

Evaluation of varieties and hybrids of elephant grass *Pennisetum purpureum* and *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* for forage production

Evaluación de variedades e híbridos de hierba elefante *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* para la producción de forrajes

R. O. Martínez and C. González

Instituto de Ciencia Animal
Email: romartinez@ica.co.cu

With the objective of knowing the productive performance under the climatic conditions of Mayabeque province in the West of Cuba, six varieties of elephant grass, three of *Pennisetum purpureum* (Morado, king grass, and Cuba CT-169) and three hybrids of *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* (Cuba OM-22, H-1 and H-2). A random block design was used in five plots of 5x5 m² in a red ferralitic soil. Cuts belonging to dry season were made every 90 days, and those of rainy period were made every 60 days. Fertilization was applied at a rate of 250 kg of N/ha/year in the form of urea. During dry season, irrigation was applied every 15 days with a standard of 250 m³/ha. Production of DM/ha/year was 23.1-35.2 - 35.7 - 34.4 - 38.8 and 14.1 tons of dry matter (DM)/ha/year for Morado, king grass, Cuba CT-169, Cuba OM-22, H-1 and H-2 respectively. Cuba OM-22 showed higher production and leaf proportion (16.6 t/DM/ha and 48.7 %, respectively). Varieties with lower (P<0.005) yield of dry matter (Morado and H-2) had higher percentage of crude protein in the plant, but lower yield of CP/ha/year. Cuba OM-22 maintained a high percentage of CP with high yield of DM. Thermal sum was similar for both seasons and there was no direct relationship between the thermal sum and yields, and the age at cut had an influence on results. Yields were similar for the best studied varieties so there should be a focus on proportion of leaves among them and other qualities.

Key words: *elephant grass*, *thermal sum*, *biomass production*, *Cuba*

Pennisetum purpureum, (also known as *Cenchrus purpureus* Shumach Morrone), as well as hybrids with *Pennisetum glaucum*, (also known as *Cenchrus americanus* Shumach Morrone according to Chemisquy *et al.* 2010), known as elephant grass, are characterized by their high biomass production in tropical areas. Hybrids have a dominance of the main phenotypical features of *purpureum* species.

Biomass accumulation in uninterrupted growth of elephant grass under normal conditions of nutrition and humidity mainly depends on the age of plant, sum of degrees of accumulated growth (thermal sum), solar radiation and variety of elephant grass (Ferraris and Sinclair 1980). Biomass accumulated with age responds to logistic curves of growth (Rodríguez *et al.* 2013).

Con el objetivo de conocer el comportamiento productivo en las condiciones climáticas de la provincia Mayabeque en el Occidente de Cuba, se evaluaron seis variedades de hierba elefante, tres de *Pennisetum purpureum* (Morado, king grass, y Cuba CT-169) y tres híbridos de *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* (Cuba OM-22, H-1 y H-2). Se utilizó un diseño de bloques al azar en cinco parcelas de 5x5 m², en suelo Ferralítico rojo. Los cortes de la época poco lluviosa se hicieron cada 90 días, los del periodo lluvioso se hicieron cada 60 días. Se aplicó fertilización a razón de 250 kg de N/ha/año en forma de urea. Durante el periodo poco lluvioso se regó cada 15 días con una norma de 250 m³/ha. La producción de MS/ha/año fue de 23.1- 35.2 - 35.7 - 34.4 - 38.8 y 14.1 toneladas de Materia Seca (MS) / ha /año para Morado, king grass, Cuba CT-169, Cuba OM-22, H-1 y H-2, respectivamente. La variedad Cuba OM-22 presentó la mayor producción y proporción de hojas (16.6 t/MS/ha y 48.7 %, respectivamente). Las variedades con menor (P<0.005) rendimiento de MS (Morado y H-2) tuvieron mayor porcentaje de proteína bruta (PB) en la planta, pero menor rendimiento de PB /ha/año. Cuba OM-22 mantuvo alto el porcentaje de PB con alto rendimiento de MS. La suma térmica fue semejante para ambas épocas y no hubo una relación directa entre suma térmica y rendimientos, la edad de corte influyó en los resultados. Los rendimientos son semejantes para las mejores variedades estudiadas por lo que se debe prestar atención a la proporción de hojas entre ellas y otras cualidades.

Palabras clave: *hierba elefante*, *suma térmica*, *producción de biomasa*, *Cuba*.

La especie *Pennisetum purpureum*, (nombrada también *Cenchrus purpureus* Shumach Morrone), así como los híbridos con la especie *Pennisetum glaucum*, (nombrada también *Cenchrus americanus* Shumach Morrone según Chemisquy *et al.* 2010), conocidas como hierba elefante, se caracterizan por su alta producción de biomasa en el trópico. En los híbridos dominan los principales caracteres fenotípicos de la especie *purpureum*.

La acumulación de biomasa en crecimiento ininterrumpido de la hierba elefante bajo condiciones normales de nutrición y humedad, depende principalmente de la edad de la planta, suma de grados de crecimiento acumulado (suma térmica), la radiación solar y la variedad de pasto elefante (Ferraris y Sinclair 1980). La biomasa acumulada con la edad responde a curvas logísticas de crecimiento (Rodríguez *et al.* 2013).

Cook *et al.* (2007) stated that *Pennisetum purpureum* and the hybrids with *P. glaucum* have a good growth with temperatures between 25 and 40 °C. The growth is low under 15 °C and stops growing under 10 °C. It is common to find values of 9 o 10 °C to refer to minimal base temperature in tropical grasses, taking into account that it is defined as the low temperature in which plant growth stops, from which day degrees are calculated (°C.d) and the thermal sum of growth period.

Yield of crude protein and fiber per ha depends more on the proportion of leaves and stems of the plant and its total yield in dry matter than on the quality of leaves and stem apart. Variability among cultivars of elephant grass is high (Pereira *et al.* 2008 and Sobrinho *et al.* 2005). Therefore, it is important to select varieties with higher proportion of leaves for animal feeding. A high yield of stems may be important for other objectives like biofuels production or gasified biomass, so it opens a wide range of use of these varieties of elephant grass for agribusiness.

In 1974, the variety of elephant grass, king grass, from *Pennisetum purpureum* species, was introduced in Cuba. This forage was spread to livestock for becoming one of the main forage plants of Cuba. During the 1980s, king grass was used as donor plant in programs of phytotechniques of mutations. From this program, new clones appeared, from which Cuba CT-169 was evaluated due to its high size and fast growth (Herrera and Martínez 2015). This variety was later used in crossbreeding programs, from which one group of hybrids emerged between *Pennisetum purpureum* and the cultivar of pearl millet Tifton Late (*Pennisetum glaucum*), where the hybrid Cuba OM-22 was selected.

The objective of this research was the productive evaluation of four varieties of elephant grass, which are the most used in Cuba for forages, and two new hybrids.

Materials and Methods

Treatments consisted on the evaluation of varieties of *Pennisetum purpureum*: king grass, Cuba CT-169 and Morado, as well as hybrids Cuba OM-22, H-1 and H-2. These last were obtained from the crossing of CT-169 with *P. glaucum* (H-1) and Morado with *P. glaucum* (H-2).

A random block design was used with 5 replications in 5 plots of 5x5 m² in a lixiviated red ferrallitic soil (Hernández *et al.* 2015), During the dry season, irrigation was applied every 15 days with a standard of 250 m³/ha with irrigation sprinkles. Cuts of this season (February and May) were made every 90 days, while those of the rainy period were carried out every 60 days (July, September, November). There was fertilization with N in form of urea, at a rate of 50 kg of N/ha after each cut for a total of 250 kg of N/ha/year. Indicators of

Cook *et al.* (2007) plantean que *Pennisetum purpureum* y los híbridos con *P. glaucum* crecen bien con temperatura ambiente entre 25 y 40 °C . Es poco el crecimiento por debajo de 15 °C y cesa el crecimiento por debajo de 10 °C . Es común encontrar valores de 9 o 10 °C para referirse a la temperatura base mínima en pastos tropicales, teniendo en cuenta que se define como la temperatura baja donde recesa el crecimiento de la planta a partir de la cual se calculan los grados días (°C.d) y la suma térmica del periodo de crecimiento.

El rendimiento de proteína bruta y fibra por ha depende más de la proporción en hojas y tallos de la planta y su rendimiento total en MS que de la calidad de la hoja y el tallo por separado. La variabilidad entre cultivares de hierba elefante es alta (Pereira *et al.* 2008 y Sobrinho *et al.* 2005). Por esto, es importante seleccionar variedades con mayor proporción de hojas para la alimentación animal. Un mayor rendimiento de tallos puede ser importante para otros objetivos como la producción de biocombustibles o biomasa gasificada con lo que se abre notablemente el espectro de utilización de variedades de hierba elefante para la agroindustria.

En el año 1974 fue introducida en Cuba la variedad de hierba elefante king grass de la especie *Pennisetum purpureum*. Este forraje fue extendido en la ganadería para convertirse en una de las principales plantas forrajeras de Cuba. En la década de los años 1980, el king grass fue utilizado como planta donante en programas de fitotecnia de las mutaciones. De este programa surgieron nuevos clones de los cuales el Cuba CT-169 se evaluó para corte por su alta talla y rápido crecimiento (Herrera y Martínez 2015). Esta variedad se utilizó posteriormente en programas de cruzamiento de donde surgió un grupo de híbridos entre *Pennisetum purpureum* y el cultivar de millo perla Tifton Late (*Pennisetum glaucum*), donde se seleccionó el híbrido Cuba OM-22.

El objetivo de esta investigación fue la evaluación productiva de las cuatro variedades de pasto elefante más utilizadas en Cuba para forrajes y dos nuevos híbridos.

Materiales y métodos

Los tratamientos consistieron en la evaluación de las variedades de *Pennisetum purpureum*: king grass, Cuba CT-169 y Morado así como los híbridos Cuba OM-22, H-1 y H-2. Estos últimos obtenidos a partir del cruzamiento de CT-169 con *P. glaucum* (H-1) y Morado con *P. glaucum* (H-2).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 5 réplicas en 5 parcelas de 5x5 m² en suelo Ferralítico rojo lixiviado (Hernández *et al.* 2015), Durante el periodo poco lluvioso se regó cada 15 días con una norma de 250 m³/ha con aspersores. Los cortes de esta época (febrero y mayo) se hicieron cada 90 días, mientras que los del periodo lluvioso se hicieron cada 60 días (julio, septiembre y noviembre). Solo se fertilizó con N en forma de urea, a razón de 50 kg de N/ha después de cada corte para un total de 250 kg de N/ha/año. Se midieron indicadores de

yield and percentages of leaf and stems in the produced dry matter (DM) were measured. Therefore, border effects were removed, 12m² were cut from each plot and 5 representative plants were taken. In these plants, fresh weight, wide, length, and thickness of leaves, and length and thickness of the internode were determined. They were separated in stems and leaves to determine percentage of DM of biomass, relation leaf/stem under dry basis, as well as yields of DM of plots. Out of this pool of plants, samples of leaves and stems were obtained and processed by separated in order to obtain quality indicators like CP, CF, ashes, calcium and phosphorus. Lab analyses were conducted according to methods described by the AOAC (2005). *In vitro* digestibility of organic matter was performed by KOH (Kesting 1977).

Statistical analysis were carried out using InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Thermal sum (TS) was calculated according to the formula $ST = \sum (To\ maximum + To\ minimum / 2 - To\ base)$. Data of mean temperature were obtained from the weather station from the Instituto de Ciencia Animal. For this study, the base temperature used was 9 °C (Cook *et al.* 2007).

Results and Discussion

With varieties H-1 and H-2, two replications were lost due to difficulties with seeds, so the analysis of these treatments was incomplete. Therefore, the SE are reported separately. There were no changes in the levels of significance.

In order to be brief, all tables define the dry season as dry, and rainy season as rains.

Table 1 shows yields of DM/ha per cut, season and year, annual production was 23.1- 35.2 – 35.7 – 34.4 - 38.8 and 14.1 t/year for Morado, king grass, Cuba CT-169, Cuba OM-22, H-1 and H-2, respectively. Morado variety and its descendant H-2 produced less DM and there were no differences among the remaining varieties which yields coincide with those of Rodríguez *et al.* (2011), according to models. DM production was higher during dry season (November-May) compared to rainy period. In this last, there were no decades without rains (ten days in a row) but precipitations reached 653 mm within the 6 months, which is under the historical average (meteorological Station ICA) and could affect the expected yield. However, without water limitations and fertilization, Hertentains *et al.* (2005), in highlands of Chiriquí, Panama, with heights between 1250 y 800 mosl, precipitations between 3100 and 5900 mm/year, reported similar yields of 32.8 and 44.1 tDM/ha/year, in different localities, with Cuba OM-22 at 90 and 110 days, respectively. Regrowth age used in this research of 90 days for dry period favored the balance of forage production in both seasons.

DM production of H-1 in rainy season was significantly higher than the rest of varieties, except

rendimiento y porcentaje de hojas y tallos en la materia seca (MS) producida. Para ello se eliminaron efectos de borde, se cortaron 12m² de cada parcela y se tomaron 5 plantas representativas de cada parcela a las cuales se le determinó su peso fresco, ancho, largo y grueso de la hoja, además del largo y grueso del entrenudo. Se separaron en hojas y tallos para determinar el porcentaje de MS de la biomasa, la relación hoja tallo en base seca, así como los rendimientos de MS de las parcelas. De este pool de plantas se obtuvieron y procesaron muestras de hojas y tallos por separado para obtener indicadores de calidad como PB, FB, cenizas, calcio y fósforo. Los análisis de laboratorio se hicieron según los métodos descritos por la AOAC (2005). La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica se hizo por KOH (Kesting 1977).

Los análisis estadísticos se hicieron utilizando el paquete InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2012).

La suma térmica (ST) se calculó según la fórmula $ST = \sum (To\ máxima + To\ mínima) / 2 - To\ base$. Los datos de temperatura media fueron obtenidos de la estación meteorológica del Instituto de Ciencia Animal. Para este trabajo, se utilizó como temperatura base, 9 °C (Cook *et al.* 2007).

Resultados y discusión

Con las variedades H-1 y H-2 se perdieron dos réplicas por dificultades con la semilla, el análisis de estos tratamientos fue incompleto por lo que se reportan aparte los ES. No hubo cambios en los niveles de significación.

Para abreviar en todas las tablas se define la época poco lluviosa como seca y la lluviosa como lluvias.

En la tabla 1 se exponen los rendimientos de MS/ha por corte, época y año, la producción anual fue de 23,1- 35,2 - 35,7 - 34,4 - 38,8 y 14,1 t / año para Morado, king grass, Cuba CT-169, Cuba OM-22, H-1 y H-2, respectivamente. La variedad Morado y su descendencia H-2 produjeron menos MS y no hubo diferencias entre las variedades restantes cuyos rendimientos coinciden con los de Rodríguez *et al.* (2011), a partir de modelos. La producción de MS fue mayor en el periodo poco lluvioso (noviembre-mayo) comparado con el periodo lluvioso. En este último no se presentaron décadas sin lluvias (diez días seguidos) pero las precipitaciones alcanzaron 653 mm en los 6 meses, lo cual está por debajo del promedio histórico (Estación Meteorológica ICA) y pudo afectar el rendimiento esperado. Sin embargo, sin limitaciones hídricas y fertilización, Hertentains *et al.* (2005), en las tierras altas de Chiriquí, Panamá, con alturas entre 1250 y 800 msnm y precipitaciones entre 3100 y 5900 mm/año reportaron rendimientos similares de 32.8 y 44.1 tMS/ha/año, en localidades diferentes, con Cuba OM-22 a los 90 y 110 días, respectivamente. La edad de corte utilizada en esta investigación de 90 días para el periodo seco favorece el equilibrio de la producción de forraje en ambas épocas.

La producción de MS en el periodo lluvioso de H-1 fue significativamente mayor que el resto de las

CT-169. During dry period, H-2 and Morado produced less than the other four varieties and there were no differences among the four.

Caballero *et al.* (2016) tested the same varieties in the central area of the country with the same methodology and obtained similar yields, between 29 and 37 t of DM/ha/year, with a better distribution between dry and rainy periods. Márquez *et al.* (2009), in El Vigía, state of Mérida, Venezuela, reported productions of 40.9, 29.7 and 37.7 t DM/ha/year for Taiwan A-146, Morado and Maralfalfa, with cuts at 63 days and 343 kg of N/ha/year. This confirms that performance of rain, soil, sowing time and other weather factors may affect the performance of varieties, and change their order of importance. In order to make decisions on the variety to be sown, it is important to take into consideration other factors like leaf-stem relationship, establishment, persistence and distribution of annual production. According to results of this study, a potential of 40 t/DM/ha/year seems logical as indication of adaptation of these varieties, although Morado used in this study, is close to 30 t DM/ha/year.

There is a highlight in the results reported by Ramos *et al.* (2013), developed in Mérida, Yucatán, Mexico, where the highest yield was for OM-22 with 155 and 160 t/DM/ha/year, with the use of urea or water with pig residues, respectively, and with 131 and 140 t DM/ha/year for king grass with the same treatments. These yields are very superior to the most frequent

variedades excepto CT-169. En el periodo poco lluvioso H-2 y Morado produjeron menos que las otras cuatro variedades y no hubo diferencias entre las cuatro.

Caballero *et al.* (2016), probaron las mismas variedades en la zona central del país con la misma metodología y obtuvieron rendimientos semejantes, entre 29 y 37 t de MS/ha/año con mejor distribución entre el periodo seco y el lluvioso. Márquez *et al.* (2009), en El Vigía, Estado de Mérida, Venezuela, reportaron producciones de 40.9, 29.7 y 37.7 t MS/ha/año para Taiwan A-146, Morado y Maralfalfa, con cortes a 63 días y 343 kg de N/ha/año. Esto corrobora que el comportamiento de las lluvias, el suelo, el momento de la siembra y otros factores climáticos pueden afectar el comportamiento de una u otra variedad y cambiar el orden de mérito entre ellas. Para tomar decisiones sobre la variedad a sembrar son importantes otros factores como la relación hoja-tallo, establecimiento, persistencia y distribución de la producción anual. Por los resultados de este trabajo un potencial de 40 t/MS/ha/año parece ser lógico como indicativo de adaptación de estas variedades aunque la variedad Morado aquí utilizada está más cerca de 30 t MS/ha/año.

Llama la atención los resultados reportados por Ramos *et al.* (2013) desarrollados en Mérida, Yucatán, México, donde el mayor rendimiento fue para el OM-22 con 155 y 160 t/MS/ha/año con el uso de urea o agua de residuos porcinos, respectivamente y de 131 y 140 t MS/ha/año para king grass con los mismos

Table 1. Yields of dry matter obtained by cut, season and year (t/ha/year)

Stages	Varieties							SE (1) ±	SE (2) ±	Sig
	Morado	King grass	CT-169	OM -22	H - 1	H -2				
Cut 1	4.6 ^a	9.5 ^b	8.4 ^b	10.3 ^b	10.7 ^b	1.9 ^a	0.8	1.3	***	
Cut2	8.2 ^b	12.9 ^c	12.1 ^c	10.0 ^{bc}	12.1 ^c	3.7 ^a	1.0	1.6	**	
Dry	12.9 ^b	22.4 ^c	20.5 ^c	20.2 ^c	22.8 ^c	5.7 ^a	1.7	2.7	***	
Cut 3	3.5 ^a	4.6 ^{bc}	5.2 ^c	3.6 ^a	6.5 ^d	4.0 ^{ab}	0.2	0.4	***	
Cut 4	4.0 ^b	5.4 ^c	6.9 ^{de}	7.1 ^e	5.9 ^{cd}	2.8 ^a	0.3	0.5	***	
Cut 5	2.7 ^b	2.7 ^b	3.0 ^{bc}	3.5 ^c	3.5 ^c	1.5 ^a	0.2	0.3	**	
Rains	10.2 ^b	12.8 ^c	15.2 ^{de}	14.2 ^{cd}	16.0 ^e	8.3 ^a	0.4	0.7	**	
Annual total	23.1 ^a	35.2 ^b	35.7 ^b	34.4 ^b	38.8 ^b	14.1 ^a	2.9	4.6	**	
% DM dry	18.2 ^a	20.0 ^a	18.2 ^a	19.4 ^a	32.1 ^c	24.5 ^b	0.6	0.9	***	
% DM rains	16.7 ^{ab}	16.7 ^a	16.4 ^{ab}	14.9 ^a	17.5 ^b	20.1 ^c	0.5	0.8	**	

^{abcde} Different letters in the same line differ significantly at P<0.05 (Duncan, 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22.

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2.

** P<0.01 *** P<0.001

results.

Table 2 reports yields of leaves per cut, season and year. It also shows % of leaf in DM of the plant for dry and rainy period.

Hybrid Cuba OM-22, with its progenitor Cuba CT-169, showed the highest leaf production in the year, although there were no significant differences between this last and king grass. Cuba OM-22 is highlighted

tratamientos. Estos rendimientos están muy por encima de los resultados más frecuentes.

En la tabla 2 se informan los rendimientos de hojas por corte, época y año. También se exponen los % de hoja en la MS de la planta para el periodo seco y el periodo lluvioso.

El híbrido Cuba OM-22 conjuntamente con su progenitor Cuba CT-169 presentaron la mayor producción de hojas en el año, aunque no hubo diferencias significativas

due to its high percentage of leaves (49 %), in which is significantly superior to the rest of varieties. Advantages of OM-22 as leaf producer are due to a superior wide and thickness of leaf (see table 10).

Morado follows in leaf proportion, but not in yield. This purple cultivar was introduced in Cuba from Venezuela, supposedly it was obtained from a self pollinized progeny of Merkeron grass, and it was released as *Pennisetum purpureum* at the Experimental Station of Tifton, Georgia, U.S.A. (Clavero 1994). It should be pointed out that H-2 (a hybrid between Morado and glaucum) showed, in this evaluation, a poor performance for the evaluated indicators, very different to hybrids *purpureum* x *glaucum*, Cuba OM-22 and H-1. It is usual to find collections with several purple individuals and marked genetic difference, as the one

entre este último y king grass. Destaca Cuba OM-22 por su alto porcentaje de hojas (49 %), aspecto en el cual aventaja de forma significativa al resto de las variedades. Las ventajas del OM-22 como productor de hojas se deben a un mayor ancho y grueso de la hoja. (ver tabla 10).

El Morado le sigue en proporción de hojas pero no así en el rendimiento. Este cultivar morado se introdujo en Cuba desde Venezuela presumiblemente se obtuvo de una progenie auto polinizada del pasto Merkeron, y fue liberado como *Pennisetum purpureum* en la Estación Experimental de Tifton, Georgia, E.E.U.U (Clavero 1994). Hay que señalar que H-2 (un híbrido entre Morado y *glaucum*) presentó en esta evaluación un comportamiento pobre para los indicadores evaluados, muy diferentes a los híbridos *purpureum* x *glaucum*, Cuba OM-22 y H-1. Es frecuente encontrar colecciones

Table 2. Yields of leaves per cut, season and year (t DM /ha/year)

Stages	Variedades							SE (1) ±	SE (2) ±	Sig.
	Morado	King grass	CT-169	OM-22	H-1	H-2				
Cut 1	2.2 ^b	3.3 ^{cd}	3.3 ^{cd}	3.8 ^d	2.4 ^{bc}	0.6 ^a	0.2	0.4	***	
Cut 2	3.6 ^b	4.9 ^c	4.3 ^{bc}	4.6 ^{bc}	4.1 ^{bc}	1.5 ^a	0.3	0.5	**	
Dry	5.9 ^b	8.2 ^{cd}	7.7 ^{bcd}	8.4 ^d	6.5 ^{bc}	2.1 ^a	0.5	0.8	***	
Cut 3	1.6	1.6	1.7	2.0	1.9	1.5	0.1	0.2	NS	
Cut 4	1.8 ^{ab}	2.1 ^b	2.7 ^{bc}	3.1 ^c	2.1 ^b	1.1 ^a	0.3	0.4	**	
Cut 5	0.8 ^{ab}	1.3 ^{abc}	1.5 ^{bc}	2.0 ^c	1.0 ^{ab}	0.4 ^a	0.2	0.4	*	
Rains	4.2 ^b	5.2 ^c	6.3 ^d	8.5 ^e	5.0 ^c	3.0 ^a	0.2	0.3	***	
Annual total	10.1 ^b	13.4 ^{bc}	14.0 ^{cd}	16.9 ^d	11.5 ^{bc}	5.1 ^a	0.8	1.3	***	
% Leaves, dry	46.0 ^d	36.6 ^{bc}	38.0 ^{bc}	42.1 ^{cd}	28.4 ^a	35.0 ^b	1.5	2.3	***	
% Leaves, rains	42.7 ^b	38.5 ^b	38.5 ^b	51.4 ^c	31.5 ^a	37.0 ^{ab}	1.7	2.6	***	
% leaves, year	42.9 ^c	39.0 ^{bc}	39.7 ^c	48.7 ^d	30.4 ^a	35.2 ^b	1.1	1.8	***	

^{abcd}Different letters in the same line differ significantly at P<0.05 (Duncan 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2.

*** P<0.001; ** P<0.01.

characterized by Sousa *et al.* (2012).

The highest CP yields were for H-1, OM-22, CT-169 and king grass without significant differences among them. Values ranged between 3 and 3.7 t CP/ha/year (table 3). The percentage of CP was higher in rainy period than in dry period, which is related to different cutting ages. Martínez *et al.* (2010), described a negative linear relationship ($Y=19.08-1.59x$, where x is the number of cut every 14 days) between age and CP content for Cuba OM-22. Equations for Cuba CT-169 and king grass are similar. The percentages obtained between 10 and 13 % coincide with those reported by Ramos *et al.* (2013) and Caballero *et al.* (2016). Márquez *et al.* (2009) reported the equation $CP = 17.7 - 0.18 \times F$ (days) for Taiwan A-146, Morado and Maralfalfa, which estimates lower CP values for these varieties at 60 days of age. Vander *et al.* (2000) studied the quality of varieties and hybrids of elephant grass and found better quality of hybrid leaves.

con varios individuos morados y diferencias genéticas marcadas como la caracterizada por Sousa *et al.* (2012).

Los mayores rendimientos de PB fueron para H-1, OM-22, CT-169 y king grass sin diferencias significativas entre ellos. Los valores oscilaron entre 3 y 3.7 t PB/ha/año (tabla 3). El porcentaje de PB fue más alto en el periodo lluvioso que en el periodo seco, lo cual está relacionado con las diferentes edades de corte. Martínez *et al.* (2010), describieron una relación lineal negativa ($Y=19.08-1.59x$, donde x es el número del corte cada 14 días) entre edad y contenido de PB para Cuba OM-22. Las ecuaciones para Cuba CT-169 y king grass son semejantes. Los porcentajes obtenidos entre 10 y 13 % coinciden con los reportados por Ramos *et al.* (2013) y Caballero *et al.* (2016). Márquez *et al.* (2009) reportaron la ecuación $PC = 17,7 - 0,18 \times F$ (días) para Taiwan A-146, Morado y Maralfalfa, la cual estima valores más bajos de PC para estas variedades a 60 días de edad. Vander *et al.* (2000) estudiaron la calidad de variedades e híbridos de hierba elefante y encontraron mejor

Although CP content depends on fertilization, age of cut, relation leaf-stem of the variety, season and other factors, it is possible to use linear equations to

calidad de las hojas de híbridos. Aunque el contenido de PB depende de la fertilización, la edad de corte, la relación hoja-tallo de la variedad, la época del año y otros factores,

Table 3. Yields of crude protein per cut, season and year (t/ha/year)

Stages	Varieties						SE (1) ±	SE (2) ±	Sig.
	Morado	King grass	CT-169	OM-22	H - 1	H - 2			
Cut 1	0.46 ^b	0.67 ^{bc}	0.63 ^{bc}	0.86 ^c	0.71 ^c	0.21 ^a	0.06	0.10	**
Cut 2	0.84 ^b	1.00 ^c	1.16 ^d	1.14 ^{cd}	1.20 ^d	0.65 ^a	0.04	0.06	***
Dry	1.30 ^b	1.67 ^c	1.79 ^c	2.00 ^c	1.91 ^c	0.86 ^a	0.12	0.20	**
Cut 3	0.43 ^a	0.42 ^a	0.54 ^{ab}	0.41 ^a	0.85 ^c	0.66 ^b	0.05	0.08	**
Cut 4	0.49 ^a	0.52 ^a	0.72 ^b	0.80 ^b	0.76 ^b	0.46 ^a	0.06	0.09	**
Cut 5	0.33	0.25	0.30	0.39	0.46	0.25	0.04	0.06	NS
Rains	1.26 ^a	1.19 ^a	1.56 ^a	1.61 ^a	2.07 ^b	1.38 ^a	0.11	0.17	**
Annual total	2.38 ^{ab}	2.94 ^{bc}	3.13 ^{bc}	3.22 ^c	3.70 ^c	1.89 ^a	0.21	0.32	**
% CP Dry	9.90 ^c	7.10 ^a	7.44 ^a	8.36 ^b	6.5 ^a	10.8 ^d	0.25	0.4	***
% CP Rains	12.48 ^b	9.72 ^a	10.64 ^a	11.35 ^b	12.9 ^b	16.4 ^c	0.61	1.0	***

^{abcde} Different letters in the same line differ significantly at P<0.05 (Duncan 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22.

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2.

** P<0.01 *** P<0.001

predict CP content of elephant grass under specific agro-ecosystems.

Studied varieties were selected for their characteristics as forage plants. Under the conditions of this study (table 4), there are no substantial differences in the percentage of CF of the varieties. Only Morado, in dry season, showed lower contents (33.9). The rest of the varieties presented a narrow range between 35 and 36.2% of CF without significant differences among them. The hybrid H-1 stands out because it is significantly different with 39.5 % of CF in the dry season.

The inclusion of elephant grass into biomass production programs for energy purposes or the production of cellulose in the last 20 years (Woodardk and Prine 1993) increases the interest in crude fiber content although with different objectives.

Even in adverse climatic conditions, Xi-feng *et al.* (2012) used a hybrid of *Pennisetum americanum* × *P. purpureum* to evaluate the performance and characteristics of biomass for use as energy material in Beijing, China. They report a production of 40.14 to 48.5 t DM/ha, with a caloric value of 17.02 MJ/kg. The content of cellulose, hemi-cellulose, lignin and ash was 36.15; 21.01; 8.92; and 9.6 % respectively. They concluded that the *Pennisetum* hybrid is an excellent herbaceous plant for energy because of its high yield and quality with the disadvantage that it does not survive winter.

In this study, the thermal sum for each period between cuts was studied. Table 5 shows mean temperatures recorded and used per month.

Cuts 1 and 2 corresponding to dry period, time of lower temperatures, presented, in 90 days, values

es posible utilizar ecuaciones lineales para predecir el contenido de PB de la hierba elefante en agroecosistemas puntuales.

Las variedades estudiadas fueron seleccionadas por sus características como plantas forrajeras. En las condiciones de este estudio (tabla 4) no hay diferencias sustanciales en el porcentaje de FB de las variedades. Solo el Morado en el período poco lluvioso presentó contenidos más bajos (33.9) El resto de las variedades presentó un rango estrecho entre 35 y 36.2 % de FB sin diferencias significativas entre ellos. Destaca el híbrido H-1 por ser significativamente diferente con 39.5 % de FB en el periodo poco lluvioso.

La incorporación de la hierba elefante a programas de producción de biomasa con fines energéticos o la producción de celulosa en los últimos 20 años (Woodardk y Prine 1993), incrementa el interés por el contenido de fibra bruta aunque con objetivos diferentes.

Aún en condiciones climáticas adversas Xi-feng *et al.* (2012) utilizaron un híbrido de *Pennisetum americanum* × *P. purpureum* para evaluar el rendimiento y las características de la biomasa para su utilización como material energético en Beigin, China. Reportan una producción de 40.14 a 48.5 t de MS/ha, con un valor calórico de 17.02 MJ/kg, El contenido de celulosa, hemi-celulosa., lignina y cenizas fue de 36.15; 21.01; 8.92; y 9.6 %, respectivamente. Concluyeron que el híbrido de *Pennisetum* es una excelente planta herbácea para energía por su alto rendimiento y calidad con la desventaja que no sobrevive al invierno.

En este trabajo se estudió la suma térmica para cada periodo entre cortes. Las temperaturas medias registradas y utilizadas por meses se muestran en la tabla 5.

Los cortes 1 y 2 correspondientes al periodo poco

Table 4 Yields of crude fiber per cut, season and year (t/ha/year)

Stages	Varieties						SE (1) ±	SE (2) ±	Sig
	Morado	King grass	CT-169	OM-22	H - 1	H - 2			
Cut 1	1.5 ^a	3.3 ^{bc}	2.9 ^b	3.7 ^{bc}	4.3 ^c	0.7 ^a	0.3	0.5	***
Cut 2	2.9 ^b	4.8 ^d	4.6 ^{cd}	3.6 ^{bc}	4.8 ^d	1.3 ^a	0.4	0.6	***
Dry	4.4 ^b	8.2 ^c	7.5 ^c	7.4 ^c	9.1 ^c	2.0 ^a	0.7	1.0	***
Cut 3	1.2	1.7	2.0	1.3	2.6	1.4	0.3	0.4	NS
Cut 4	1.4 ^{ab}	2.0 ^{abc}	2.6 ^c	2.5 ^c	2.3 ^{bc}	1.0 ^a	0.3	0.4	*
Cut 5	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	0.5	0.2	0.3	NS
Rains	3.6 ^b	4.8 ^c	5.8 ^{de}	5.0 ^{cd}	6.3 ^e	3.0 ^a	0.15	0.24	***
Annual total	8.0 ^{ab}	13.0 ^c	13.3 ^c	12.4 ^{bc}	15.4 ^c	5.0 ^a	1.2	1.9	**
% CF Dry	33.9 ^a	36.0 ^b	36.2 ^b	36.1 ^b	39.8 ^c	34.9 ^{ab}	0.5	0.8	**
% CF Rains	39.5	38.0	38.3	37.3	38.6	40.7	1.1	1.7	NS

^{abcde}Different letters in the same line differ significantly at P<0.05 (Duncan, 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22.

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2.

*** P<0.001; ** P<0.01

Table 5. Mean daily temperature per months during the experimental period (°C)

Month	Jan.	Feb.	Ma.	Ap.	Ma.	Jun.	Jul.	Ag.	Se.	Oc.	No.	De.
Mean Temp.	18.6	21.6	21.0	23.0	25.1	24.0	25.2	25.8	24.5	24.9	19.9	21.4

Table 6 Thermal sum or growth degree accumulated per cut

Etapas	Thermal sum	Addition of days	Interval
Cut 1	893.4	90	15-11 to 15-2
Cut 2	1169.9	90	15-2 to 15-5
Cut 3	951.1	60	15-5 to 15-7
Cut 4	1004.4	60	15-7 to 15-9
Cut 5	888.9	60	15-9 to 15-11
Dry	2063.3	180	Two cuts
Rains	2844.4	180	Three cuts

of thermal sum similar to cuts 3 and 4 with 60 days (table 6).

Yields of dry season with 2063 °C of thermal sum were higher than those of rainy season with 2844 °C . Productive responses by accumulated growth degree

lluvioso, época de temperaturas más bajas, presentaron en 90 días valores de suma térmica semejantes a los cortes 3 y 4 con 60 días (tabla 6).

Los rendimientos del periodo poco lluvioso con 2063 °C de suma térmica, fueron superiores a los del periodo

Tabla 7. Yield of dry matter per degree of temperature belonging to the thermal sum over 9 °C , kg/ degree

Stages	Varieties						SE (1) ±	SE (2) ±	Sig
	Morado	King grass	CT-169	OM-22	H - 1	H - 2			
Cut 1	5.17 ^a	10.65 ^b	9.43 ^b	11.52 ^b	12.02 ^b	2.21 ^a	0.91	1.44	***
Cut 2	7.05 ^b	11.05 ^c	10.35 ^c	8.52 ^{bc}	10.31 ^c	3.21 ^a	0.86	1.21	**
Dry	6.24 ^b	10.86 ^c	9.95 ^c	9.81 ^c	11.05 ^c	2.77 ^a	0.83	1.31	***
Cut 3	3.67	4.82	5.51	3.79	6.93	4.21	0.65	1.03	NS
Cut 4	3.98 ^{ab}	5.42 ^{bc}	6.93 ^c	7.05 ^c	5.87 ^{bc}	2.80 ^a	0.66	1.04	*
Cut 5	3.03	3.05	3.34	3.96	3.99	1.73	0.52	0.83	NS
Rains	3.59 ^b	4.50 ^c	5.33 ^{de}	4.99 ^{cd}	5.63 ^e	2.94 ^a	0.15	0.23	***
Annual total	4.70 ^a	7.16 ^b	7.27 ^b	7.02 ^b	7.91 ^b	2.87 ^a	0.59	0.94	**

^{abcde}Different letters in the same line differ significantly at P<0.05 (Duncan 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22.

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2. ** P<0.01 *** P<0.001

Table 8. Yield of crude fiber per degree of temperature belonging to the thermal sum over 9 °C , kg/ degree

Stages	Varieties						SE (1) ±	SE (2) ±	Sig.
	Morado	King grass	CT-169	OM-22	H - 1	H -2			
Cut 1	1.68 ^a	3.73 ^{bc}	3.27 ^b	4.13 ^{bc}	4.78 ^c	0.75 ^a	0.36	0.57	***
Cut 2	2.46 ^b	4.14 ^d	3.93 ^{cd}	3.06 ^{bc}	4.12 ^d	1.16 ^a	0.31	0.52	**
Dry	2.12 ^b	3.95 ^c	3.64 ^c	3.54 ^c	4.39 ^c	0.98 ^a	0.32	0.50	***
Cut 3	1.44	1.87	2.11	1.41	2.68	1.72	0.28	0.44	NS
Cut 4	1.57 ^{ab}	2.06 ^{abc}	2.66 ^c	2.64 ^c	2.27 ^{bc}	1.14 ^a	0.27	0.42	*
Cut 5	1.18	1.17	1.28	1.49	1.54	0.71	0.21	0.34	NS
Rains	1.25 ^a	1.69 ^{ab}	2.02 ^{bc}	1.79 ^b	2.25 ^c	1.06 ^a	0.05	0.09	***
Total anual	1.71 ^{ab}	2.66 ^c	2.72 ^c	2.57 ^{bc}	3.11 ^c	1.11 ^a	0.24	0.39	**

^{abcde}Different letters in the same line differ significantly at P<0.05 (Duncan, 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22.

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2.

** P<0.01 *** P<0.001

Table 9. Yield of crude protein per degree of temperature belonging to the thermal sum over 9 °C , kg/ degree

Stages	Varieties						SE (1) ±	SE (2) ±	Sig
	Morado	King grass	CT-169	OM-22	H - 1	H -2			
Cut 1	0.51 ^b	0.75 ^{bc}	0.70 ^{bc}	0.96 ^c	0.80 ^c	0.24 ^a	0.07	0.11	**
Cut 2	0.57 ^b	0.92 ^c	0.81 ^c	0.65 ^b	0.79 ^c	0.26 ^a	0.07	0.11	**
Dry	0.54 ^b	0.85 ^c	0.76 ^c	0.79 ^c	0.79 ^c	0.25 ^a	0.06	0.09	**
Cut 3	0.46 ^a	0.44 ^a	0.57 ^{ab}	0.43 ^a	0.89 ^c	0.69 ^b	0.05	0.08	**
Cut 4	0.49 ^a	0.52 ^{ab}	0.72 ^{bc}	0.80 ^c	0.76 ^c	0.46 ^a	0.06	0.09	**
Cut 5	0.38	0.28	0.34	0.44	0.52	0.29	0.05	0.07	NS
Rains	0.44 ^a	0.42 ^a	0.55 ^a	0.57 ^a	0.73 ^b	0.48 ^a	0.04	0.06	**
Annual total	0.48 ^{ab}	0.60 ^{bc}	0.64 ^c	0.65 ^c	0.76 ^c	0.39 ^a	0.04	0.07	**

^{abcde}Different letters in the same line differ significantly at P<0.05 (Duncan, 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22.

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2.

** P<0.01 *** P<0.001

over 9 °C are shown in table 7, 8 and 9 for the yield of DM, CF and CP, respectively.

The same tendencies already discussed for yields are appreciated. The response of varieties by degree of accumulated growth is similar for CT-169, king grass, Cuba OM-22 and H-1. These last hybrid varieties tend to superior values in the coldest stage but did not show statistical differences, so more specific designs or analyzes will have to be conducted to determine more accurately the base temperature (Tb). Villa Nova *et al.* (2007) proposed alternative methods to determine Tb, where they include factors such as photoperiod, temperatures, and growth stages.

In this research, different cutting ages were established for dry and rainy season with the objective of favoring the productive balance between these two periods, taking into account recommendations of Herrera and Ramos (2005).

From the thermal sum point of view, more balanced yields were also expected.

Herrera and Ramos (2005) and Martínez *et al.* (2010) pointed out that biomass accumulation and

lluvioso con 2844 °C. Las respuestas productivas por grado de crecimiento acumulado sobre 9 °C se muestran en la tabla 7 para el rendimiento de MS, en la tabla 8 para el rendimiento de FB y en la tabla 9 para el rendimiento de PB.

Se aprecian las mismas tendencias ya discutidas para los rendimientos. La respuesta de las variedades por grado de crecimiento acumulado es semejante para CT-169, king grass, Cuba OM-22 y H-1. Estas últimas variedades híbridas tienden a valores superiores en la etapa más fría pero no presentaron diferencias estadísticas por lo que habrá que hacer diseños o análisis más específicos para determinar con más exactitud la temperatura base (Tb). Villa Nova *et al.* (2007) propusieron métodos alternativos para determinar la Tb. Donde incluyen factores como fotoperiodo, temperaturas y etapas de crecimiento.

En esta investigación se fijaron edades de corte diferentes para la época seca y lluviosa con el objetivo de favorecer el equilibrio productivo entre las dos épocas, teniendo en cuenta recomendaciones de Herrera y Ramos (2005).

Desde el punto de vista de la suma térmica también se esperaban rendimientos más equilibrados.

quality in the cultivars king grass, Cuba OM-22 and Cuba CT-169 depends, in the first instance, on the age of cut.

In this study, there were higher yields in the two cuts of dry period (every 90 days) than in the three cuts of the rainy period (every 60 days). It cannot be specified whether this was a result of climatic conditions of rainy period, the highest cut age in dry period or other factors that cause this performance.

Therefore, it is necessary to continue studying the relationship between age, quality and degrees of accumulated growth in elephant grass to produce biomass for animal feed or for energy purposes or fiber production.

Table 10 shows contents of Ca, P, ashes, plant digestibility and some characteristics of leaves and stems obtained as mean of the 5 cuts made. There were no significant differences in digestibility and ashes, but the highest values of calcium and phosphorus of Cuba OM-22 variety are highlighted, with significant differences with the rest of the varieties. It is also important the superiority of OM-22 in the width and thickness of the leaf with a length similar to Cuba CT-169 but much higher than the rest of the varieties. In addition, stem diameter in the third internode showed significant differences in favor of OM-22 variety. The absence of

Herrera y Ramos (2005) y Martínez *et al.* (2010) señalaron que la acumulación de biomasa y la calidad en los cultivares king grass, Cuba OM-22 y Cuba CT-169 depende en primera instancia de la edad de corte.

En este trabajo hubo mayores rendimientos en los dos cortes del periodo seco (cada 90 días) que en los tres cortes del periodo lluvioso (cada 60 días), no se puede precisar si fueron las condiciones climáticas del periodo lluvioso, la mayor edad de corte en seca u otros factores los causantes de este comportamiento.

Como quiera que sea es necesario seguir estudiando la relación entre edad, calidad y grados de crecimiento acumulado en hierba elefante para producir biomasa para la alimentación animal o para fines energéticos o producción de fibra.

En la tabla 10 se muestran contenidos de Ca, P, cenizas, digestibilidad de la planta y algunas características de las hojas y el tallo obtenidos como promedio de los 5 cortes efectuados. No hubo diferencias significativas en digestibilidad y cenizas, pero llaman la atención los valores superiores de calcio y fosforo de la variedad Cuba OM-22 con diferencias significativas con el resto de las variedades. También destaca la superioridad de OM-22 en el ancho y grueso de la hoja con un largo similar a Cuba CT-169 pero mucho mayor que el resto de las variedades. También el diámetro del tallo en el tercer nudo presentó

Table 10. Some chemical characteristics of the whole plant and phenological measures that expressed the studied varieties as mean of 5 cuts (% of DM and cm, respectively)

Indicator	Varieties								
	Morado	King grass	CT-169	OM-22	H - 1	H - 2	SE (1)±	SE (2) ±	Sig
<i>In vitro</i> digestibility	50.59	50.83	49.33	51.34	54.79	50.83	1.46	2.31	NS
Ashes	7.80	7.53	7.40	7.58	7.36	7.75	0.35	0.56	NS
Calcium	0.37 ^{bc}	0.40 ^c	0.34 ^{bc}	0.59 ^d	0.31 ^b	0.21 ^a	0.02	0.03	***
Phosphorus	0.28 ^{ab}	0.24 ^a	0.26 ^a	0.46 ^c	0.29 ^{ab}	0.37 ^b	0.02	0.04	***
Length of leaf	89.76 ^{cd}	81.72 ^{bc}	99.72 ^d	102.5 ^d	73.40 ^b	45.2 ^a	3.86	6.10	***
Wide of leaf	2.57 ^{bc}	2.42 ^b	2.77 ^{bc}	4.65 ^d	2.96 ^c	1.65 ^a	0.14	0.21	***
Thickness of leaf 0.01mm	14.69 ^{ab}	13.88 ^{ab}	16.94 ^b	20.70 ^c	13.85 ^{ab}	12.4 ^a	0.88	1.39	***
Stem diameter	9.88 ^b	10.52 ^b	11.26 ^b	13.92 ^c	9.30 ^b	6.60 ^a	0.60	0.94	***
Length of internode	11.90 ^a	13.24 ^a	14.13 ^a	17.95 ^b	18.1 ^b	15.1 ^{ab}	0.94	1.50	**

^{abcde}Different letters in the same line differ significantly at $P < 0.05$ (Duncan, 1955).

(1). SE corresponding to treatments Morado, king grass, CT-169 and OM-22.

(2). SE corresponding to treatments H-1 and H-2.

** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

villi on leaves of OM-22 should be mentioned as an attractive factor.

Conclusions and Recommendations

There were no large differences in annual DM yields among four of the studied varieties. However, there are differences in leaf yield in favor of Cuba OM-22 and Cuba CT-169 varieties for their phenotypical properties. The differences are in the length, width and thickness of

diferencias significativas a favor de la variedad OM-22. Debe mencionarse la ausencia de vellosidades en las hojas de OM-22 como factor atractivo.

Conclusiones y Recomendaciones

No se encontraron grandes diferencias en los rendimientos anuales de MS entre cuatro de las variedades estudiadas. Sin embargo, hay diferencias en el rendimiento de hojas a favor de las variedades Cuba OM-22 y Cuba

leaves, which can influence the performance of nutrients such as CP, Ca and P.

It is recommended to pay more attention to phenotypical characteristics of the varieties, especially leaf production, which, together with other local situations such as establishment, persistence, type of cut and response to climate, may influence on the selection of the cultivar to be planted according to the productive purpose.

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 51, Number 4, 2017.

CT-169 por sus propiedades fenotípicas. Las diferencias radican en el largo, ancho y grueso de las hojas, lo que puede influir en el rendimiento de elementos nutritivos como PB, Ca y P.

Se recomienda prestar mayor atención a las características fenotípicas de las variedades especialmente producción de hojas, las cuales unidas a otras situaciones de carácter local como establecimiento, persistencia, tipo de corte y respuesta al clima pueden influir en la selección del cultivar a plantar según el propósito productivo.

References

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 17th. Ed. Assoc. of Off. Agric. Anal. Chem. Arlington, Virginia. p. 580.
- Caballero-Gómez, Arnaldo, Ramón O. Martínez-Zubiaur, Marta B. Hernández-Chávez & Marlen Navarro-Boulandier. 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. Pastos Forrajes. 39(2): 94-104
- Chemisquy, M. A., L. M. Giussani, M. A. Scataglini, E. A. Kellogg & O. Morrone, 2010. Phylogenetic studies favour the unification of *Pennisetum*, *Cenchrus* and *Odontelytrum* (Poaceae): a combined nuclear, plastid and morphological analysis, and nomenclatural combinations in *Cenchrus*. Ann. Bot. (Oxford), n.s. 106: 107–130
- Clavero, T. 1994. El pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Una alternativa para ecosistemas Tropicales. En: Clavero, T. (Ed.): Producción e investigación en pastos Tropicales. Clavero, T. (Ed.). p. 53-68.
- Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J. L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M. & Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages: An Interactive Selection Tool. CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT, and ILRI, Brisbane, Australia.
- Di Rienzo, A., Casanoves, F., Balzarini, G., González L., Tablada, M. & Robledo, W. (2012). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL Available: <http://www.infostat.com.ar>.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1
- Ferraris, R. & Sinclair, D.F. 1980. Factors affecting the growth of *Pennisetum purpureum* in the wet tropics. II. Uninterrupted growth. Australian Journal of Agricultural Research 31(5) 915 - 925
- Hernández, A., Pérez Jiménez, J.M., Boach, D., Rivero, L., Camacho, E., Ruiz, J., Jaimez, E. & Marzan, P. 2015. En: Nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba, Inst. de Suelos MINAGRI, La Habana, Cuba. 64 pp.
- Hertentains, L, Troetsch, O. & Santamaría, E. 2005. Manejo y utilización de cultivares de *Pennisetum purpureum* en fincas lecheras de las tierras altas de Chiriquí. Manual Técnico. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
- Herrera, R.S. & Martínez, R. O. 2015. Mejoramiento genético por vías no clásicas. In: “Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería” R. S. Herrera Ed. EDICA. ISBN: 978-959-7171-67-6.
- Herrera, R.S. & Ramos, N. 2015. Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. In: “Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería” R. S. Herrera Ed. EDICA. ISBN: 978-959-7171-67-6.
- Kesting, V. 1977 Vortrage der Gesellschaft für Ennnerung. DDR- Sektion. Tierer. 1:306.
- Márquez, F. Sánchez, J., Urbano Diannelis & Dávila, C. 2009. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). I. Rendimiento y contenido de proteína. Zootecnia tropical, 25(4): 253-259.
- Martínez, R.O. Tuero, R., Torres, Verena & Herrera, R.S. 2010. Models of biomass acumulation and quality in varieties of elephant grass Cuba CT-169, OM-22, and king grass ,during de rainy season in the western part of Cuba. Cuban J. of Agric. Sci. 44 (2): 185-188.
- Ramos, O., Canul, J. R, Duarte & F. J. 2013. Producción de tres variedades de *Pennisetum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán México. BioCiencias. 2(2): 60-68. ISSN 2007-3380.
- Rodríguez, Lourdes., Torres, Verena., Martínez, R. O., Jay, O., Noda, A.C. & Herrera, M. 2011. Models for estimate the dynmic growth of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. Cuban J. of Agric. Sci. 45(4): 349-353
- Rodríguez, L., Larduet, R., Ramos, N & Martínez, R.O. 2013. Modelling of dry matter yield of *Pennisetum purpureum* cv. king grass with different cutting frequencies and N fertilizer dosages. Cuban J. of Agric. Sci., 2013; 47 (3): 227-232.
- Sobrinho, F. de S., Pereira, A. V., Ledo, F. J. da S., Botrel, M. A., Oliveira, J. S. & Xavier, D. F. 2005. “Avaliação agronômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto”. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40(9): 873–880, ISSN: 1678-3921.
- Sousa, Ana Luisa, Palla, Pricila , Juarez, Campolina, Machado, M. A. & Vander A, da Silva F J. 2012. Cross Species Amplification of *Pennisetum glaucum* Microsatellite Markers in *Pennisetum purpureum* and Genetic Diversity of Napier Grass Accessions. CROP SCIENCE, VOL. 52, JULY–AUGUST
- Vander, A., De Paula, R., Paixao, L., De Paula, V., Silva, R., Bertola, R. & De Paula, C.E. 2000. Ariacao da qualidade de folhas em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e híbridos de capim-elefante x milheto (*P. purpureum* x *P. glaucum*), em função da idade da planta. Ciencia y Agrotecnologia. 24 (2): 490-499, ISSN: 1981-1829
- Pereira, A. V., Machado, M. A., Azevedo, A. L. S., Nascimento, C. S. do, Campos, A. L. & Léo, F. J. da S. 2008. Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. Revista Brasileira de Zootecnia, 37(7):

1216–1221, ISSN: 1516-3598, DOI: 10.1590/S1516-35982008000700011.

Villa Nova, N. A., Tonaro, F., Pedreira, C. Guilherme Silveira & Medeiros, H. Rocha de. Método alternativo para cálculo da temperatura base de gramíneas forrageiras. *Cienc. Rural* [online]. 2007, vol.37, n.2, pp.545-549. ISSN 1678- 4596. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000200039>.

Woodardk, K.R. & Prine, G.M. 1993. Dry matter accumulation of elephantgrass, energycane, and elephant millet in a subtropical climate. *Crops Science*, 33 (4): 818-824.

Xi-feng F., Xin-cun H., Yil, Z. & Ju-ying, W. 2012. Biomass Yield and Quality of Hybrid Pennisetum. *Chinese Journal of Grassland*. 2012:01

Received: February 2, 2017