

Multivariate analysis of the agronomic performance and forage quality of new clones of *Pennisetum purpureum* drought tolerant in Valle del Cauto, Cuba

Análisis multivariado del comportamiento agronómico y de la calidad forrajera de nuevos clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a sequía en el Valle del Cauto, Cuba

J. Ray¹, R.S. Herrera², D. Benítez¹, Dalibia Díaz¹ and R. Arias¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Gaveta Postal 2140, Bayamo, CP 85300, Granma, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, CP 32700, Mayabeque, Cuba

Email: jvray@dimitrov.cu

With the new clones of *Pennisetum purpureum* drought tolerant, obtained from the progenitor Cuba CT-115, agronomic and biomass quality studies were carried out in an ecosystem of intense seasonal drought in Valle del Cauto. With these results, a multivariate analysis was performed to determine the weight variables in the agronomic performance and its relative contribution to the classification of the promising clones for drought conditions. In the analysis for the rainy season, two components that explained 71.04 % of the total variance were extracted. The weight variables were height, length and wide of leaf, stem thickness, yield of total DM and leaves, absolute growth rate and leaf area. For the dry season, two components that explained 76.63 % of the total variance were extracted, the weight variables coincided, except the stem thickness, and the number of green leaves / plant and the number of branches was also significant. In the grouping dendograms, three groups at each time of the year were formed. In rainy season, one group showed a promising performance (CT-600, CT-601, CT-603, CT-605, CT-608 and CT-609). With the exception of leaf wide, this group achieved the highest expression of the weight variables; another group achieved an intermediate performance including Control Cuba CT-115, CT-602 and CT-607. The group formed by CT-604 and CT-606 had lower height, lower absolute growth rate and lower yields of dry matter. In the dry season, a poor performance group appeared, with CT-604, CT-606 and CT-602. The remaining groups showed some similarity. It is concluded that the performance of these clones is very marked by the season of the year. The CT-606, CT-604 and CT-602 are highlighted for their low biomass production.

Key words: *establishment, cut, yield, season of the year*

The considerable decrease in precipitations and intense drought periods are the result of climate change on the planet. As a consequence, the soils suffer changes in their properties, which generate low productivity and longevity of grasses. According to Milera *et al.* (2010), diversify the herbaceous and shrubs forage resources in ruminant feeding, contributes to mitigate the climate change.

Riverol and Aguilar (2015) referred the alternatives to reduce the soils degradation in Cuba and the confrontation to the climatic change. On the other hand, in the science of grasses, it continues being an

Con los nuevos clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a sequía, obtenidos a partir del progenitor Cuba CT-115, se ejecutaron estudios agronómicos y de calidad de la biomasa en un ecosistema de intensa sequía estacional en el Valle del Cauto. Con estos resultados, se realizó un análisis multivariado para determinar las variables de peso en el comportamiento agronómico y su contribución relativa a la tipificación de los clones promisorios para condiciones de sequía. En el análisis para la época lluviosa, se extrajeron dos componentes que explicaron 71.04 % de la varianza total. Las variables de peso fueron altura, longitud y ancho de la hoja, grosor del tallo, rendimiento de MS total y de hojas, tasa de crecimiento absoluto y área foliar. Para la época poco lluviosa, se extrajeron dos componentes que explicaron 76.63 % de la varianza total, coincidieron las variables de peso, con excepción del grosor del tallo, y resultó también importante el número de hojas verdes/planta y el número de ramificaciones. En los dendogramas de agrupamiento, se formaron tres grupos en cada época del año. En época lluviosa, un grupo mostró un comportamiento promisorio (CT-600, CT-601, CT-603, CT-605, CT-608 y CT-609). Con excepción del ancho de la hoja, este grupo logró la mayor expresión de las variables de peso; otro grupo logró un comportamiento intermedio, que incluye el Control Cuba CT-115, CT-602 y CT-607. El grupo formado por CT-604 y CT-606 tuvo menor altura, más baja tasa de crecimiento absoluto y menores rendimientos de materia seca. En la época poco lluviosa, apareció un grupo de comportamiento pobre, con CT-604, CT-606 y CT-602. Los grupos restantes evidenciaron cierta similitud. Se concluye que el comportamiento de estos clones está muy marcado por la época del año. Se descartan los CT-606, CT-604 y CT-602 por su baja producción de biomasa.

Palabras clave: *establecimiento, corte, rendimiento, época del año.*

La considerable disminución de las precipitaciones y los intensos períodos de sequía son resultado del cambio climático en el planeta. Como consecuencia, los suelos experimentan cambios en sus propiedades, lo que genera baja productividad y longevidad de los pastos. Según Milera *et al.* (2010), diversificar los recursos forrajeros herbáceos y arbustivos en la alimentación de rumiantes, contribuye a mitigar el cambio climático.

Riverol y Aguilar (2015) refirieron las alternativas para reducir la degradación de los suelos en Cuba y el enfrentamiento al cambio climático. En cambio, en la ciencia de los pastos, continúa siendo un imperativo

imperative to introduce and to use drought tolerant varieties.

With the univariate analysis, is the influence of different effects on the magnitude of expression of the studied variables, with respect to the agronomic performance and its interaction with the season of the year (Ledea *et al.* 2016), a factor of well-known influence on the development and biomass production of grasses in the tropics.

The multivariate analysis allows distinguishing the weight of each variable measured in the total variability of the performance of the individuals under study, their grouping and selection according to the degree of similarity in the response to the evaluated conditions (Cuadras 2014).

The objective of this study was to determine the higher weight variables in the agronomic performance and in the forage quality of new clones of *Pennisetum purpureum* drought tolerant and its relative contribution to the classification of promising for drought conditions.

Materials and Methods

The experiment was carried out in a representative ecosystem of Valle del Cauto, Cuba, with Fluvisol soil (Hernández *et al.* 1999). In the study area, the mean air temperature ranged from 24.2 °C in the dry season (November-April) to 27.7 °C in the rainy season (May-October), with maximum values of 28.6 °C and 32.8 °C, respectively. Rainfall fluctuated between 630 and 1025 mm per year, with periods of intense drought during the dry season (November-April), which represented 15.3 % of the annual total during the study period.

In the experiment, 11 clones, distributed in a random block design with four replications, were evaluated as treatments. The new clones evaluated were: CT-60, CT-601, CT-602, CT-603, CT-604, CT-605, CT-606, CT-607, CT-608 and CT-609, obtained by culturing tissues with drought tolerance, from the apical cone of the progenitor Cuba CT-115, which was used as a control.

The size of plots was 20 m² (4 x 5 m) and the clones were planted in September. Each cut was applied at 15 cm height. From the assumption that they are clones not previously studied, the time of cutting was variable, as the flare of growth ended and maturity was initiated, which was defined with phenological observations of decline of upper leaves, the proportion of dead material and flowering.

The establishment phase lasted 154 d, and the cut phase a 1.5 year. From the results obtained in these phases, two databases were formed. The first one corresponded to the establishment phase, with 11 variables and 11 cases represented by the studied clones. The second one corresponded to the cut phase, in which 22 variables were used: 6 morphological, 3 agronomical, 3 physiological and 10 bromatological or chemical

introducir y utilizar variedades tolerantes a la sequía.

Con los análisis univariados, se encuentra la influencia de diferentes efectos en la magnitud de expresión de las variables estudiadas, en lo que respecta al comportamiento agronómico y su interacción con la época del año (Ledea *et al.* 2016), factor de conocida influencia en el desarrollo y producción de biomasa de las gramíneas en el trópico.

Los análisis multivariados permiten distinguir el peso de cada variable medida en la variabilidad total del comportamiento de los individuos objeto de estudio, su agrupamiento y selección según el grado de semejanza en la respuesta a las condiciones evaluadas (Cuadras 2014).

El objetivo de este trabajo fue determinar las variables de mayor peso en el comportamiento agronómico y en la calidad forrajera de nuevos clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía y su contribución relativa a la tipificación de los promisorios para condiciones de sequía.

Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en un ecosistema representativo del Valle de Cauto, Cuba, con suelo de tipo Fluvisol (Hernández *et al.* 1999). En el área de estudio, la temperatura media del aire osciló entre 24.2 °C en época poco lluviosa (noviembre-abril) hasta 27.7 °C en la lluviosa (mayo-octubre), con valores máximos de 28.6 °C y 32.8 °C, respectivamente. Las precipitaciones fluctuaron entre 630 y 1025 mm anuales, con períodos de intensa sequía en época poco lluviosa (noviembre-abril), que representaron durante el período de estudio, 15.3 % del total anual.

En el experimento se evaluaron como tratamientos 11 clones, distribuidos en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Los nuevos clones evaluados fueron: CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-604, CT-605, CT-606, CT-607, CT-608 y CT-609, obtenidos por cultivo de tejidos con tolerancia a la sequía, a partir del cono apical del progenitor Cuba CT-115, que se utilizó como control.

El tamaño de las parcelas fue de 20 m² (4x5 m) y los clones se plantaron en septiembre. Cada corte se aplicó a 15 cm de altura. A partir del supuesto de que son clones no estudiados con anterioridad, el momento de realizar el corte fue variable, según finalizó la llamada de crecimiento y se inició la de madurez, lo que se definió con observaciones fenológicas de decline de hojas superiores, la proporción de material muerto y de floración.

La fase de establecimiento duró 154 d, y la de corte un año y medio. A partir de los resultados obtenidos en estas fases, se conformaron dos bases de datos. La primera correspondió a la fase de establecimiento, con 11 variables y 11 casos representados por los clones estudiados. La segunda correspondió a la fase de corte, en la que se utilizaron 22 variables: 6 morfológicas, 3 agronómicas, 3 fisiológicas y 10 bromatológicas o de composición química, y 22 casos se correspondieron con los 11 clones replicados en las épocas lluviosa y poco lluviosa.

Variables for the establishment phase	
Sprouting percentage at 29 d	leaf wide , cm
Total DM yield, t.ha ⁻¹	stem thickness, cm
Leaves DM yield, t.ha ⁻¹	number of tillers
Cut height, cm	number of branches
Number of green leaves/plant	average growth (cm.d ⁻¹)
Leaf length, cm	
Variables for the cut phase	
1) Morphological	3) Physiological
Cut height, cm	Absolute growth rate , cm.d ⁻¹
Number of green leaves /plant	Relative growth rate , cm.cm ⁻¹ .d ⁻¹
Leaf length , cm	Leaf area, cm ²
Leaf wide , cm	4) Bromatological
Stem thickness, cm	Crude protein in leaves and stems , %
Number of branches	Crude fiber in leaves and stems, %
2) Agronomical	Digestibility in leaves and stems, %
DM yield/cut, t.ha ⁻¹	Lignin in leaves and stems, %
DM yield leaves/cut, t.ha ⁻¹	Cellulose in leaves and stems, %
Leaf/stem ratio	

composition, and 22 cases corresponded to the 11 clones replicated in the rainy and dry season.

The absolute growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR) were determined using the procedures described by De Armas *et al.* (1988). The leaf area was determined using a digital planimeter DELTA T-Device, for which two plants per replication were taken. For the bromatological variables, it was proceeded according to AOAC (2016).

A principal component analysis (PCA) was applied to the establishment phase data to determine the variables of highest weight in the total variance. With them, a hierarchical cluster analysis was performed to group the clones according to the similarity degree in the response to the conditions under which they were evaluated

For the information related to the cut phase, several PCA were successively applied to discriminate variables with coefficients lower than 0.70, resulting in a matrix of 22 cases and 10 variables. Then, PCA and hierarchical conglomerate were applied for the 11 clones in the rainy season (11 x 10) and for the 11 in the dry season (11 x 10). In all PCA, the correlation matrix was rotated by the normalized Varimax method. Variables with coefficients higher than 0.67 were selected in the last analysis. In the hierarchical cluster analysis, the Euclidean distance and the Ward method were used for the grouping the cases. The STATISTICA package, version 10.0 (StatSoft 2011) was used.

Results and Discussion

In the PCA performed to the clones performance during the establishment phase (table 1), three components that explained 72.24 % of the total variance

Las tasas de crecimiento absoluto (TCA) y relativo (TCR) se determinaron mediante los procedimientos descritos por De Armas *et al.* (1988). El área foliar se determinó con la utilización de un planímetro digital marca DELTA T-Device, para lo que se tomaron dos plantas por réplica. Para las variables bromatológicas, se procedió según AOAC (2016).

A los datos de la fase de establecimiento se les aplicó un análisis de componentes principales (ACP) para determinar las variables de mayor peso en la varianza total. Con ellas, se realizó un análisis de conglomerado jerárquico para el agrupamiento de los clones, según el grado de semejanza en la respuesta a las condiciones en que se evaluaron.

Para la información referida a la fase de corte, se procedió a la aplicación sucesiva de varios ACP para conseguir la discriminación de variables con coeficientes inferiores a 0.70, con lo que se llegó a conformar una matriz de 22 casos y 10 variables. Luego, se aplicó ACP y de conglomerado jerárquico para los 11 clones en época lluviosa (11 x 10) y para los 11 en la poca lluviosa (11 x 10). En todos los ACP, la matriz de correlación se rotó por el método Varimax normalizado. Se seleccionaron, en los últimos análisis, las variables con coeficientes superiores a 0.67. En los análisis de conglomerado jerárquico, se utilizó la distancia euclidiana y el método de Ward para el agrupamiento de los casos. Se utilizó el paquete STATISTICA, versión 10.0 (StatSoft 2011).

Resultados y Discusión

En el ACP realizado al comportamiento de los clones durante la fase de establecimiento (tabla 1), se extrajeron tres componentes que explicaron 72.24 % de la varianza total.

En la componente principal (CP) 1 resultaron variables

Tabla 1. Results of the PCA in the establishment phase of clones.

Variable	MC 1	MC 2	MC 3
Sprouting percentage, 29 d	-0.18	0.75*	-0.03
Total DM yield	0.95*	0.06	0.06
Leaves DM yield	0.90*	0.03	0.13
Cut height	0.51	0.59	-0.11
Number of green leaves /plant	0.11	0.04	0.83*
Leaf length	0.20	0.86*	0.21
Leaf wide	-0.45	-0.02	0.84*
Stem thickness	0.32	0.28	0.62
Number of tillers	-0.92*	-0.01	0.31
Number of branches	-0.04	-0.88*	0.11
Average growth	-0.10	-0.18	0.47
Eigen value	3.59	2.41	1.94
Explained variance , %	32.61	21.93	17.69
Accumulated variance , %	32.61	54.55	72.24

were extracted.

In the main component (MP) 1, the yield of total DM and leaves and the number of tillers resulted weight variables. The latter showed a negative correlation, which is explained by the fact that it is known that the tillering is a process which abruptly increases in the first two months of planting, and then stabilizes until the time of the cut (Herrera 2004), so that their relation with the yield is not directly proportional.

The MC 2 was characterized by correlating the variables sprouting percentage at 29 d, leaf length and the number of branches which showed a negative value. This corresponds to what was observed in the agronomical evaluation of the clones for this indicator, which was shown as a criterion of maturity of the plants, a process that decreases some variables such as leaf length.

The number of green leaves / plant and leaves wide were positively correlated as the variables of higher weight in the MP 3.

The results of this analysis allowed defining the eight variables that contributed the most to the total variability during the establishment phase of the clones, with which they were grouped through the hierarchical cluster analysis. The results are showed in figure 1. With the application of a significantly lower selection threshold (<30% of the Euclidean distance) the formation of two groups of clones was distinguished. In the first, with the control (CT-115) were clustered, the clones CT-601, CT-602, CT-604, CT-605 and CT-606. In the second, clones CT-600, CT-603, CT-607, CT-608 and CT-609.

The average performance of the defined variables of higher weight in the total variability during this phase (table 2) allowed inferring that, apparently, the sprouting speed and the number of green leaves/ plant were used

de peso el rendimiento de MS total y de hojas y el número de hijos. Este último presentó correlación negativa, lo que se explica a partir de que se conoce que el ahijamiento es un proceso que aumenta bruscamente en los primeros dos meses de la plantación, y luego se estabiliza hasta el momento del corte (Herrera 2004), por lo que su relación con el rendimiento no es directamente proporcional.

La CP 2 se caracterizó por correlacionar las variables porcentaje de brotación a los 29 d, la longitud de la hoja y el número de ramificaciones que presentó un valor negativo. Esto se corresponde con lo observado en la evaluación agronómica de los clones para este indicador, que se mostró como criterio de madurez de las plantas, proceso que disminuye algunas variables como la longitud de la hoja.

El número de hojas verdes/planta y el ancho de la hoja se correlacionaron positivamente como las variables de mayor peso en la CP 3.

Los resultados de este análisis permitieron definir estas ocho variables de mayor contribución a la variabilidad total durante la fase de establecimiento de los clones, con las cuales se procedió a su agrupamiento mediante el análisis de conglomerado jerárquico. Los resultados se presentan en la figura 1. Con la aplicación de un umbral de selección significativamente bajo (< 30% de la distancia euclidiana) se distinguió la formación de dos grupos de clones. En el primero, se agruparon con el control (CT-115), los clones CT-601, CT-602, CT-604, CT-605 y CT-606. En el segundo, los clones CT-600, CT-603, CT-607, CT-608 y CT-609.

El comportamiento promedio de las variables definidas de mayor peso en la variabilidad total durante esta fase (tabla 2) permitió inferir que, al parecer, se usó como criterio fundamental de agrupamiento de los clones, la velocidad de brotación y el número de hojas verdes/planta. Esto reafirma su importancia para alcanzar un adecuado proceso de establecimiento, sobre todo si se tiene en

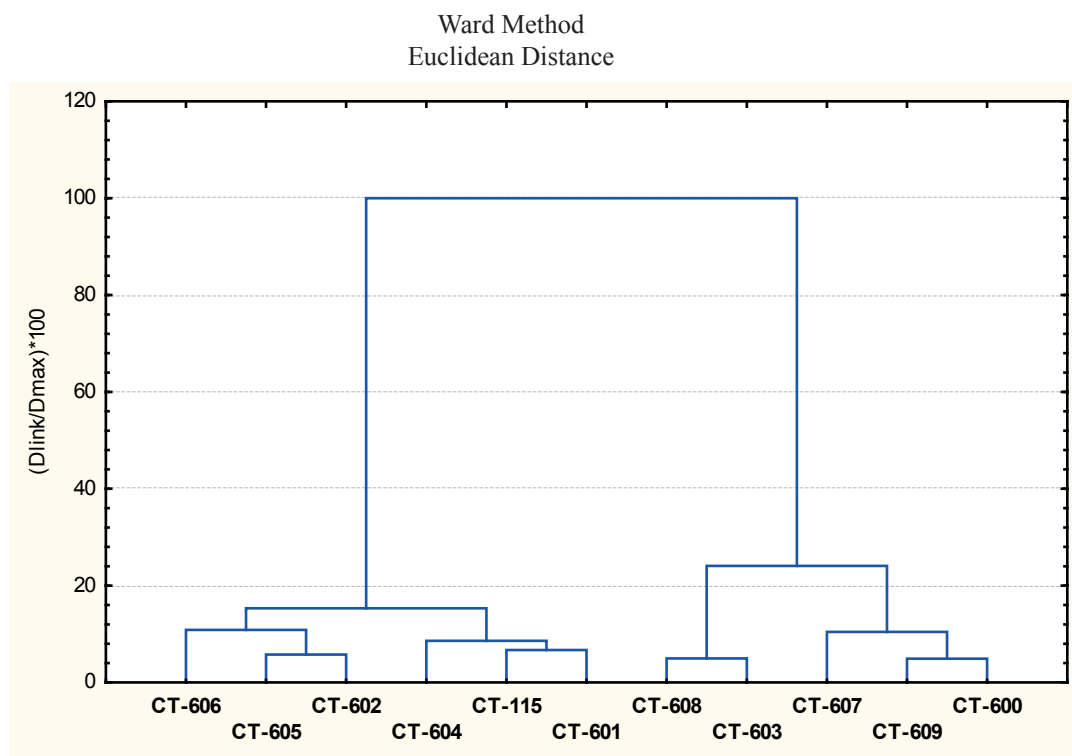


Figure 1. Dendrogram of clones grouping according to the higher weight variables during the establishment phase.

as the fundamental criterion for grouping clones. This reaffirms its importance in order to achieve an adequate establishment process, especially considering that the mid and final phases of the establishment occurred during the dry season.

The high number of leaves can ensure higher photosynthetic activity and with it, the reach of a favorable biological response by the plants. In this case, group 2 showed higher results in sprouting and in yields variables, relative to the group of clones in which the control is.

In the cut phase (table 3), the PCA performed at each season, showed as results that with the extraction of two components in each one, it is explained 71.04 and 76.63 % of the total variability in rainy and dry season, respectively.

In the analysis for the rainy season, in the MC 1, cut height and leaf length were related to the yield of total DM and leaves and with the AGR, which had a high and positive correlation. In the MC2, with a negative coefficient, the leaf wide, stem thickness and leaf area were related. They showed little relative importance in this season, the number of green leaves / plant and the number of branches.

For the dry season, in the MC 1 were related to the yield of total DM and leaves, the leaf length, AGR, leaf area and, with a negative coefficient, the number of branches. This latter coincided with the results of the univariate analysis in the establishment phase and in the cut phase. In the MC 2, the cut height was negatively related to the number of green leaves / plant and the leaf

cuenta que las fases media y final del establecimiento se produjeron durante la época poco lluviosa.

El alto número de hojas puede asegurar mayor actividad fotosintética y con ello, el alcance de una respuesta biológica favorable por parte de las plantas. En este caso, el grupo 2 presentó altos resultados en la brotación y en las variables de rendimiento, con relación al grupo de clones en el que se encuentra el control.

En la fase de corte (tabla 3), los ACP realizados a cada época, arrojaron como resultados que con la extracción de dos componentes en cada una, se explica 71.04 y 76.63 % de la variabilidad total en época lluviosa y poco lluviosa, respectivamente.

En el análisis para la época lluviosa, en la CP 1, la altura al corte y la longitud de la hoja se relacionaron con el rendimiento de MS total y de hojas y con la TCA, los que presentaron una correlación alta y positiva. En la CP2, con un coeficiente negativo, se relacionaron el ancho de la hoja, grosor del tallo y el área foliar. Mostraron poca importancia relativa en esta época, el número de hojas verdes/planta y el número de ramificaciones.

Para la época poco lluviosa, en la CP 1 se relacionaron con el rendimiento de MS total y de hojas, la longitud de la hoja, la TCA, el área foliar y, con un coeficiente negativo, el número de ramificaciones. Esto último coincidió con los resultados de los análisis univariados en la fase de establecimiento como en la de corte. En la CP 2, se relacionó negativamente la altura al corte con el número de hojas verdes/planta y el ancho de la hoja. Sobre esto se ha demostrado que con el incremento de

Table 2. Typification of clones according to average performance of weight variables in the establishment phase.

Variables	Group 1: CT-115, CT-601, CT-602, CT-604, CT-605, CT-606		Group 2: CT-600, CT-603, CT-607, CT-608, CT-609	
	Mean	SD ±	Mean	SD ±
Sprouting % 29 days	29.0	4.0	53.9	8.0
Total DM yield , t.ha ⁻¹	8.3	2.5	8.9	1.1
Leaves DM yield , t.ha ⁻¹	5.2	1.7	5.7	0.8
Number of green leaves /Plant	13.2	1.2	18.6	3.6
Leaf length , cm	96.1	8.4	100.3	3.7
Leaf wide , cm	5.1	1.0	4.4	0.4
Number of tillers	1.5	0.4	1.9	0.3
Number of branches	11.8	0.3	11.5	0.3

Table 3. Results of the PCA during the rainy and dry cut seasons.

Variable	Rainy season		Dry season	
	MC 1	MC 2	MC 1	MC 2
Cut height	0.97*	0.07	0.51	-0.68*
Number of green leaves/Plant	0.03	0.29	0.07	0.86*
Leaf length	0.73*	-0.59	0.87*	0.14
Leaf wide	-0.44	-0.80*	0.49	0.69*
Stem thickness	-0.18	-0.79*	0.66	-0.02
Number of branches	0.33	0.42	-0.83*	-0.53
DM yield /Cut	0.88*	0.40	0.89*	0.02
Leaves DM yield/Cut	0.92*	0.26	0.92*	0.02
AGR	0.97*	0.14	0.90*	-0.03
Leaf area	0.07	-0.79*	0.82*	0.42
Eigen value	4.79	2.31	5.76	1.90
Explained variance , %	47.93	23.11	57.62	19.02
Accumulated variance , %	47.93	71.04	57.62	76.63

wide. On this, it has been shown that with the increase of height, which is generally produced in older plants, the number of green leaves decreases and leaf wide decreases (Herrera and Martínez 2006).

In an eco-physiological characterization of CT-115 in an area of Cauto valley, Igarza (2007) found 60 % of explanation of the total variance in two components. In a first component, the yield was related to the temperature in a positive way and with negative bromatological variables. Thus the ashes were negatively related to relative humidity and solar radiation in a second component. This importance of yield in a single variety is given by the great variation that occurs between the seasons of the year (Ray 2000). Recently, Milera and García-López (2016) referred to the importance given to biomass yields and their quality in the livestock management model in Cuba.

In this research, the bromatological or chemical composition variables were discriminated because they had poor contribution to the total variability of the clones performance. However, the importance of total and structural yield is corroborated as an

la altura, que se produce generalmente en las plantas de más edad, decrece el número de hojas verdes y se produce disminución en el ancho de la hoja (Herrera y Martínez 2006).

En una caracterización ecofisiológica del CT-115 en una zona del valle del Cauto, Igarza (2007) encontró 60 % de explicación de la varianza total en dos componentes. En una primera componente se relacionó el rendimiento con la temperatura en forma positiva y con variables bromatológicas negativamente. Así las cenizas se relacionaron negativamente con la humedad relativa y la radiación solar en una segunda componente. Esta importancia del rendimiento en una sola variedad está dada por la gran variación que se produce entre las épocas del año (Ray 2000). Recientemente, Milera y García-López (2016) se refirieron a la importancia que se prestó a los rendimientos de biomasa y su calidad en el modelo de gestión de la ganadería en Cuba.

En esta investigación, las variables bromatológicas o de composición química resultaron discriminadas por tener escasa contribución a la variabilidad total del comportamiento de los clones. Sin embargo, se corrobora

expression of adaptive response of the clones to the conditions of intense seasonal drought in the study area.

In hierarchical cluster analysis (figure 2), from 40% of the Euclidean distance, three groups were formed in each cut season, apparently denoting the existence of one

la importancia del rendimiento total y estructural como expresión de respuesta adaptativa de los clones a las condiciones de intensa sequía estacional imperantes en la zona de estudio.

En los análisis de conglomerado jerárquico (figura 2), a partir del 40% de la distancia euclidiana, se

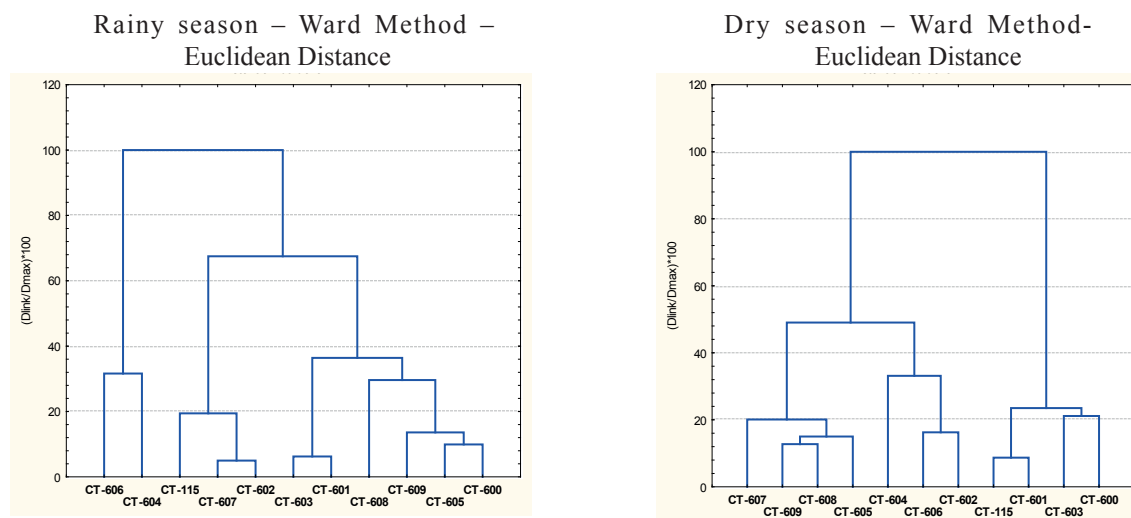


Figure. 2. Dendrogram of grouping clones according to the higher weight variables during the dry and rainy cut seasons.

with promising performance clones, one intermediate and one of poor performance.

In the rainy season, group 1 was formed with the clones CT-604 and CT-606; group 2 with CT-115, CT-602 and CT-607 and group 3 with the remaining five studied. On the other hand in the dry season group 1 was formed by four clones (CT-605, CT-607, CT-608 and CT-609), group 2 with three clones (CT-602, CT-604 and CT-606) and group 3 with four, which includes the Control (CT-600, CT-601, CT-603 and CT-115).

The assumption previous made, about the formation of groups in both seasons, is confirmed with the analysis of clones typification for the rainy season.

In the typification for the rainy season (table 4), of the 8 weight variables used in the Hierarchical Conglomerate analysis, it can be seen that the cut height, leaf wide, the total and leaf yield and the AGR could be considered as grouping ratio. The clones of group 3 show, with the exception of leaf wide, a high expression of these variables, which can be considered as promising performance. Group 1, formed by CT-604 and CT-606, is characterized by being of low size and low growth rate, which determines low biomass yields. Another peculiar characteristic of these two clones from this group is the leaf wide, which reaches up to more than 1 cm with respect to the rest of the groups. Group 2, which includes the Control, shows an intermediate performance in these indicators, except for the leaf wide that presents a low average and, with it, a low value of leaf area.

formaron tres grupos en cada época de corte, al parecer denotando la existencia de uno con clones de comportamiento promisorio, uno intermedio y otro de pobre comportamiento.

En la época lluviosa, el Grupo 1 se formó con los clones CT-604 y CT-606; el Grupo 2 con los CT-115, CT-602 y CT-607 y el Grupo 3 con los cinco restantes estudiados. Por su parte, en la época poco lluviosa el Grupo 1 lo formaron cuatro clones (CT-605, CT-607, CT-608 y CT-609), el Grupo 2 con tres clones (CT-602, CT-604 y CT-606) y el Grupo 3 con cuatro, en el que se incluye el Control (CT-600, CT-601, CT-603 y CT-115).

La suposición hecha anteriormente, acerca de la formación de los grupos en ambas épocas, se confirma con el análisis de la tipificación de los clones para la época lluviosa.

En la tipificación para la época lluviosa (Tabla 4), de las 8 variables de peso usadas en el análisis de Conglomerado jerárquico, se aprecia que la altura al corte, el ancho de la hoja, el rendimiento total y de hojas y la TCA pudieron ser consideradas como razón de agrupamiento. Los clones del Grupo 3 muestran, con excepción del ancho de la hoja, una alta expresión de estas variables, lo cual puede considerarse como un comportamiento promisorio. El Grupo 1, formado por CT-604 y CT-606, se caracteriza por ser de porte bajo y de baja tasa de crecimiento, lo que determina bajos rendimientos de biomasa. Otra característica peculiar de estos dos clones de este grupo es el ancho de la hoja, que alcanza hasta más de 1 cm con respecto al resto de los grupos. El Grupo 2 que incluye al Control, presenta un comportamiento intermedio en

Table 4. Typification of clones according to average performance of weight variables during the rainy season

Variables	Group 1: CT-604, CT-606		Group 2: CT-602, CT-607, CT-115		Group 3: CT-600, CT-601, CT-603, CT-605, CT-608, CT-609	
	Mean	SD ±	Mean	SD ±	Mean	SD ±
Cut height , cm	137.0	51.5	170.9	40.6	194.1	54.8
Leaf lenght , cm	84.6	6.5	82.9	8.0	92.8	7.0
Leaf wide , cm	4.2	0.6	2.6	0.4	3.1	0.5
Stem thickness, cm	1.4	0.02	1.1	0.1	1.3	0.1
DM yield /Cut, t.ha ⁻¹	11.8	3.6	25.4	5.5	27.6	2.9
Leaves DM yield/Cut, t.ha ⁻¹	5.1	2.9	10.3	1.0	11.8	1.5
AGR, cm.day ⁻¹	1.0	0.1	1.3	0.1	1.5	0.1
Leaf area , cm ²	203.4	18.5	176.6	7.8	194.7	11.7

For the dry season, 9 variables were used in the cluster analysis of the clones, because, as shown in table 3, the stem thickness did not show importance. In the typification analysis (table 5), between the variables that may have defined the clustering are the yield of total DM and leaves and leaf length. In contrast to the results of the rainy season, in which a promising group was formed, two groups with much similarity in yield variables appear in the dry season (Groups 1 and 3) and of them, Group 3 that includes the Control, with higher leaf length average. Group 2 grouped the low-performance clones, in which again coincided the CT-604 and CT-606, which had shown inferiority in the rainy season, thus discarding their possibilities as high biomass producers under drought conditions.

Coinciding with Mota *et al.* (2010) results, in *Pennisetum purpureum*, the yield values reached by the clones, unlike the rainy season, were strongly influenced by the water deficit proper of this dry season, which may be provoked, according to Kholova *et al.* (2010), for lower gas exchange mainly in the leaf. This process occurred with lower rigors in groups 1 and 3, in which the values of leaves morphological variables were less depressed.

It is to say that in both seasons of the year, the

estos indicadores, con excepción del ancho de la hoja que presenta un promedio bajo y, con ello, un bajo valor de área foliar.

Para la época poco lluviosa se usaron 9 variables en el análisis de agrupamiento de los clones, pues, como se presentó en la tabla 3, el grosor del tallo no mostró importancia. En el análisis de la tipificación (Tabla 5), entre las variables que pudieron haber definido el agrupamiento se encuentran el rendimiento de MS total y de hojas y la longitud de la hoja. A diferencia de los resultados de la época lluviosa, en que se formó un grupo promisorio, en la poco lluviosa aparecen dos grupos con mucha similitud en las variables de rendimiento (Grupos 1 y 3) y, de ellos, el Grupo 3 que incluye al Control, con mayor promedio de longitud de la hoja. El Grupo 2 reunió a los clones de bajo comportamiento, en el cual coincidieron nuevamente el CT-604 y CT-606 que habían mostrado inferioridad en la época lluviosa, con lo cual se descartan sus posibilidades como altas productoras de biomasa en condiciones de sequía.

Coincidiendo con los resultados de Mota *et al.* (2010), en *Pennisetum purpureum*, los valores de rendimiento alcanzados por los clones, a diferencia de la época lluviosa, estuvieron fuertemente influidos por el déficit hídrico característico de esta época poco lluviosa, lo cual puede ser provocado, según Kholova *et al.* (2010), por menor intercambio de gases en la hoja

Table 5. Typification of clones according to average performance of weight variables during the dry season

Variables	Group 1: CT-605, CT-607, CT-608, CT-609		Group 2: CT-602, CT-604, CT-606		Group 3: CT-600, CT-601, CT-603, CT-115	
	Mean	SD ±	Mean	SD ±	Mean	SD ±
Cut height , cm	75.6	17.6	75.6	20.8	80.6	15.8
Number of green leaves /Plant	10.2	1.7	10.2	2.3	10.6	1.2
Leaf lenght , cm	69.2	6.8	53.8	13.0	80.9	7.4
Leaf wide, cm	2.2	0.4	2.1	0.5	2.6	0.3
Number of branches	11.9	1.9	12.6	3.0	11.3	1.1
DM yield/Cut, t.ha ⁻¹	10.5	6.8	3.6	2.4	10.5	4.7
Leaves DM yield /Cut, t.ha ⁻¹	4.9	3.0	1.5	1.0	5.2	2.5
AGR, cm.day ⁻¹	0.6	0.1	0.6	0.05	0.7	0.1
Leaf area , cm ²	99.3	6.0	87.4	6.9	114.2	6.2

yields of total DM and leaves, the absolute growth rate and the leaf area, coincided among the variables of higher weight, and although some of them do not seem to have been used as grouping criterion, should be considered of importance in the expression of the biological response of these genotypes in the drought conditions evaluated.

It is concluded that the agronomic performance of *Pennisetum purpureum* new clones is strongly marked by the season of the year, and the agronomical variables: yield of total dry matter and leaves, and the physiological: absolute growth rate and leaf area, coincide between the ones that contributed most to the total variability in both seasons of the year. For drought conditions, clones CT-602, CT-604 and CT-606 are eliminated, which, with favorable morphological and chemical characteristics in the leaves, do not fulfill the high biomass production condition.

fundamentalmente. Este proceso ocurrió con menor rigor en los grupos 1 y 3, en los cuales se deprimieron menos los valores de las variables morfológicas de las hojas.

Es de significar que en ambas épocas del año, coinciden entre las variables de mayor peso, el rendimiento de MS total y de hojas, la tasa de crecimiento absoluto y el área foliar, y aunque alguna de ellas no parezca haber sido utilizada como criterio de agrupamiento, deben ser consideradas de importancia en la expresión de la respuesta biológica de estos genotipos en las condiciones de sequía evaluadas.

Se concluye que el comportamiento agronómico de los nuevos clones de *Pennisetum purpureum* está fuertemente marcado por la época del año, y las variables agronómicas: rendimiento de materia seca total y de hojas, y las fisiológicas: tasa de crecimiento absoluto y área foliar, coinciden entre las de mayor contribución a la variabilidad total en ambas épocas del año. Para condiciones de sequía, se descartan los clones CT-602, CT-604 y CT-606, los cuales, con características morfológicas y químicas favorables en las hojas, no cumplen la condición de alta producción de biomasa.

References

- AOAC. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].
- Cuadras, C. M. 2014. Nuevos Métodos de Análisis Multivariado. Barcelona, Spain: CMC, 305 p., Available: <<http://www.ub.edu/stat/personal/cuadras/metodos.pdf>>, [Consulted: December 20, 2016].
- De Armas, V. R., Ortega, D. E. & Ródes, G. R. 1988. Fisiología Vegetal. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación, 325 p.
- Hernández, J. A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L., Camacho, E., Ruíz, J., Salgado, E. J., Marsán, R., Obregón, A., Torres, J. M., Gonzáles, J. E., Orellana, R., Paneque, J., Ruiz, J. M., Mesa, A., Fuentes, E., Durán, J. L., Pena, J., Cid, G., Ponce de León, D., Hernández, M., Frómeta, E., Fernández, L., Garcés, N., Morales, M., Suárez, E. & Martínez, E. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Cuba: AGROINFOR, 64 p., ISBN: 959-246-022-1.
- Herrera, R. S. 2004. "Fotosíntesis". In: Pastos Tropicales, contribución a la fisiología, establecimiento, rendimiento de biomasa, producción de biomasa, producción de semillas y reciclaje de nutrientes, La Habana, Cuba: EDICA, p. 37, ISBN: 978-959-7171-05-8.
- Herrera, R. S. & Martínez, R. O. 2006. "Mejoramiento genético por vías no clásicas". In: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería, La Habana, Cuba: EDICA, pp. 15–39, ISBN: 978-959-7171-67-6.
- Igarza, A. 2007. Caracterización ecofisiológica de *Pennisetum* Cuba CT-115 bajo las condiciones edafoclimáticas de una zona del Valle del Cauto. M.Sc. Thesis, Universidad de Granma, Granma, Cuba.
- Kholova, J., Hash, C. T., Kakkera, A., Kocova, M. & Vadez, V. 2010. "Constitutive water-conserving mechanisms are correlated with the terminal drought tolerance of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.)". Journal of Experimental Botany, 61(2): 369–377, ISSN: 0022-0957, 1460-2431, DOI: 10.1093/jxb/erp314.
- Ledeá, J. L., Ray, J. V., Cabrera, Y., Nuviola, Y. & Benítez, D. G. 2016. "Performance of male bovines under intensive grazing of pasture and shrub legumes during dry period in Valle del Cauto, Cuba". Cuban Journal of Agricultural Science, 50(2): 225–233, ISSN: 2079-3480.
- Milera, M. & García-López, R. 2016. "Manejo y alimentación sostenibles de la ganadería vacuna". In: Avances de la Agroecología en Cuba, Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes 'Indio Hatuey', pp. 329–346, ISBN: 978-959-7138-21-1.
- Milera, M., Sánchez, S., Alonso, O., Hernández, D. & Machado, R. 2010. "Los recursos forrajeros herbáceos y arbustivos en la alimentación de rumiantes para mitigar el cambio climático". In: VI Congreso Internacional Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible, Colombia: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), p. 45, Available: <<http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/seminarios%20y%20congresos/Panama2010/Milagos.Milera.pdf>>, [Consulted: December 20, 2016].
- Mota, V. J. G., Reis, S. T., Sales, E. C. J., Rocha, J. V. R., Oliveira, F. G., Walker, S. F., Martins, C. E. & Cóser, A. C. 2010. "Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais". Revista Brasileira de Zootecnia, 39(6): 1191–1199, ISSN: 1806-9290.
- Ray, J. V. 2000. Sistema de pastoreo racional para la producción de leche con bajos insumos en suelo vertisol. Ph.D. Thesis, ICA, La Habana, Cuba, 170 p.
- Riverol, M. & Aguilar, Y. 2015. "Alternativas para reducir la degradación de los suelos en Cuba y el enfrentamiento al cambio climático". In: Sembrando en tierra viva. Manual de agroecología, La Habana, Cuba, pp. 117–132, Available: <<http://>

cerai.org/wordpress/wp-content/uploads/2016/01/Sembrando-en-Tierra-Viva_-Manual-de-Agroecolog%C3%ADa.pdf>, [Consulted: December 20, 2016].

StatSoft 2011. STATISTICA (data analysis software system). version 10, [Windows], US: StatSoft, Inc., Available: <<http://www.statsoft.com>>.

Received: March 16, 2015