el número de nudos, el CT-601 fue superior ($p \leq 0.05$). No se encontró efecto de variedad en el rendimiento de materia seca (MS) y se alcanzaron valores de rendimiento cercanos a 15 t ha⁻¹ de MS total y 4 t ha⁻¹ de MS de hojas en el corte de establecimiento. Se concluye que las nuevas variedades en condiciones de pre-montaña presentan alta brotación ($\geq 50\%$) con favorable desarrollo y crecimiento. Se recomienda evaluar el crecimiento y estructura de las nuevas variedades en diferentes momentos de desarrollo en las condiciones edafoclimáticas de la pre-montaña.

Palabras clave: *germinación, king grass, Pennisetum purpureum, crecimiento, desarrollo*

Las zonas montañosas se consideran los ecosistemas más sensibles a los cambios climáticos y más vulnerables al desequilibrio ecológico, provocado por factores humanos y naturales (Ramírez 2010). En Cuba, las inadecuadas prácticas ganaderas han estimulado el desarrollo de procesos intermedios de degradación del suelo, aun cuando estos ecosistemas por sus propias características y exposición a las inclemencias del clima, son considerados como degradados, de baja fertilidad e improductivos (Ramírez 2010).

En las condiciones del oriente del país, Benítez *et al.* (2007) demostraron lo impráctico de desarrollar la ganadería en la montaña por el efecto de la pendiente ($\geq 25\%$) y la improductividad del suelo, además de corroborar el efecto negativo de esta actividad al ecosistema, que se identificó como frágil y poco compatible con la actividad ganadera. Estos autores reconocieron que en los macizos de la región oriental solo 19 % del área en uso ganadero en la Sierra Maestra

Sierra Maestra is compatible to the grazing practice. Likewise, only 33.7 % of Nipe-Sagua-Baracoa massif is compatible.

With these antecedents, leaders of cattle rearing activity in the mountain should look and establish alternatives for cattle production, in order to fulfill mountain people needs. Pre-mountain may constitute an ecosystem that could develop cattle activity, but, at the same time, is a fragile ecosystem that cannot be overexploited. Therefore, new grass varieties should be introduced to be in harmony with the ecosystem and its systemic services, with substantial biomass production and persistence to possible stress conditions like drought.

One of the alternatives is the use of new varieties of *Cenchrus purpureus*, obtained by tissue culture from CT-115, with tolerance to drought and that, under plain conditions, have demonstrated a promising performance compared to its progenitor (Arias 2012 and Ray *et al.* 2016). Because climate conditions favor the development of pastures, these new varieties could constitute an alternative for animal feeding. If they are favorably established under these edaphoclimatic conditions and, later, in the homogenization cut, the response in structure and productivity fulfills the possible demands established for forage species.

The objective of this study was to evaluate the establishment, development and productivity of new varieties of *Cenchrus purpureus* in pre-mountain ecosystems.

Materials and Methods

Locality, climate and soil. This research was developed between June and December, 2011, in the farm El Porvenir of the CCS Fortalecida “Braulio Coroneaux”, Consejo Popular “Loma de Piedra”, in Guisa municipality. This area is located in the low basin of Cauto river, at 6 km of Guisa city, and shows slopes from 0 to 20 %, which are medium undulated (SIG Sierra Maestra 2006).

The weather in the area of the farm is classified as relatively humid tropical, being the most extended climate of Cuban pre-mountain. It is characterized by having well defined rainy and dry seasons. Precipitations of 858.3 mm (figure 1) are reported, with periods of intense drought in dry season (November-April). Relative humidity in the areas is 78 % and mean temperature was around 25.4 °C during the year.

Soil of the experimental area is brown with carbonates, according to the new version of genetic classification of soils in Cuba (Hernández *et al.*, 2015). Chemical characteristics of the soil indicate that, according to Lopes *et al.* (2016), is moderately acid, with low levels of phosphoric acid and acceptable concentration of potassium oxide. Organic matter content is fairly low (table 1).

es compatible con la práctica del pastoreo. Asimismo, solo lo es 33.7 % del macizo Nipe-Sagua-Baracoa.

Con estos antecedentes, los directivos que rigen la actividad ganadera en la montaña deben buscar y establecer alternativas para la producción ganadera, con el propósito de suplir las necesidades de los montañeses. La pre montaña podría constituir un ecosistema donde se pudiera desarrollar la ganadería, pero de igual forma es un ecosistema frágil que no se debe sobreexplotar. Por tanto, se deben introducir variedades de pastos que armonicen con el ecosistema y con sus servicios sistémicos, con sustancial productividad de biomasa y persistencia a posibles condiciones de estrés, como lo puede ser la sequía.

Una de las alternativas es la utilización de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*, obtenidas por cultivo de tejidos a partir del CT-115, con tolerancia a la sequía y que en condiciones del llano han demostrado un comportamiento promisorio en comparación con su progenitor (Arias 2012 y Ray *et al.* 2016). Debido a que las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de las pasturas, estas nuevas variedades podrían constituir una alternativa para la alimentación animal. Si se establecen favorablemente en estas condiciones edafoclimáticas y, posteriormente, en el corte de homogenización, la respuesta en estructura y productividad suple las posibles demandas que se establecen para las especies forrajeras.

El objetivo de este estudio fue evaluar en los ecosistemas pre-montañeses, el establecimiento, desarrollo y productividad de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*.

Materiales y Métodos

Localidad, clima y suelo. La investigación se desarrolló durante el período de junio a diciembre de 2011, en la Finca El Porvenir de la CCS Fortalecida “Braulio Coroneaux”, Consejo Popular “Loma de Piedra”, en el municipio de Guisa. El área está ubicada en la cuenca baja del Cauto, a 6 km de la ciudad de Guisa, y presenta pendientes de 0-20 %, medianamente onduladas (SIG Sierra Maestra 2006).

El clima de la región donde está ubicada la finca, se clasifica como tropical relativamente húmedo, siendo el tipo de clima más extendido de la pre-montaña de Cuba. Se caracteriza por presentar estaciones lluviosas y poco lluviosas bien definidas. Se informan precipitaciones de 858.3 mm (figura 1), con períodos de intensa sequía en la época de seca (noviembre-abril). La humedad relativa en el área es de 78 % y la temperatura media del aire fue de aproximadamente 25.4 °C en el año.

El suelo del área experimental es de tipo pardo con carbonatos, según la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015). Las características químicas del suelo indican, según Lopes *et al.* (2016) que el pH es medianamente ácido, con bajos niveles de óxido fosfórico y aceptable concentración de óxido de potasio. El contenido de materia orgánica es medianamente bajo (tabla 1).

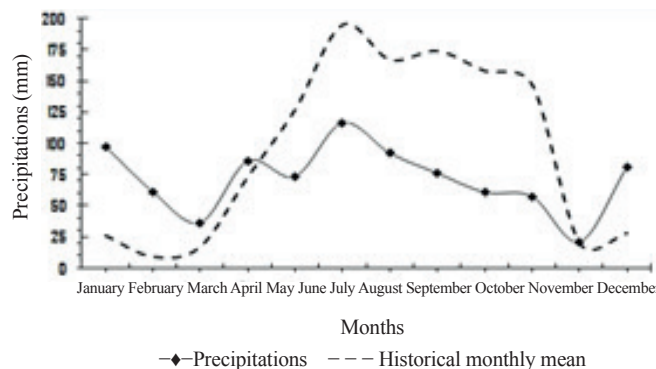


Figure 1. Performance of precipitations during the experimental stage

Table 1. Chemical composition of soil in the experimental area

pH		mg/100 g of soil		% Organic Matter
KCl	H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	
4.7	6.0	1.0	8.0	3.2

Used plant material. For the establishment of experimental plots, the plant material (CT-601, CT-603 and CT-605) was provided by the Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIA) “Jorge Dimitrov”, which obtained these varieties by donation of the Institute of Animal Science, from the variety Cuba CT-115. Varieties were established in seed banks at the Estación Experimental de Pastos y Forrajes del IIA, where they are currently located for their evaluation, introduction and extension in cattle rearing areas.

Treatment, design and statistical analysis. As treatment, four varieties of *Cenchrus purpureus* were evaluate, distributed in a random block design with four replications. For the statistical analysis, the package STATISTICA, version 10.0 (StatSoft 2010) was used. Normality of experimental data (percentage of germination, number of leaves and leaf length, number of internodes and internode length and yield of DM of leaves and total) was confirmed through the test of Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) and variance homogeneity was determined with Bartlett (StatSoft 2010) test. Analyses of variance were performed according to the mathematical model of the used design, in which the effect of variety on germination, morphological and physiological variables, structural and total yield were controlled. For comparing means, Keuls (Keuls 1952) test was used. In order to determine growth curve of studied variables, a multiple linear regression analysis was performed using the age and height of the plant. Logistical and Gompertz models were used, where:

Logistical Model

$$Y = a / (1 + b \exp(-cx))$$

Gompertz Model:

$$Y = a \exp(-\exp(b - cx))$$

For both models:

y, plant height

Material vegetal utilizado. Para el establecimiento de las parcelas experimentales, el material vegetal (CT-601, CT-603 y CT-605) fue proporcionado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIA) “Jorge Dimitrov”, el que obtuvo las variedades por donación del Instituto de Ciencia Animal a partir de la variedad Cuba CT-115. Las variedades se establecieron en bancos de semillas en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes del IIA, donde se encuentran actualmente para su evaluación, introducción y extensión en las áreas ganaderas.

Tratamiento, diseño y análisis estadístico. Se evaluaron como tratamientos cuatro variedades de *Cenchrus purpureus*, distribuidas en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete STATISTIC, versión 10.0 (StatSoft 2010). La normalidad de los datos experimentales (porcentaje de germinación, número de hojas y largo de la hoja, número de nudos y largo de entrenudos y rendimiento de MS de hojas y total) se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) y la homogeneidad de varianzas a partir de la prueba de Bartlett (StatSoft 2010). Se realizaron análisis de varianza según modelo matemático del diseño empleado, en los que se controló el efecto de variedad en la brotación, las variables morfológicas, fisiológicas y el rendimiento total y estructural. Para la comparación de medias se empleó la dócima de Keuls (Keuls 1952). Para determinar la curva de crecimiento de las variedades estudiadas se realizó análisis de regresión lineal múltiple a partir de la edad y altura de la planta. Se utilizaron los modelos logístico y de Gompertz, donde:

Modelo logístico

$$Y = a / (1 + b \exp(-cx))$$

Modelo Gompertz:

$$Y = a \exp(-\exp(b - cx))$$

Para ambos modelos:

y, altura de la planta

x, age in d

a, b, c parameter of models

For better fit, it was selected the one with high R^2 value, high significance, low standard error of parameters and estimation, low mean square of the error and significant contribution of equation parameters.

Experimental procedure. An area in the plateau was selected, in which the minimal preparations of soil (ploughing, crossing and furrowing) was carried out with the use of animals in the month of June, in order to reduce the possible negative effect on the ecosystem. Agamic seeds were used for sowing, performed in July, in plots of 4 x 5 m wide, with density of 3 t per hectare. The number of planted buds was controlled and the number of sprouts was counted in different phases to determine germination percentage. For measurements, nine plants were taken per plot. Every 15 days, with a millimeter ruler, height was measured, considered from the base up to the apical cone, in order to determine growth variation during the establishment period of these varieties. The number of nodes and internodes was counted, and the length of the fourth internode and stem thickness were measured with a vernier caliper. The total number of leaves was counted, and, using a millimeter ruler of 1-meter long, in the fourth leaf, the length was measured from the base to the apex, and the wide in three points (base, middle and apical area). Absolute growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR) were evaluated from control of plant height, using the procedures described by De Armas *et al.* (1988).

$$\text{AGR} = \frac{\text{Height difference}}{\text{Time difference}} \text{ (cm.day}^{-1}\text{)}$$

$$\text{RGR} = \frac{\text{Height difference}}{\text{Time difference}} \times \frac{1}{\text{Final height}} \text{ cm.cm}^{-1}\text{.day}^{-1}$$

In order to determine green mass (GM) and dry matter (DM) yields, the cut was carried out at 120 d, at a height of 15 cm, in order to obtain total volume for each plot. An amount of 50 cm of border effect in the headlands and one meter in the sides were discarded. In order to determine percentage of forage DM, a sample of 200 g was weighed in a balance of two plates. This sample was maintained for 72 h in a circulating air oven at 60 °C.

Results and Discussion

When germination process was analyzed (figure 2), significant differences were obtained in the different evaluated ages among the varieties proposed for this study. The variety control CT-115 significantly surpassed the other varieties under study at 12 d of planted, with a value superior to 25 %. However, CT-603 shared superscripts with CT-115 and CT-601 at 21 and 39 d, but CT-115 was superior to CT-601 in both periods. CT-605 was not equal or superior ($P \leq 0.05$) to the rest

x, edad en d

a, b, c parámetro de los modelos

Se seleccionó para el mejor ajuste el que presentara alto valor de R^2 , alta significación, bajo error estándar de los parámetros y de estimación, menor cuadrado medio del error y aporte significativo de los parámetros de la ecuación.

Procedimiento experimental. Se escogió un área en una meseta, en la que se realizó la preparación mínima del suelo con tracción animal (aradura, cruce, surca) en el mes de junio, con el propósito de reducir la posible afectación del ecosistema. Se utilizó semilla agámica para la plantación, que se realizó en julio, en parcelas de 4 x 5 m, con densidad de 3 t por hectárea. Se controló el número de yemas plantadas y se contó el número de brotes en diferentes fases para determinar el porcentaje de brotación. Para las mediciones, se tomaron nueve plantas por parcela. Con frecuencia quincenal, con una regla milimetrada, se midió la altura, considerada desde la base hasta el cono apical, para determinar la variación del crecimiento durante el período de establecimiento de estas variedades. Se contó el número de nudos y entrenudos, se midió el largo del cuarto entrenudos y el grosor del tallo con un pie de rey. Se contó con una regla milimetrada de un metro de largo el número total de hojas y se midió en la cuarta hoja el largo, desde la base hasta el ápice, y el ancho en tres puntos (base, medio y apical). Se evaluaron las tasas de crecimiento absoluto (TCA) y relativo (TCR) a partir del control de la altura de las plantas, utilizando los procedimientos descritos por De Armas *et al.* (1988).

$$\text{TCA} = \frac{\text{Diferencia de altura}}{\text{Diferencia de tiempo}} \text{ (cm.día}^{-1}\text{)}$$

$$\text{TCR} = \frac{\text{Diferencia de altura}}{\text{Diferencia de tiempo}} \times \frac{1}{\text{Altura final}} \text{ cm.cm}^{-1}\text{.día}^{-1}$$

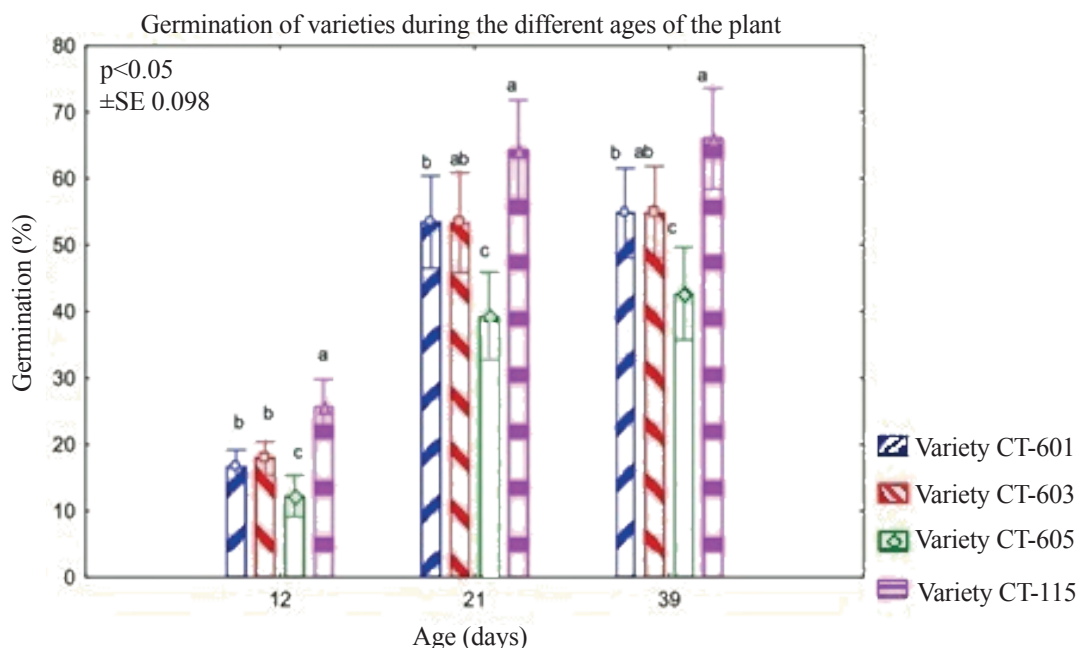
Para determinar el rendimiento de masa verde (MV) y de materia seca (MS) se realizó el corte a los 120 d, a una altura de 15 cm, para obtener el volumen total de cada parcela. Se desecharon 50 cm de efecto de borde en los cabeceros y un metro en los laterales. Para determinar el porcentaje de MS del forraje, se pesó una muestra de 200 g en una balanza de dos platos. Esta muestra se mantuvo durante 72 h en una estufa de circulación de aire a 60 °C.

Resultados y Discusión

Cuando se analizó el proceso de brotación (figura 2), se obtuvieron diferencias significativas en las diferentes edades evaluadas entre las variedades propuestas para estudio. La variedad control CT-115 superó de forma significativa a las variedades en estudio a los 12 d de plantadas, con valor superior a 25 %. Sin embargo, el CT-603 compartió superíndices con el CT-115 y CT-601 a los 21 y 39 d, pero el CT-115 superó al CT-601 en ambos períodos. El CT-605 en ninguna de las edades igualó ni superó ($p \leq 0.05$) al resto de las

of studied varieties. All varieties increased gradually their germination and ranged from 42 to 56 % at 39 d.

variedades estudiadas. Todas las variedades aumentaron su brotación gradualmente y oscilaron a los 39 d entre 42-56 %.



a, b, c Different letters within each age differ at $p < 0.05$ according to Keuls (1952)

Figure 2. Germination percentage of varieties during the different sowing ages

This germination process, according to Herrera and Martínez (2006), is a characteristic of king grass, which is not simultaneously performed during the first days, and it is gradually developed, even after 28 d. Germination percentages surpassed those referred by Cruz *et al.* (2017) in salinity-tolerant cultivars (52-58 % of germination), under medium salinity conditions in Valle del Cauto, Cuba. They were also superior to those obtained by Díaz (2007) in cultivars tolerant to drought (23-60%) under conditions of intense seasonal drought. Taking into account these results, considering the conditions in which the experiment was developed (without irrigation and without fertilization) and the season of plantation (middle of rainy season), the response was caused by the exposition to natural soil fertility and climate factors during the establishment. Therefore, differences are mainly attributed to the climate of each ecosystem (pre-mountain and plain) (ONEI 2014), which influence on grass productivity (Ramírez 2010).

When growth curves of varieties during the establishment period (figure 3) were analyzed, they described a sigmoidal shape of growth of grasses reported by Voisin (1963). It was observed that during the establishment, varieties CT-603, CT-601 and CT-115 reached higher growth speed, with values ranging from 100 to 115 cm, respectively, at 60 d of age.

The lowest speed in this age belonged to CT-605, which reached a value of 55 cm, showing a late germination. Nevertheless, it reaches a recovery at 119 d, with 222 cm high. Values referred for CT-115,

Este proceso de brotación, según Herrera y Martínez (2006) es característico del king grass, que lo realiza de forma no simultánea durante los primeros días, y que transcurre de forma gradual, aún después de los 28 d. Los porcentajes de brotación superaron los referidos por Cruz *et al.* (2017) en cultivares tolerantes a la salinidad (52-58% de brotación) en condiciones de salinidad media en el Valle del Cauto, Cuba y también fueron superiores a los obtenidos por Díaz (2007) en cultivares tolerantes a la sequía (23-60%) en condiciones de intensa sequía estacional. Teniendo en cuenta que estos resultados, dada las condiciones en que se desarrolló el experimento (sin riego y sin fertilizante) y el período climático de plantación (mediados de la lluvia), la respuesta se debió a la exposición de la fertilidad natural del suelo y los factores climáticos durante el establecimiento. Por ello se adjudica que las diferencias están dadas, principalmente, por el clima que impera en cada ecosistema (pre-montaña y llano) (ONEI 2014), que influye en la productividad de los pastos (Ramírez 2010).

Cuando se analizaron las curvas de crecimiento de las variedades durante el período de establecimiento (figura 3) describieron la forma sigmoidal del crecimiento de los pastos informada por Voisin (1963). Se observó que durante el establecimiento, las variedades CT-603, CT-601 y CT-115 alcanzaron la mayor velocidad de crecimiento, con valores que oscilan de 100 a 115 cm respectivamente, a los 60 d de edad.

La menor velocidad en esta edad correspondió a la variedad CT-605, que alcanzó un valor de 55 cm, manifestando una brotación tardía. No obstante, logra recuperarse a los 119 d, con 222 cm de altura. Los

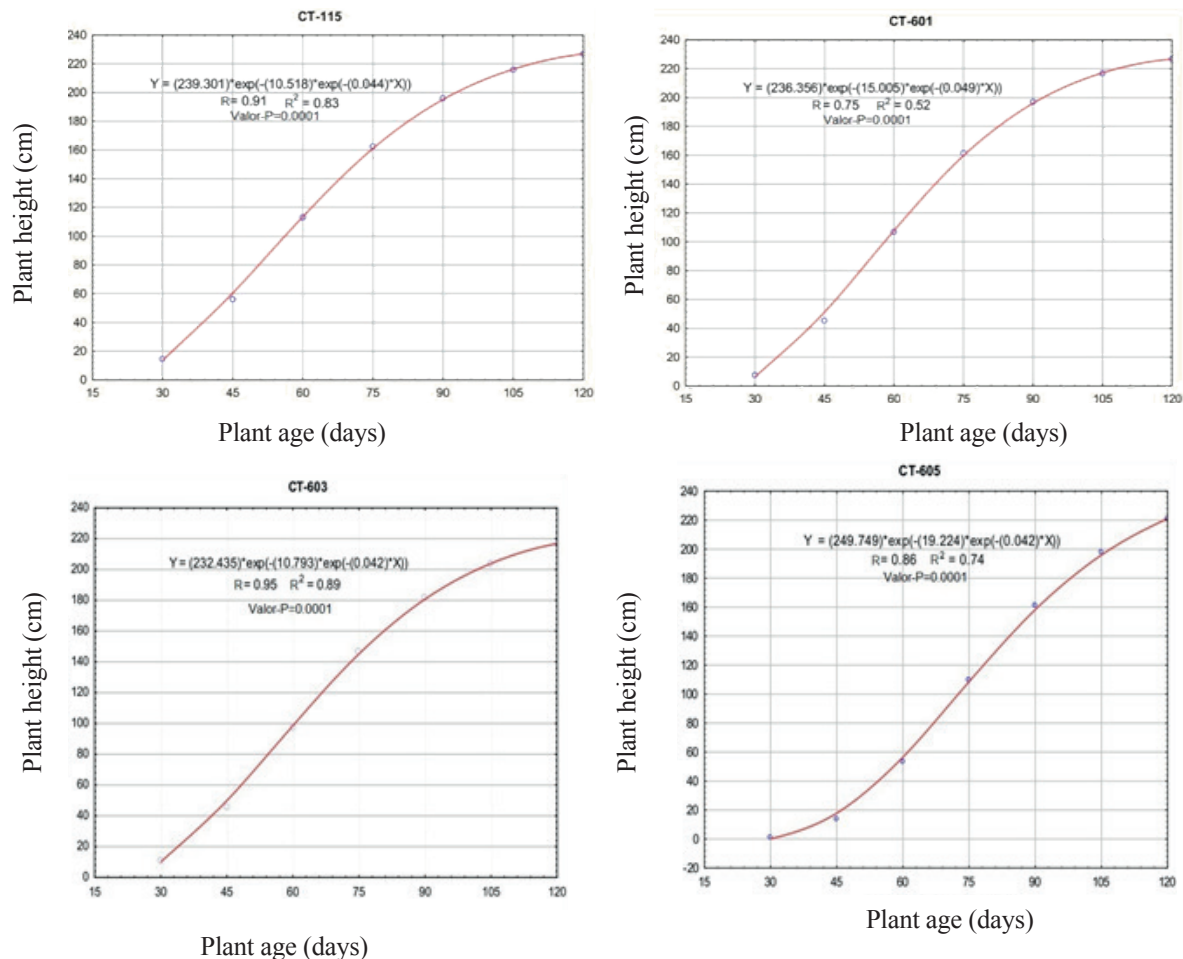


Figure 3. Growth curves of varieties during the establishment period

CT-601 and 603 surpass those pointed by Ledea *et al.* (2017) in varieties tolerant to salinity at the same age. However, those stated for CT-605 are inferior to those reported by the above authors. Results of growth dynamics regarding height also are superior to those obtained by Cordoví *et al.* (2013) and Fernández *et al.* (2015) in trees and grasses tolerant to drought, respectively. This is attributed to varieties of *Cenchrus purpureus* under pre-mountain conditions, which are favorable for its growth and development.

In the analysis of absolute growth rate (figure 4), it shows a sigmoidal performance that is accelerated from 35 d, with a meseta of values from 2 cm d⁻¹ up to 77 d old, and an important decrease up to 119 d of age, except for CT-605 that did not have that performance. This previous fact is similarly shown for three varieties (CT-601, CT-603 and CT-115) out of the four evaluated. The specificity was shown by CT-605, with low initial growth speed, but with dry matter accumulation rhythms that guarantee a stable supply to animals under pre-mountain conditions. Growth value of the crop is inferior to that referred by Cruz *et al.* (2017), who obtained 1.4 cm day⁻¹.

Values of absolute growth rate were similar to those stated by Ledea *et al.* (2017) under medium salinity conditions, and surpassed the reports of Díaz (2007) under intense seasonal drought conditions. This scheme locates the varieties under study in a favorable place for

valores referidos para CT-115, CT-601 y 603 superan los señalados por Ledea *et al.* (2017) en variedades tolerantes a la salinidad en la misma edad. Sin embargo, los señalados para el CT-605 son inferiores a los informados por los autores mencionados. Los resultados de la dinámica de crecimiento en función de la altura también superan los obtenidos por Cordoví *et al.* (2013) y Fernández *et al.* (2015) en arbustivas y gramíneas tolerantes a la sequía, respectivamente. Esto se le atribuye a las variedades de *Cenchrus purpureus* en condiciones de pre-montaña, que son favorables para su crecimiento y desarrollo.

En el análisis de la tasa de crecimiento absoluto (figura 4) se distingue un comportamiento sigmoidal que se acelera a partir de los 35 d, con una meseta de valores de 2 cm d⁻¹ hasta los 77 d de edad, y un decline importante hasta los 119 d de plantadas, excepto para el CT-605 que no tuvo este comportamiento. Lo anterior se manifiesta de forma similar para tres (CT-601, CT-603 y CT-115) variedades de las cuatro que fueron evaluadas. La particularidad la aportó el CT-605, con baja velocidad de crecimiento inicial, pero con ritmos de acumulación de materia seca que garantizarían un suministro estable a los animales en condiciones de pre-montaña. El valor de crecimiento del cultivo es inferior al referido por Cruz *et al.* (2017), quienes obtuvieron 1.4 cm día⁻¹.

Los valores de la tasa de crecimiento absoluto fueron

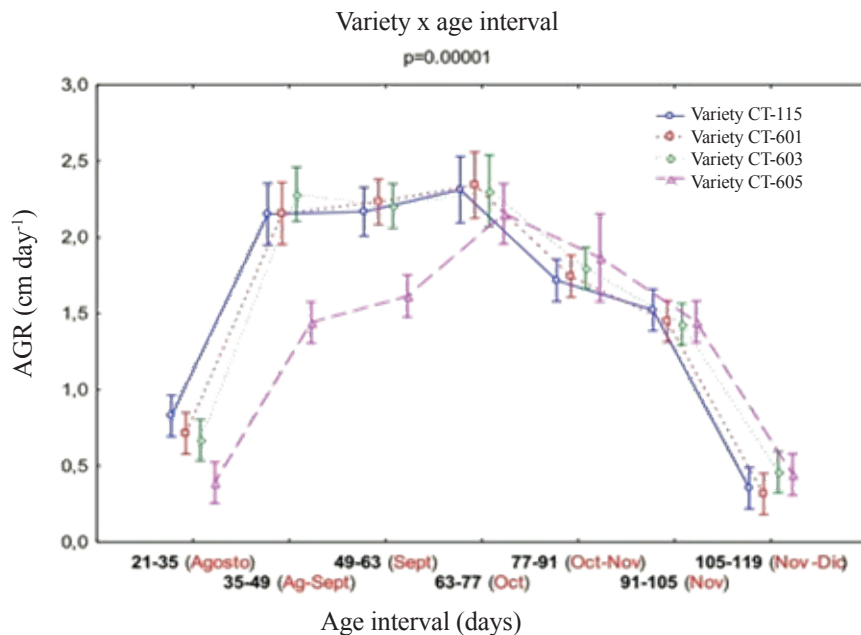


Figure 4. Absolute growth rate (AGR) in the establishment period

biomass and seed production, where climate and soil conditions are not limiting factors.

Values obtained in the range of 35 and 77 d were inferior to those stated by Rincón *et al.* (2007), when evaluated maize individually, in association with natural grasses. They were also lower than those obtained by Uvidia *et al.* (2013) under conditions of Amazonian ecosystem in *Pennisetum purpureum* cv. Maralfalfa for week five (35 d), eight (56 d) and 12 (84 d), with 4; 5.8 and 4 cm respectively. In these ecosystems, rain regime favors growth and development of the crop, compared to experimentation conditions, which suggests a high plasticity of the new varieties of the ecosystem into which they were introduced.

Regarding this performance, Herrera and Martínez (2006) reported that king grass grows 1.07 cm d⁻¹ as average in Cuba. However, it should be highlighted that environmental conditions and soil factor influence on this response, and, under pre-mountain conditions, these factors determine growth of crops. Uvidia *et al.* (2013) stated that differences obtained in their study were attributed to the influence of different environmental stimulus. These authors report that activation of certain genes in plants stimulate a determined activity that, in concomitance with regulating and enzymatic factors, it should be manifested easily or not, which could be present in the analyzed effect. In addition, they referred a vigor characteristic of grasses, once they pass the initial stage of growth after planted, which is shown between 35 and 77 d.

Relative growth rate of varieties (figure 5) showed higher growth efficiency between 35 and 49 d, with values from 0.035 to 0.040 cm cm⁻¹ d⁻¹. Between 49 and 77 d showed moderate levels of relative growth

semejantes a los referidos por Ledea *et al.* (2017) en condiciones de mediana salinidad, y superaron los informados por Díaz (2007) en condiciones de intensa sequía estacional. Este esquema sitúa a las variedades en estudio en un lugar favorable para la producción de biomasa y semillas, donde el clima y las condiciones del suelo no son limitantes.

Los valores obtenidos en el rango de 35 y 77 d fueron inferiores a los señalados por Rincón *et al.* (2007), cuando evaluaron de forma individual al maíz, y en asociación con pastos naturalizados y también estuvieron por debajo de los obtenidos por Uvidia *et al.* (2013) en condiciones de ecosistemas amazónicos en *Pennisetum purpureum* cv. Maralfalfa para la semana cinco (35 d), ocho (56 d) y 12 (84 d), con 4; 5.8 y 4 cm respectivamente. En estos ecosistemas, el régimen pluviométrico favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo, en comparación con las condiciones de experimentación, lo que sugiere alta plasticidad de las nuevas variedades al ecosistema en el que se introdujeron.

En relación con este comportamiento, Herrera y Martínez (2006) informaron que el king grass crece 1.07 cm d⁻¹ como promedio en Cuba. Sin embargo, se debe destacar que, las condiciones ambientales y el factor suelo influyen en esta respuesta, y en condiciones de pre-montaña estos son factores que determinan el crecimiento de los cultivos. Uvidia *et al.* (2013) afirmaron que las diferencias que obtuvieron en su estudio se debieron a la influencia de diferentes estímulos ambientales. Estos autores alegan que la activación de ciertos genes en las plantas estimula una actividad determinada que, en concomitancia con los factores reguladores y enzimáticos, se puede manifestar de forma expedita o no, lo que pudo haber estado presente en el efecto analizado. Además refirieron el vigor característico que manifiestan las gramíneas, una vez que rebasan el período inicial de crecimiento después de plantadas, que se manifiesta entre los 35 y 77 d.

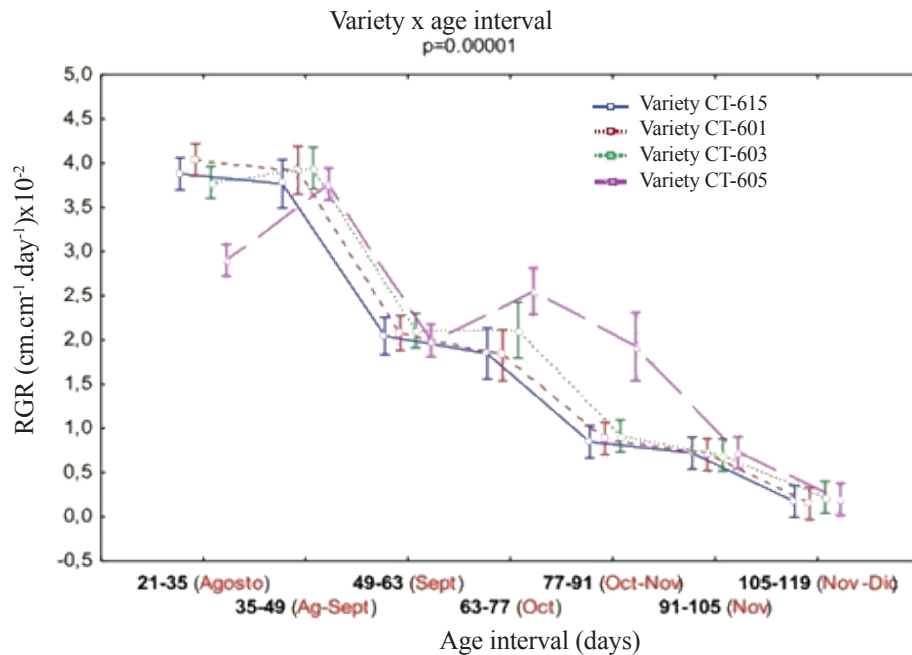


Figure 5. Relative growth rate (RGR) in the establishment period

(0.018-0.025 cm cm⁻¹ d⁻¹), which decreased from this age (less than 0.01 cm cm⁻¹ d⁻¹), with a tendency similar to the one followed by the absolute growth rate.

A different performance was demonstrated by CT-605, which showed a slower decrease of relative growth rate in the range between 49 and 77 d. This is related to internal characteristics of the plant and modifications of climate conditions in the studied area. CT-603, although more discrete than CT-605, also showed a stimulus to increase RGR, and in the later periods (91-105 and 105-119 d), all unified growth response.

In the performance of morphological variables, which were influenced by the varieties effect in the establishment cut (table 2), there were differences ($p<0.05$) in the number of leaves, favorable to varieties CT-605, CT-601, CT-603, followed by the control CT-115. This is superior to reports of Díaz (2007), who observed values of 10 to 15 leaves in these varieties, which are similar to those stated by Ramírez (2010) also under pre-mountain conditions. Gómez *et al.* (2015), in a semi-warm weather pointed out lower number of leaves than that referred in this study.

A characteristic of varieties of this study is to have many leaves, which allows to generate a great amount of biomass, due to the narrow relationship between leaves, foliar area and photosynthetic efficiency (Chamorro *et al.* 2011). This trait also contributes to provide animals with the necessary nutritional elements for their growth and development (Álvarez *et al.* 2016) with chemical and nutritional quality, because there is, in the leaf, a proportion of soluble carbohydrates that is superior to that of structural carbohydrates (Ledea 2016), so digestibility will be better.

Las tasas de crecimiento relativo de las variedades (figura 5) mostraron mayor eficiencia de crecimiento entre los 35 y 49 d, con valores de 0.035 a 0.040 cm cm⁻¹ d⁻¹. Entre 49 y 77 d manifestaron niveles moderados de crecimiento relativo (0.018-0.025 cm cm⁻¹ d⁻¹) que disminuyeron a partir de esta edad (menos de 0.01 cm cm⁻¹ d⁻¹), como tendencia similar a la que siguió la tasa de crecimiento absoluta.

Un comportamiento diferente manifestó el CT-605, el cual mostró una disminución más lenta de la tasa de crecimiento relativo en el rango de 49 y 77 d. Esto se relaciona con características intrínsecas de la planta y modificaciones en las condiciones climáticas del área de estudio. El CT-603, aunque más discreto que el CT-605, también mostró un estímulo a incrementar la TCR, y en los intervalos posteriores (91-105 y 105-119 d) todos uniformaron la respuesta al crecimiento.

En el comportamiento de las variables morfológicas, que estuvieron influidas por el efecto de la variedad en el corte de establecimiento (tabla 2), se encontraron diferencias ($p<0.05$) en el número de hojas, favorables a las variedades CT-605, CT-601, CT-603, seguido por el control CT-115. Esto supera lo informado por Díaz (2007), quien observó valores de 10 a 15 hojas en estas variedades, que son semejantes a los referidos por Ramírez (2010) también en las condiciones de pre-montaña. Gómez *et al.* (2015), en clima semicálido, señalaron menor número de hojas que lo referido en este estudio.

Una característica de las variedades en estudio es el ser muy hojosas, lo que les permite generar gran cantidad de biomasa, debido a la estrecha relación entre la cantidad de hojas, área foliar y eficiencia fotosintética (Chamorro *et al.* 2011). Este rasgo contribuye además a proveer a los animales de los elementos nutritivos necesarios para su crecimiento y desarrollo (Álvarez *et al.* 2016) con calidad química y nutritiva, pues radica

Table 2. Performance of some morphological variables, according to the variety in the establishment cut

Variables	Varieties				±SE	Significance
	CT-601	CT-603	CT-605	CT-115		
Number of leaves (U)	27 ^{ab}	26 ^{ab}	29 ^a	25 ^b	0.38	0.02345
Leaf length (cm)	101.3 ^b	95.4 ^b	76.8 ^c	110.2 ^a	1.54	0.00012
Number of internodes (U)	25 ^a	24 ^b	20 ^c	22 ^c	0.24	0.00001
Length of the 4th internode (cm)	9.2 ^a	9.6 ^a	8.2 ^b	10.3 ^a	1.17	0.00001

^{a, b, c} Means with different letters in the lines differ, according to Keuls (1952)

In leaf length, CT-115 was superior ($p < 0.001$) to the rest of varieties, with 110 cm. CT-601 and CT-603 were significantly different ($p < 0.001$) from CT-605, which showed the lowest value. Arias (2012) obtained superior values for leaf length (112.4 cm) with irrigation and organic fertilization. Álvarez *et al.* (2016) also surpassed the referred means in this study (table 2). However, the cited authors pointed out that obtain differences were because of the effect of cut age, and not because of variety in the morphological performance of cultivars. This effect should be taken into consideration in future evaluations under pre-mountain conditions, where crops should modify their morphological performance.

CT-601 was favored ($p \leq 0.05$) by the number of nodes regarding the rest of varieties under study. CT-605 and control showed no statistical differences, and CT-603 demonstrated a mean value. Cruz *et al.* (2017) reported low number of nodes in cultivars tolerant to salinity. Fernández *et al.* (2015) stated that stem morphology is determined by processes of adaptation to edaphoclimatic conditions of adverse ecosystems. In this study, the number of nodes was determined by the characteristics of each of the evaluated varieties.

The number of nodes determines potentialities of varieties under study for seed production, due to the favorable edaphoclimatic conditions of pre-mountain. According to Calzada *et al.* (2014), nodes determine germination points when the plants are used as seed because these structures accumulate great amount of soluble carbohydrates that constitute the reserve of plants for sprout germination and formation of new tissues for their growth and development.

Total and leaf dry matter (DM) yield did not reach the statistical significance (table 3). However, means of total yield and leaf yield did not surpass those reached by Caballero *et al.* (2016), when they evaluated five grass species under edaphoclimatic conditions of the western area of Cuba during the rainy and dry periods, respectively, mainly due to differences in the regime and distribution of rains between both regions, regardless of the favorable conditions of pre-mountain climate. This condition caused Gómez *et al.* (2015) to have higher yields of dry matter per hectare in a semi-warm climate.

Regarding leaf yield, Chamorro *et al.* (2011) indicated that a great amount of leaves constitutes an

en las hojas una proporción de carbohidratos solubles superior a los estructurales (Ledea 2016), por lo que la digestibilidad será mayor.

En el largo de la hoja, el CT-115 superó ($p < 0.001$) con 110 cm al resto de las variedades. El CT-601 y CT-603 se diferenciaron significativamente ($p < 0.001$) del CT-605, el cual manifestó el menor valor. Arias (2012) obtuvieron valores superiores para el largo de la hoja (112.4 cm) con la aplicación de riego y fertilización orgánica, Álvarez *et al.* (2016) también superaron los promedios referidos en este estudio (tabla 2). Sin embargo, los autores citados señalaron que las diferencias encontradas se debieron al efecto de la edad de corte, y no de la variedad en el comportamiento morfológico de los cultivares. Este efecto se debe tener en cuenta en futuras evaluaciones en condiciones de pre-montaña, donde los cultivos deben modificar el comportamiento morfológico.

El CT-601 estuvo favorecido ($p \leq 0.05$) por el número de nudos con respecto al resto de las variedades en estudio. El CT-605 y el control no mostraron diferencias estadísticas, y el CT-603 manifestó un valor promedio. Cruz *et al.* (2017) refirieron menor número de nudos en cultivares tolerantes a la salinidad. Fernández *et al.* (2015) señalaron que la morfología del tallo la determinan procesos adaptativos a las condiciones edafoclimáticas de ecosistemas adversos. En este estudio, el número de nudos obedeció a las características intrínsecas de las variedades en evaluación.

El número de nudos condiciona las potencialidades de las variedades en estudio para la producción de semillas, por lo favorable de las condiciones edafoclimáticas de la pre-montaña. Según Calzada *et al.* (2014), los nudos determinan los puntos de brotes cuando se quieren utilizar las plantas como semilla, pues en estas estructuras se acumula gran cantidad de 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.

El rendimiento de materia seca (MS) total y de hojas no alcanzó la significación estadística (tabla 3). Sin embargo, los promedios de rendimiento total y de hojas no superaron los alcanzados por Caballero *et al.* (2016), cuando evaluaron cinco especies de gramíneas en las condiciones edafoclimáticas del occidente de Cuba durante los períodos lluvioso y poco lluvioso respectivamente, debido, sobre todo, a las diferencias en el régimen y distribución pluviométrica entre las dos regiones, independientemente de lo favorable del clima

Table 3. Mean values of yield of total DM and of leaves in the establishment cut of varieties

Variable	Mean	Standard deviation	Variation coefficient (%)
Total yield (t.DM.ha ⁻¹)	14.8	2.8	18.7
Leaf yield (t.DM.ha ⁻¹)	4.0	0.9	22.0

indicator of quality of dry matter yield because favors quality of biomass by conversion of photoassimilates from photosynthetic efficiency and capacity.

It can be concluded that varieties of *Cenchrus purpureus*, under edaphoclimatic conditions of pre-mountain from the eastern area, show an adequate percentage of germination with development and growth. This propitiates favorable productions of dry matter at the uniformity cut.

It is recommended to evaluate the growth and structure of new varieties in different development moments under pre-mountain edaphic climatic conditions

de la pre-montaña. Esta condición propició que Gómez *et al.* (2015) obtuvieran mayores rendimientos de materia seca por hectárea en clima semicálido.

En cuanto al rendimiento de hojas, Chamorro *et al.* (2011) indicaron que una gran cantidad de hojas constituye un indicador de la calidad del rendimiento de materia seca porque propicia calidad de la biomasa por la conversión de fotoasimilatos a partir de la capacidad y eficiencia fotosintética.

Se concluye que las variedades de *Cenchrus purpureus*, en las condiciones edafoclimáticas de la pre-montaña de la región oriental, presentan un adecuado porcentaje de germinación con desarrollo y crecimiento. Esto posibilita a los cultivares producciones favorables de materia seca al corte de uniformidad.

Se recomienda evaluar el crecimiento y estructura de las nuevas variedades en diferentes momentos de desarrollo en las condiciones edafoclimáticas de la pre-montaña

References

- Álvarez, G. R., García, A. R., Cabezas, R. R., Samaniego, M. C., Jacho, T. E. & Rivera, C. M. 2016. Asociación del pasto *Cenchrus purpureus* vc. Morado con dos leguminosas a diferentes edades de corte. *Rev. REDVET*; 17(6):1-9.
- Arias, R. C. 2012. Frecuencias de corte en cultivares promisorios de *Pennisetum purpureum* resistentes a la sequía con riego y fertilización orgánica. MSc. Thesis, Universidad de Granma. Cuba. 91 pp.
- Benítez, D., Blanco, A., Camejo, N., Castellanos, E., Crump, M. & Díaz, M. 2007. El manejo de la finca ganadera en la montaña. 1ra Ed. Cisneros, M. Ed. Dimitrov. Granma. Cuba. 142 pp.
- Caballero, A., Martínez, O. R., Hernández, M & Navarro, M. 2016. Characterization of the yield and quality of five accessions of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. *Pastos y Forrajes*. 39(2): 94-101.
- Calzada, M., Quiroz, E., Hernández, G., Jiménez, O. & Mendoza, P. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subhúmedo. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 5(2), 247-260.
- Chamorro, D., Parra, M. H., Ramírez, M., Herrera, C., Velazco, D. & Moreno, J. 2011. Evaluación morfofisiológica y producción de biomasa de materiales de *P. purpureum* como componente herbáceo de sistemas silvopastoriles. Resultados proyecto "Evaluaciones, selección e incorporación de nuevos materiales de especies forrajeras en sistemas de producciones ganaderas en el trópico bajo colombiano". ACCI, y Ministerio de la Agricultura, COL.
- 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. *Rev. Granma Ciencia*. 17(3).
- 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).
- Díaz, D. 2007. Evaluación agronómica de nuevas variedades *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía el Valle del Cauto. Master Thesis, Universidad de Matanzas. Cuba. 84 pp.
- De Armas, V. R., Ortega, D. E & Ródes, G. R. 1988. *Fisiología Vegetal*. La Habana, Cuba: Ed. Pueblo y Educación.
- 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.
- Gómez, A., Loya, J. M., Sanginés, L. & Gómez, J. A. 2015. Chemical composition and yield of *Pennisetum purpureum* grass during rainy season at different maturity. *Revista EDUCATECONCIENCIA*. 6(7): 68-74.
- 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. 64 p.
- Herrera, R. S & Martínez, R. O. 2006. Mejoramiento genético por vías no clásicas. In: *Pennisetum purpureum* para la ganadería. Editorial EDICA. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Keuls, M. 1952. "The use of the 'studentized range' in connection with an analysis of variance". *Euphytica* 1(2):112-122.
- Ledea, J. L. 2016. Caracterización química nutritiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía en el Valle del Cauto. MSc. Thesis, Universidad de Granma, Cuba. 100 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. Prod. Animal.* 3(29):18-28.
- Lopes, E., Cairo, P., Colás, A & Rodríguez, A. 2016. Relaciones entre las propiedades indicadoras de calidad, en dos subtipos de suelo pardos, en la provincia de Villa Clara. *Rev. Centro Agríc.* 43(1):21-28
- Massey, F.J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *J. American Statistical Assoc.* 46(253):68-78.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). Anuario estadístico de Cuba 2014. In: Capítulo I. Territorio. Edición 2015. 2015. Available: <<http://www.one.cu/anuarioestadisticodecuba2014/>>. [Consulted: January 12, 2015].
- Ramírez, A. 2010. Caracterización y tipificación de las fincas ganaderas en ecosistemas montañosos del macizo Sierra Maestra. Dr. C. Thesis, Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 101pp.
- Ray, J. V., Herrera, R. S., Benítez, D. G., Díaz, D. & Arias, R. C. 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.
- Rincón, A., Ligarreto, G. A. & Sanjuanelo, D. 2007. Crecimiento del maíz y los pastos (*Brachiaria sp.*) establecidos en monocultivo y asociados en suelos ácidos del piedemonte llanero colombiano. *Rev. Agronomía Colombiana.* 25(2): 264-272
- SIG. 2006. Sistema de Información Geográfica de la Sierra Maestra. Bioeco, 2006
- StatSoft. 2010. Statistic for windows (ver. 10.1) Tulsa Ok, USA: StatSoft, Inc.
- Uvidía, H., Leonard, I., Benítez, D. & Buestan, D. 2013. Dinámica del crecimiento de la Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), en condiciones de la Amazonia Ecuatoriana. *Rev. Amazónica: Ciencia y Tecnología.* 2(1): 14-18.
- Voisin, A. 1963. Productividad de la hierba. Editorial Tecno, S. A., Madrid, España. 499 p.

Received: December 12, 2017