

## Mineral composition of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115, as biomass bank, after grazing

### Composición mineral de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 después del pastoreo utilizado como banco de biomasa

Dayleni Fortes, R. S. Herrera, M. García, Ana M. Cruz and Aida Romero

*Instituto de Ciencia Animal*

*Apto. 24 San José de la Lajas, Mayabeque*

*Email: dfortes@ica.co.cu*

The objective of this study was to analyze the composition of some mineral nutrients of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 after grazing when used as a biomass bank. For this, a completely randomized sampling design with 15 repetitions was used. Treatments consisted on regrowth age or grass rest from the time of departure of animals from the paddock (time zero) and in accordance with the biomass bank technology. Results indicated that contents of ash, calcium, phosphorus and magnesium had a variable performance, while nitrogen was reduced with the regrowth age for all grazing cycles of this technology. Ash contents ranged between 3.89 % and 15.41 % ( $P < 0.01$ ), while calcium and phosphorus were between 0.30 and 0.83 % ( $P < 0.05$ ) and between 0.17 and 0.43 % ( $P < 0.05$ ), respectively. All the studied indicators had higher values in leaves than in stems for tillers and for residue with their new growth. Phosphorus and magnesium contents found in leaves and stems for some regrowth ages were lower than those required for proper growth and development of the grass, so the use of maintenance fertilization might be necessary. It is recommended to use these results to design other management options.

Key words: *Cuba CT-115, ash, nitrogen, calcium and phosphorus.*

*Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 is widely used in Cuba for its favorable growth characteristics, such as lower resistance to cutting, greater amount of leaves, less height than King grass and shorter internode distance as age progresses. For this reason, it offers better possibilities for harvesting as a biomass bank, including grazing (Crespo and Martínez 2016).

Mineral composition of grass is very important from the physiological point of view since it is essential to establish efficient systems of nutrition and plant management (Bloom and Smith 2014 and Rogóz and Tabak 2017). It also constitutes an essential source for the basic supply of mineral elements, which are necessary for animal feed (French 2017 and Villalobos and Sánchez 2018).

Taking these aspects into account, the objective of this study was to analyze the composition of some mineral nutrients of *C. purpureus* cv. Cuba CT-115 when used as a biomass bank.

#### Materials and Methods

*Location, weather and soil.* The research began with the determination of homogeneity of the area and the way

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la composición de algunos nutrientes minerales de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 después del pastoreo cuando se utiliza como banco de biomasa. Para ello se utilizó un diseño de muestreo completamente aleatorizado con 15 repeticiones. Los tratamientos consistieron en la edad de rebrote o reposo del pasto a partir del momento de salida de los animales del potrero (tiempo cero) y de acuerdo con la tecnología de banco de biomasa. Los resultados indicaron que los contenidos de cenizas, calcio, fósforo y magnesio tuvieron un comportamiento variable, mientras que el nitrógeno se redujo con la edad de rebrote para todos los ciclos de pastoreo de la tecnología. Los contenidos de cenizas oscilaron entre 3.89 % y 15.41% ( $P < 0.01$ ), mientras que el calcio y el fósforo estuvieron entre 0.30 y 0.83 % ( $P < 0.05$ ) y entre 0.17 y 0.43% ( $P < 0.05$ ), respectivamente. Todos los indicadores estudiados tuvieron valores superiores en hojas que en tallos tanto para los hijos basales como para el residuo con su nuevo crecimiento. Los contenidos de fósforo y magnesio encontrados tanto en hojas como en tallos para algunas edades de rebrote fueron inferiores a los requeridos para el adecuado crecimiento y desarrollo de la gramínea, por lo que podría ser necesaria la utilización de fertilización de mantenimiento. Se recomienda usar estos resultados para diseñar otras opciones de manejo.

Palabras clave: *Cuba CT-115, cenizas, nitrógeno, calcio y fósforo.*

El *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 se utiliza ampliamente en Cuba por sus características favorables de crecimiento, entre las que se encuentran: menor resistencia al corte, mayor cantidad de hojas, menor altura que el King grass y menor distancia entrenudos en la medida que avanza la edad. Por tal motivo, ofrece mejores posibilidades para su cosecha como banco de biomasa, incluyendo el pastoreo (Crespo y Martínez 2016).

La composición mineral del pasto tiene gran importancia desde el punto de vista fisiológico ya que, es clave para establecer sistemas eficientes de nutrición y manejo de la planta (Bloom y Smith 2014 y Rogóz y Tabak 2017). Además constituye una fuente importante para el suministro básico de los elementos minerales, que son necesarios para la alimentación animal (French 2017 y Villalobos y Sánchez 2018).

Teniendo en cuenta estos aspectos el objetivo del trabajo fue estudiar la composición de algunos nutrientes minerales del *C. purpureus* vc. Cuba CT-115 cuando se utiliza como banco de biomasa.

#### Materiales y Métodos

*Ubicación, clima y suelo.* La investigación se inició con

to perform sampling that would allow to obtain reliable, accurate, repeatable and representative results (Fortes *et al.* 2007). The study was conducted in the dairy B of the Institute of Animal Science (ICA, in Spanish), San José de las Lajas, Mayabeque, located between 22° 53 N and 82° 02 W, at 80 m.o.s.l. (Anon 1989), in a previously established paddock of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115.

Soil was classified as fluffy gray brown according to Hernández *et al.* (2015). Before starting the experimental stage, 10 soil samples were taken in the diagonals of the paddock length, between 0 and 15 cm deep, with a helicoidal auger. They were air dried, homogenized in a mortar and passed through a sieve with 0.5 mm mesh. They were packed in glass flasks with hermetic seal and stored at room temperature until analysis. Organic matter (Walkley and Black, cited by Jackson 1970), nitrogen (AOAC 2016), phosphorus (Oniani 1964), calcium and magnesium (Maslova, cited by Paneque 1965) were determined.

Chemical composition of soil appears in table 1, data presented are the means of composite samples that were taken. The pH was slightly acid and N and K contents were relatively low (Fortes 2013).

Table 1. Chemical composition of soil of the experimental area

%			mg.100g-1			pH
N	OM	Ca	Mg	P	K	
0.19	3.20	2.53	0.26	2.15	5.44	5.87

Figure 1 shows the accumulated rainfall and mean, minimum and maximum monthly temperature, during the year of experimentation, data taken from the ICA Meteorological Station.

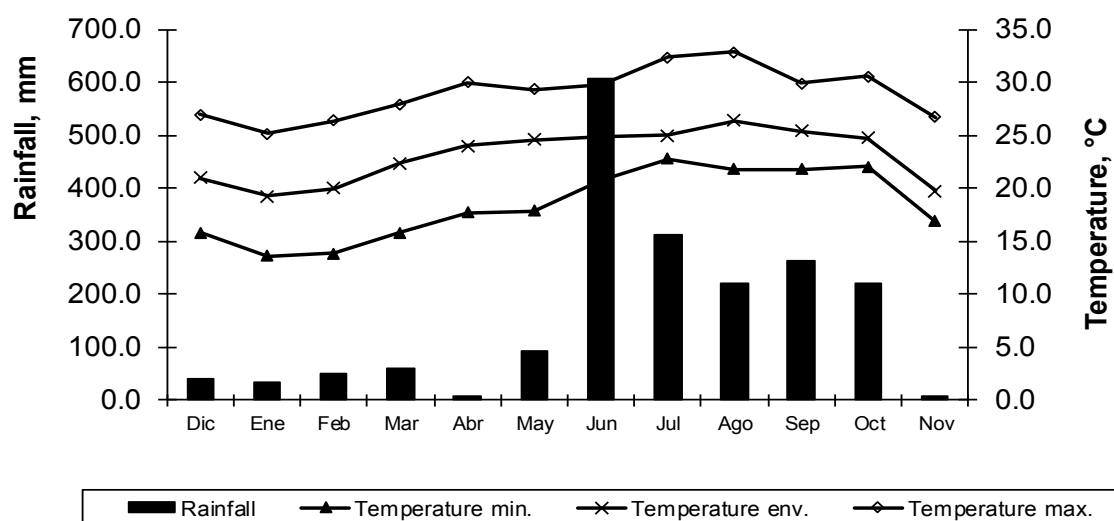


Figure 1. Performance of the accumulate of precipitations and temperatures during the experimental period

*Treatments and design.* Treatments consisted on regrowth ages or grass rest from the time of departure of the animals from the paddock (time zero), as follows: 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

la determinación de la homogeneidad del área y la forma de realizar el muestreo que permitiera obtener resultados confiables, precisos, repetibles y representativos (Fortes *et al.* 2007). El estudio se realizó en la vaquería B del Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, ubicada entre los 22° 53 LN y los 82° 02 LO, a 80 msnm (Anon 1989); en un cuartón previamente establecido de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115.

El suelo se clasificó como Pardo grisáceo mullido según Hernández *et al.* (2015). Antes de comenzar la etapa experimental se tomaron 10 muestras compuestas de suelo en las diagonales del largo del cuartón, entre 0 y 15 cm de profundidad, con una barrena helicoidal. Se secaron al aire, se homogeneizaron en un mortero y se pasaron por un tamiz con malla de 0,5 mm. Se envasaron en frascos de cristal con cierre hermético y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su análisis. Se determinó la materia orgánica (Walkley y Black, citado por Jackson 1970), el nitrógeno (AOAC 2016), el fósforo (Oniani 1964), el calcio y el magnesio (Maslova, citado por Paneque 1965).

La composición química del suelo aparece en la tabla 1, los datos que se presentan son las medias de las muestras compuestas que se tomaron. El pH fue ligeramente ácido y los contenidos de N y K fueron

relativamente bajos (Fortes 2013).

En la figura 1 aparece el acumulado de precipitaciones y la temperatura promedio mensual, mínima y máxima durante el año de experimentación, datos que fueron

tomados de la Estación Meteorológica del ICA.

*Tratamientos y diseño.* Los tratamientos consistieron en las edades de rebrote o reposo del pasto a partir del momento de salida de los animales del potrero (tiempo

of regrowth of grazing cycle one; 0, 15, 30, 45 and 60 days of regrowth of cycle two; 0, 15, 30 and 45 days of regrowth of grazing cycle three and 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days of regrowth of grazing cycle four (table 2); and according to the biomass bank technology (Martínez and Herrera 2006). For sample taking, a homogeneity study of the selected area was carried out and the appropriate sample size was determined for the morphophysiological study of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 in grazing. Results showed that the area turned out to be homogeneous, and it was determined that 15 samples (tillers as experimental units) are sufficient to accurately indicate the performance of the indicators of the studied population (Fortes *et al.* 2007).

cero) como sigue: 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días de rebrote del ciclo uno de pastoreo; 0, 15, 30, 45 y 60 días de rebrote del ciclo dos; 0, 15, 30 y 45 días de rebrote del ciclo tres de pastoreo y 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días de rebrote del ciclo cuatro de pastoreo (tabla 2); y de acuerdo con la tecnología de banco de biomasa (Martínez y Herrera 2006). Para la toma de muestras se realizó un estudio de homogeneidad del área seleccionada y se determinó el tamaño de muestras adecuado para el estudio morfofisiológico de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 en pastoreo. Los resultados mostraron que el área resultó ser homogénea, y se determinó que 15 muestras (macollas como unidades experimentales) son suficientes para indicar con precisión el comportamiento de los indicadores en la población estudiada (Fortes *et al.* 2007).

Table 2. Distribution of rest cycles during the experiment

Rest cycles	Date	Duration, days
Cycle 1	December 2006- March 2007	90
Cycle 2	March-May 2007	60
Cycle 3	May-July 2007	45
Cycle 4	August- November 2007	105

**Procedure.** A paddock of 0.75 ha was integrated to the technology of biomass banks (Martínez and Herrera 2006). Fifteen samples (tillers as experimental units) were selected, at the previously mentioned regrowth ages for each grazing cycle. Tillers were always divided into residue (rejection with their new growth) and regrowth (tiller). Then, they were separated into leaf, stem and dead material (DM) of the residue, and leaf and stem of the regrowth.

For chemical analysis, samples were dried at 60 °C in a Memmert air circulation oven and ground in a hammer mill (Culatte typs MFC) with a 1 mm diameter sieve, packed in hermetically sealed glass flasks and stored at room temperature until their processing.

Contents of ash, nitrogen (N), calcium (Ca), phosphorus (P) and magnesium (Mg) were determined according to the methodology described by the AOAC (2016).

**Statistical analysis.** Analysis of variance was carried out according to completely randomized design and Duncan (1955) test was used for the comparison of means in the necessary cases. All analyzes were performed by duplicate per treatment. For data processing, the statistical package IBM-SPSS, version 22 (2013) was used.

## Results and Discussion

Table 3 shows ash contents for all grazing cycles during the evaluation year. Differences ( $P < 0.01$ ) were observed among regrowth ages for leaves and stems of tillers and residue, except in the leaves of tillers of grazing cycle three. Ashes of leaves were generally higher than stems, and the values ranged

**Procedimiento.** Se utilizó un cuartón de 0.75 ha integrado a la tecnología de bancos de biomasa (Martínez y Herrera 2006). Se seleccionaron 15 muestras (macollas como unidades experimentales) a las edades de rebrote antes mencionadas para cada ciclo de pastoreo. Las macollas se separaron siempre en residuo (rechazo con su nuevo crecimiento) y rebrote (hijos basales). Luego se fraccionaron en hoja, tallo y material muerto (MM) del residuo y hoja y tallo del rebrote.

Para el análisis químico las muestras fueron secadas a 60 °C en estufa de circulación de aire marca Memmert y molidas en un molino de martillo (Culatte typs MFC) con tamiz de 1 mm de diámetro, se envasaron en frascos de cristal herméticamente cerrados y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su procesamiento.

Se determinaron los contenidos de cenizas, nitrógeno (N), calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) según la metodología descrita por la AOAC (2016).

**Análisis estadístico.** Se efectuó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado y se empleó la dócima de Duncan (1955) para la comparación de las medias en los casos necesarios, todos los análisis se realizaron por duplicado por tratamiento. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico IBM-SPSS, Versión 22 (2013).

## Resultados y discusión

En la tabla 3 aparecen los contenidos de cenizas para todos los ciclos de pastoreo durante el año de evaluación. Se observaron diferencias ( $P < 0.01$ ) entre edades de rebrote tanto para las hojas como los tallos de los hijos basales y del residuo; excepto en las hojas de los hijos basales del ciclo tres de pastoreo. Las cenizas de las hojas

between 3.89 % and 15.41 %. Herrera *et al.* (2002), when studying this indicator in CT-115 under grazing conditions, found higher ash contents in leaves than in stems and varied between 8-9 % and from 4.5 to 7%, respectively. On the other hand, Valenciaga *et al.* (2001) reported lower values of 4.01 % in leaves and higher, in stem, of 7.04 %, which could be due to the different management conditions.

generalmente fueron superiores a los tallos, y los valores oscilaron entre 3.89 % y 15.41%. Herrera *et al.* (2002) al estudiar este indicador en el CT-115 en condiciones de pastoreo encontraron mayores contenidos de cenizas en las hojas que los tallos y variaron entre 8-9 % y desde 4.5 hasta 7 %, respectivamente. Por su parte, Valenciaga *et al.* (2001) encontraron valores inferiores en las hojas de 4.01 % y superiores en el tallo de 7.04 %, lo cual podría

Table 3. Contents of ash (%) in *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115

Age, Days	Cycle 1 (December-March)			
	Tillers		Residue	
	Ash leaf	Ash stem	Ash leaf	Ash stem
0	-	-	12.97 <sup>ab</sup>	4.02 <sup>ab</sup>
15	9.57 <sup>a</sup>	5.10 <sup>a</sup>	12.34 <sup>a</sup>	3.89 <sup>a</sup>
30	8.94 <sup>ab</sup>	8.62 <sup>bc</sup>	12.29 <sup>a</sup>	4.94 <sup>ab</sup>
45	8.76 <sup>ab</sup>	8.16 <sup>bc</sup>	12.37 <sup>a</sup>	4.45 <sup>ab</sup>
60	8.44 <sup>b</sup>	8.94 <sup>c</sup>	12.50 <sup>a</sup>	4.89 <sup>ab</sup>
75	8.56 <sup>b</sup>	8.30 <sup>c</sup>	14.21 <sup>b</sup>	5.25 <sup>b</sup>
90	8.52 <sup>b</sup>	6.95 <sup>ab</sup>	12.77 <sup>a</sup>	4.69 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.23 <sup>***</sup>	0.28 <sup>***</sup>	0.35 <sup>***</sup>	0.21 <sup>***</sup>
Cycle 2 (March-May)				
0	-	-	11.33 <sup>a</sup>	6.35 <sup>a</sup>
15	-	-	11.83 <sup>ab</sup>	6.32 <sup>a</sup>
30	10.52 <sup>a</sup>	5.02 <sup>a</sup>	12.49 <sup>bc</sup>	5.43 <sup>b</sup>
45	10.25 <sup>ab</sup>	9.34 <sup>b</sup>	12.78 <sup>c</sup>	5.50 <sup>b</sup>
60	8.96 <sup>b</sup>	10.34 <sup>b</sup>	11.96 <sup>abc</sup>	5.67 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.14 <sup>***</sup>	0.20 <sup>***</sup>	0.18 <sup>**</sup>	0.17 <sup>**</sup>
Cycle 3 (May-July)				
0	-	-	-	4.47 <sup>a</sup>
15	12.05	5.37 <sup>a</sup>	13.77 <sup>a</sup>	5.00 <sup>ab</sup>
30	12.33	6.17 <sup>a</sup>	14.03 <sup>ab</sup>	6.11 <sup>bc</sup>
45	11.89	8.27 <sup>b</sup>	15.12 <sup>bc</sup>	6.25 <sup>c</sup>
60	11.25	7.65 <sup>b</sup>	15.35 <sup>c</sup>	6.53 <sup>c</sup>
SE±/Sign.	0.34	0.30 <sup>**</sup>	0.23 <sup>**</sup>	0.25 <sup>**</sup>
Cycle 4 (August-November)				
0	-	-	15.41 <sup>a</sup>	5.48 <sup>abc</sup>
15	11.52 <sup>ab</sup>	5.85 <sup>ab</sup>	14.27 <sup>ab</sup>	6.71 <sup>a</sup>
30	12.08 <sup>b</sup>	8.13 <sup>bc</sup>	13.85 <sup>ab</sup>	6.16 <sup>ab</sup>
45	11.53 <sup>ab</sup>	9.25 <sup>c</sup>	13.13 <sup>b</sup>	6.64 <sup>a</sup>
60	12.30 <sup>b</sup>	7.07 <sup>abc</sup>	14.67 <sup>ab</sup>	4.58 <sup>bc</sup>
75	10.17 <sup>a</sup>	4.34 <sup>a</sup>	13.91 <sup>ab</sup>	4.11 <sup>c</sup>
90	11.15 <sup>ab</sup>	5.65 <sup>ab</sup>	12.91 <sup>b</sup>	4.91 <sup>abc</sup>
105	11.16 <sup>ab</sup>	5.32 <sup>ab</sup>	13.50 <sup>ab</sup>	4.65 <sup>bc</sup>
EE±/Sign.	0.25 <sup>***</sup>	0.43 <sup>***</sup>	0.32 <sup>***</sup>	0.26 <sup>***</sup>

<sup>abc</sup> Values with different letters per column differ at P < 0.05 (Duncan 1955)

\*\*\*P < 0.001      \*\* P < 0.01

On the other hand, Valenciaga *et al.* (2009) found ash values in *C. purpureus* cv. Cuba CT-115 that increased with age, up to 12.64 % for 140 days of regrowth. However, in this study, the contents

deberse a las diferentes condiciones de manejo utilizadas.

Por otra parte, Valenciaga *et al.* (2009) encontraron valores de cenizas en *C. purpureus* cv. Cuba CT-115 que se incrementaron con la edad, hasta 12.64 % para 140 días

were higher than those reported by these authors and the performance with age was variable. On the other hand, Correa *et al.* (2016) obtained higher ash content in Kikuyo grass at 45 days than at 80 days of regrowth; while Kozloski *et al.* (2005), in samples of *C. purpureus* cv. Mott harvested between 30 and 90 days of regrowth, did not find large differences in this indicator.

Figure 2 shows nitrogen contents for all studied grazing cycles. Nitrogen had higher value in leaves than in stems in tillers and in the residue. Nitrogen content had a tendency of reduction with age in the plant.

de rebrote. Sin embargo, en este trabajo los contenidos fueron superiores a los reportados por estos autores y el comportamiento con la edad fue variable. Por su parte, Correa *et al.* (2016) obtuvieron en pasto kikuyo mayores contenidos de cenizas a los 45 días que a los 80 días de rebrote; mientras que Kozloski *et al.* (2005) en muestras de *C. purpureus* vc. Mott cosechado entre 30 y 90 días de rebrote no encontraron grandes diferencias en este indicador.

En la figura 2 aparecen los contenidos de nitrógeno para todos los ciclos de pastoreo estudiados. El nitrógeno tuvo mayor valor en hojas que en tallos tanto en hijos basales como en el residuo. El contenido de nitrógeno tuvo una tendencia de reducción en la planta con la edad.

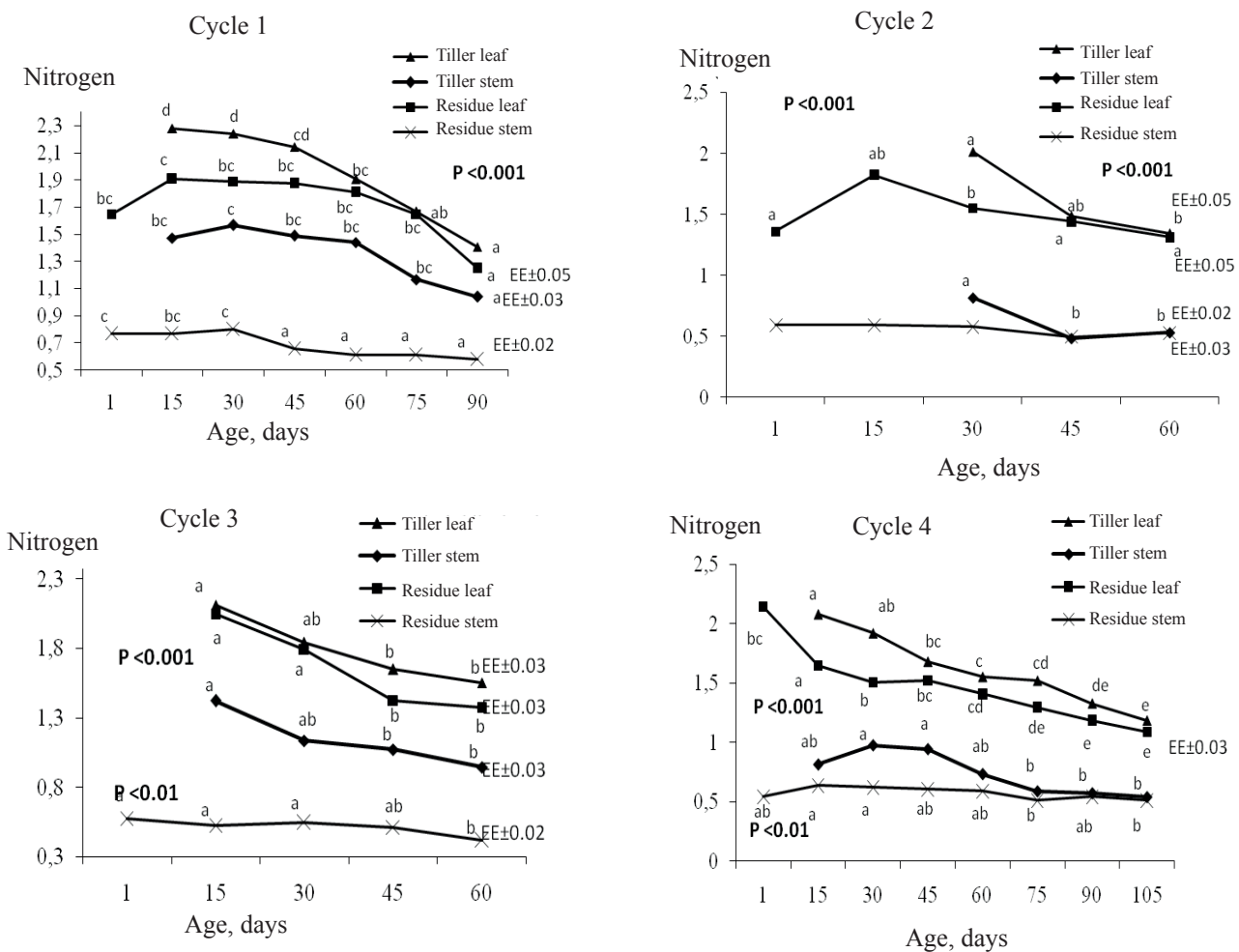


Figure 2. Nitrogen content (%) of *C. purpureus* cv. Cuba CT-115

This occurs because this nutrient has greater importance in the younger parts. Its absorption gradually decreases when the plant physiologically ages or reaches maturity. Gándara *et al.* (2017) also found reductions in nitrogen and protein with grass age. In this sense, Pérez *et al.* (2004) state that nitrogen content in plants decreases during growth, and has a high correlation with the accumulation of dry matter, more than other indicators and for any growth stage and regrowth age. These authors found reductions in N contents in *Brachiaria* híbrido leaves as the age of the plant progressed.

Esto ocurre porque este nutriente es de mayor importancia en las partes más jóvenes. Su absorción es cada vez menor cuando fisiológicamente la planta envejece o llega a su estado de madurez. Gándara *et al.* (2017) también encontró reducciones del nitrógeno y la proteína con la edad del pasto. En este sentido, Pérez *et al.* (2004) afirman que el contenido de nitrógeno en las plantas disminuye durante el crecimiento, y presenta una alta correlación con la acumulación de materia seca, más que otros indicadores y para cualquier estadio de crecimiento y edad de rebrote, estos autores encontraron reducciones de los contenidos de N en hojas de *Brachiaria*

Table 4 shows calcium contents in the four grazing cycles of the technology. In all cases, differences ( $P < 0.05$ ) were observed with regrowth age, in leaves and stems, except in the leaf of residue of grazing cycle one, the values ranged between 0.30 and 0.83 % of DM. Despite the significant differences found among ages, their variation was in a narrow range. In this sense, Valenciaga *et al.* (2009) found no differences among regrowth ages for this indicator in Cuba CT-115. Calcium contents were always superior in sheets at 0.30 % of DM, level established by Cunha and Mc Dowell (2012) as critical for the animal feeding. Similar results were reported by Clavero *et al.* (1994).

Values of calcium contents found in the leaf were

híbrido en la medida que avanzó la edad de la planta.

En la tabla 4 aparecen los contenidos de calcio en los cuatro ciclos de pastoreo de la tecnología. En todos los casos se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) con la edad de rebrote, tanto en las hojas como en tallos, excepto en la hoja del residuo del ciclo uno de pastoreo, los valores oscilaron entre 0.30 y 0.83 % de la MS. A pesar de las diferencias significativas encontradas entre edades, la variación entre ellas estuvo en un rango estrecho. En este sentido, Valenciaga *et al.* (2009) no encontraron diferencias entre edades de rebrote para este indicador en el Cuba CT-115. Los contenidos de calcio siempre fueron superiores en hojas a 0.30 % de la MS, nivel establecido por Cunha y Mc Dowell (2012) como crítico

Table 4. Calcium content (%) in leaves and stems of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115

Age, days	Cycle 1 (December-March)			
	Tillers		Residue	
	Ca Leaf	Ca Stem	Ca Leaf	Ca Stem
0	-	-	0.79	0.50 <sup>a</sup>
15	0.65 <sup>ab</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.82	0.54 <sup>ab</sup>
30	0.69 <sup>bc</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.82	0.62 <sup>c</sup>
45	0.70 <sup>c</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.83	0.58 <sup>bc</sup>
60	0.64 <sup>a</sup>	0.58 <sup>b</sup>	0.82	0.60 <sup>bc</sup>
75	0.65 <sup>ab</sup>	0.53 <sup>b</sup>	0.79	0.64 <sup>c</sup>
90	0.64 <sup>a</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.82	0.65 <sup>c</sup>
SE±/Sign.	0.01 <sup>***</sup>	0.01 <sup>***</sup>	0.01	0.01 <sup>***</sup>
Cycle 2 (March-May)				
0	-	-	0.41 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>
15	-	-	0.42 <sup>a</sup>	0.40 <sup>c</sup>
30	0.50 <sup>a</sup>	0.32 <sup>ab</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.36 <sup>ab</sup>
45	0.63 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.34 <sup>a</sup>
60	0.62 <sup>b</sup>	0.38 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.371 <sup>bc</sup>
SE±/Sign.	0.01 <sup>***</sup>	0.01 <sup>***</sup>	0.004 <sup>***</sup>	0.01 <sup>**</sup>
Cycle 3 (May-July)				
0	-	-	-	0.37 <sup>ab</sup>
15	0.63 <sup>a</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.48 <sup>a</sup>	0.39 <sup>b</sup>
30	0.63 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.46 <sup>a</sup>	0.34 <sup>ab</sup>
45	0.57 <sup>b</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.31 <sup>a</sup>
60	0.49 <sup>c</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.40 <sup>b</sup>	0.36 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.01 <sup>***</sup>	0.01 <sup>**</sup>	0.01 <sup>**</sup>	0.01 <sup>***</sup>
Cycle 4 (August-November)				
0	-	-	0.60 <sup>ab</sup>	0.38 <sup>a</sup>
15	0.52 <sup>a</sup>	0.35 <sup>ab</sup>	0.62 <sup>b</sup>	0.36 <sup>ab</sup>
30	0.54 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.62 <sup>b</sup>	0.37 <sup>a</sup>
45	0.55 <sup>ab</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.36 <sup>ab</sup>
60	0.51 <sup>a</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.30 <sup>bc</sup>
75	0.61 <sup>b</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.30 <sup>c</sup>
90	0.54 <sup>a</sup>	0.32 <sup>ab</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.33 <sup>abc</sup>
105	0.52 <sup>a</sup>	0.33 <sup>ab</sup>	0.62 <sup>b</sup>	0.31 <sup>bc</sup>
SE±/Sign.	0.01 <sup>***</sup>	0.01 <sup>**</sup>	0.01 <sup>*</sup>	0.01 <sup>**</sup>

<sup>abc</sup> Values with different letters per column differ at  $P < 0.05$  (Duncan 1955)

\*\*\* $P < 0.001$     \*\* $P < 0.01$     \*  $P < 0.05$

always higher than in the stems. Similar results to these were reported by Herrera *et al.* (2008) for all the studied *Cenchrus* varieties including that of this study. This performance is contradictory, taking into account that calcium plays an important role as a cementing element in the cell wall and it is precisely in the leaves, where the lowest cell wall content is found.

For all grazing cycles, phosphorus contents (table 5) showed differences ( $P < 0.05$ ) of this indicator with regrowth age. In the leaves, phosphorus contents showed a reduction ( $P < 0.01$ ) with the age of the plant, except for grazing cycle one, values ranged between 0.17 and 0.43% of DM. In the case of stems, there was no fixed

para la alimentación animal. Resultados similares fueron reportados por Clavero *et al.* (1994).

Los valores de los contenidos de calcio encontrados en hoja siempre fueron superiores a los tallos. Resultados similares a estos fueron reportados por Herrera *et al.* (2008) para todas las variedades de *Cenchrus* estudiadas incluida la de este estudio. Dicho comportamiento resulta contradictorio si se tiene en cuenta que el calcio desempeña un importante papel como elemento cementante en la pared celular y es precisamente en las hojas, donde se encuentra el menor contenido de pared celular.

Para todos los ciclos de pastoreo los contenidos de fósforo (tabla 5) mostraron diferencias ( $P < 0.05$ ) de

Table 5. Phosphorus content (%) in leaves and stems of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115

Age, days	Cycle 1 (December-March)			
	Tillers		Residue	
	P Leaf	P Stem	P Leaf	P Stem
0	-	-	0.24abc	0.19 <sup>a</sup>
15	0.24 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.26 <sup>c</sup>	0.23 <sup>ab</sup>
30	0.21 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.21 <sup>ab</sup>
45	0.21 <sup>a</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>ab</sup>
60	0.26 <sup>b</sup>	0.25 <sup>c</sup>	0.25 <sup>bc</sup>	0.24 <sup>b</sup>
75	0.23 <sup>a</sup>	0.25 <sup>bc</sup>	0.24 <sup>abc</sup>	0.22 <sup>ab</sup>
90	0.23 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>bc</sup>	0.25 <sup>bc</sup>	0.21 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.01***	0.01***	0.01***	0.01***
Age, days	Cycle 2 (March-May)			
	Tillers		Residue	
	P Leaf	P Stem	P Leaf	P Stem
0	-	-	0.33 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>
15	-	-	0.28 <sup>c</sup>	0.17 <sup>b</sup>
30	0.35 <sup>a</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.29 <sup>c</sup>	0.24 <sup>ab</sup>
45	0.27 <sup>b</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.32 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>
60	0.25 <sup>b</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.30 <sup>bc</sup>	0.24 <sup>b</sup>
SE±/Sign.	0.01***	0.01*	0.01**	0.01**
Age, days	Cycle 3 (May-July)			
	Tillers		Residue	
	P Leaf	P Stem	P Leaf	P Stem
0	-	-	-	0.19 <sup>ab</sup>
15	0.32 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>
30	0.33 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	0.34 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>b</sup>
45	0.27 <sup>b</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.26 <sup>bc</sup>	0.18 <sup>a</sup>
60	0.24 <sup>b</sup>	0.24 <sup>b</sup>	0.24 <sup>c</sup>	0.20 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.01**	0.01**	0.01***	0.01**
Age, days	Cycle 4 (August-November)			
	Tillers		Residue	
	P Leaf	P Stem	P Leaf	P Stem
0	-	-	0.23 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>ab</sup>
15	0.24 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.15 <sup>a</sup>
30	0.23 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>ab</sup>
45	0.23 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.21 <sup>abc</sup>	0.19 <sup>ab</sup>
60	0.23 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.22 <sup>abc</sup>	0.21 <sup>b</sup>
75	0.20 <sup>b</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.19 <sup>bc</sup>	0.17 <sup>ab</sup>
90	0.21 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.18 <sup>ab</sup>
105	0.20 <sup>b</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>bc</sup>	0.20 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.01**	0.01**	0.01***	0.01***

<sup>abc</sup>Values with different letters per column differ at  $P < 0.05$  (Duncan 1955). \*\*\* $P < 0.001$  \*\* $P < 0.01$  \*  $P < 0.05$

tendency to increase or decrease with age, but in all cases the contents were variable and ranged between 0.15 and 0.26 % of DM. In the literature, reductions of this element are reported with the age of the plant (Santiago *et al.* 2016) However, in this study, the performance was variable.

Leaves had higher phosphorus values than stems in general. This performance is logical taking into account the multiple functions that this element develops in plant metabolism, since it is part of a wide range of molecules such as phosphate sugars, nucleic acids, coenzymes, and some others, in addition to controlling different metabolic processes that occur primarily in the leaves (Gardner *et al.* 2017 and Malhotra *et al.* 2018).

Phosphorus requirements for optimal plant growth are in the range of 0.3 to 0.5 % of dry matter for the period of plant growth according to Vistoso *et al.* (2017). However, Epstein and Bloom (2005), as well as Dominguez *et al.* (2012) consider that a content superior to 0.2 % in the dry mass constitutes an adequate tissue level of phosphorus in plants. Taking this into consideration for some regrowth ages, phosphorus was below the appropriate levels for the metabolism so it could be suggested the use of phosphorus fertilization to the soil to fulfill this deficiency in the plant. For animal feed, values lower than 0.25 % of DM are considered as critical level (Cunha and Mc Dowell 2012). In some grazing cycles, values below this were found, so it is possible that some type of supplementation is needed in animals to cover this deficit.

Magnesium contents were always higher in leaves than in stems (table 6). Chloroplasts of plants are rich in Mg because the main function of this element is its role as a central atom of chlorophyll molecule present mainly in leaves (Basantes 2016 and Chen *et al.* 2018). Values were between 0.25 and 0.52 % for the leaves and 0.16 and 0.30 % for the stems. According to Torres (1999), contents of 0.2 % of magnesium in dry matter are considered acceptable concentrations of this element for the good physiological functioning of the plant. For this reason, concentrations found in this study, in some cases, are below those required by the plant, although the difference between the requirements and the found Mg contents is very low.

On the other hand, Cunha and Mc Dowell (2012) considered 0.20 % of DM as a critical level for animal feed, so that for some ages of the plant, the results were below this value.

It is concluded that contents of ash, calcium, phosphorus and magnesium had a variable performance with the regrowth age for all grazing cycles of biomass bank technology. Nitrogen content was reduced with the age of regrowth in all the fractions of the plant studied. The studied indicators had higher values in leaves than

este indicador con la edad de rebrote. En las hojas, los contenidos de fósforo mostraron una reducción ( $P < 0.01$ ) con la edad de la planta, excepto para el ciclo uno de pastoreo, los valores oscilaron entre 0.17 y 0.43 % de la MS. En el caso de los tallos, no hubo una tendencia fija a incrementarse o reducirse con la edad sino que en todos los casos los tenores fueron variables y oscilaron entre 0.15 y 0.26% de la MS. En la literatura se reportan reducciones de este elemento con la edad de la planta (Santiago *et al.* 2016), sin embargo en este trabajo el comportamiento fue variable.

Las hojas presentaron mayores valores de fósforo que los tallos de forma general. Este comportamiento resulta lógico si tenemos en cuenta las múltiples funciones que desarrolla este elemento en el metabolismo vegetal, ya que forma parte de una amplia gama de moléculas como azúcares fosfatos, ácidos nucleicos, coenzimas, entre otras, además de que controla diferentes procesos metabólicos que ocurren fundamentalmente en las hojas de la planta (Gardner *et al.* 2017 y Malhotra *et al.* 2018).

Los requerimientos de fósforo para el óptimo crecimiento de las plantas están en el rango de 0.3 a 0.5 % de la materia seca para el periodo de crecimiento vegetativo según Vistoso *et al.* (2017). Sin embargo, Epstein y Bloom (2005), así como Domínguez *et al.* (2012) consideran que un contenido superior a 0.2 % de la masa seca constituye un nivel tisular adecuado de fósforo en las plantas. Teniendo esto en consideración para algunas edades de rebrote el fósforo estuvo por debajo de los niveles adecuados para el metabolismo por lo que se podría sugerir el uso de fertilización fosfórica al suelo para suplir esta deficiencia en la planta. Para la alimentación animal se considera como nivel crítico valores inferiores a 0.25 % de la MS (Cunha y Mc Dowell 2012), en algunos ciclos de pastoreo se encontraron valores inferiores a este, por lo que es posible que se necesite algún tipo de suplementación en los animales para cubrir este déficit.

Los contenidos de magnesio siempre fueron superiores en las hojas que en los tallos (tabla 6). Los cloroplastos de las plantas son ricos en Mg pues la principal función de este elemento, es su rol como átomo central de la molécula de clorofila presente fundamentalmente en las hojas de las plantas (Basantes 2016 y Chen *et al.* 2018). Los valores estuvieron entre 0.25 y 0.52 % para las hojas y 0.16 y 0.30 % para los tallos. Según Torres (1999) contenidos de 0.2 % de magnesio en la MS se consideran concentraciones aceptables de este elemento para el buen funcionamiento fisiológico de la planta. Por tal motivo, las concentraciones encontradas en el trabajo en algunos casos están por debajo de las necesarias por la planta, aunque la diferencia entre los requerimientos y los contenidos de Mg encontrados es muy baja.

Por su parte, Cunha y Mc Dowell (2012) consideran como nivel crítico para la alimentación animal 0.20 % de la MS, por lo que también para algunas edades de la planta los resultados fueron inferiores a este valor.

Se concluye que los contenidos de cenizas, calcio, fósforo y magnesio tuvieron un comportamiento variable



Table 6. Magnesium content (%) in leaves and stems of *C. purpureus* cv. Cuba CT-115

Age, days	Cycle 1 (December-March)			
	Tillers		Residue	
	Mg Leaf	Mg Stem	Mg Leaf	Mg Stem
0	-	-	0.40 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>
15	0.33 <sup>bc</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.22 <sup>a</sup>
30	0.35 <sup>c</sup>	0.36 <sup>c</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.26 <sup>ab</sup>
45	0.37 <sup>c</sup>	0.36 <sup>c</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.30 <sup>b</sup>
60	0.26 <sup>a</sup>	0.29 <sup>ab</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.25 <sup>a</sup>
75	0.27 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.25 <sup>a</sup>
90	0.25 <sup>a</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.26 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.01***	0.01***	0.01***	0.01***
Age, days	Cycle 2 (March-May)			
	Tillers		Residue	
	Mg Leaf	Mg Stem	Mg Leaf	Mg Stem
0	-	-	0.28 <sup>ab</sup>	0.26 <sup>bc</sup>
15	-	-	0.29 <sup>abc</sup>	0.28 <sup>c</sup>
30	0.32 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>	0.28 <sup>c</sup>
45	0.42 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.30 <sup>bc</sup>	0.20 <sup>a</sup>
60	0.49 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.31 <sup>c</sup>	0.22 <sup>ab</sup>
SE±/Sign.	0.04*	0.01**	0.01*	0.01**
Age, days	Cycle 3 (May-July)			
	Tillers		Residue	
	Mg Leaf	Mg Stem	Mg Leaf	Mg Stem
0	-	-	-	0.24 <sup>a</sup>
15	0.50 <sup>a</sup>	0.27 <sup>ab</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.25 <sup>ab</sup>
30	0.48 <sup>a</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.39 <sup>a</sup>	0.26 <sup>ab</sup>
45	0.29 <sup>b</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.26 <sup>b</sup>
60	0.30 <sup>b</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.24 <sup>b</sup>
SE±/Sign.	0.01***	0.01**	0.01***	0.01*
Age, days	Cycle 4 (August-November)			
	Tillers		Residue	
	Mg Leaf	Mg Stem	Mg Leaf	Mg Stem
0	-	-	0.29 <sup>a</sup>	0.23 <sup>abc</sup>
15	0.30 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>bc</sup>
30	0.33 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>abc</sup>
45	0.34 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.25 <sup>c</sup>
60	0.32 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>abc</sup>
75	0.34 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>abc</sup>
90	0.35 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.17 <sup>ab</sup>
105	0.37 <sup>b</sup>	0.16 <sup>a</sup>	0.38 <sup>b</sup>	0.16 <sup>a</sup>
SE±/Sign.	0.01***	0.01***	0.01***	0.02**

<sup>abc</sup> Values with different letters per column differ at P < 0.05 (Duncan 1955)

\*\*\*P < 0.001    \*\*P < 0.01    \*P < 0.05

in stems for tillers and residue with their new growth. Phosphorus and magnesium contents found in leaves and stems for some regrowth ages were lower than those required for proper growth and development of the grass, so the use of maintenance fertilization might be necessary. It is recommended to use these results to design other management options.

con la edad de rebrote para todos los ciclos de pastoreo de la tecnología de banco de biomasa. El contenido de nitrógeno se redujo con la edad de rebrote en todas las fracciones de la planta estudiadas. Los indicadores estudiados tuvieron valores superiores en hojas que en tallos tanto para los hijos basales como para el residuo con su nuevo crecimiento. Los contenidos de fósforo y magnesio encontrados tanto en hojas como en tallos para algunas edades de rebrote fueron inferiores a los requeridas para el adecuado crecimiento y desarrollo de la gramínea, por lo que podría ser necesaria la utilización de fertilización de mantenimiento. Se recomienda usar estos resultados para diseñar otras opciones de manejo.

## References

- Anon. 1989. Atlas Nacional de Cuba. (Ed). Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. Impreso por el Instituto Geográfico Nacional de España.
- 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: October 13, 2017].
- Basantes, E.R. 2016. Silvicultura y fisiología vegetal aplicada. David Andrade Aguirre (Ed.). Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Primera edición. ISBN: 978-9978-301-36-4. 439 p.
- Bloom, A.J. & Smith, S. 2014. Mineral Nutrition. In: Plant Physiology and Development. Sixth Edition. Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger, Ian Max Moller and Angus Murphy (Eds). Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA. ISBN: 978-1-60535-255-8. 761p.
- Chen, Z. C., Peng, W. T., Li, J., & Liao, H. 2018. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 74(1): 142–152. doi:10.1016/j.semcdb.2017.08.005
- Clavero, T., Ferrer, O. & Pérez, J. 1994. Contenido mineral del pasto elefante enano (*Cenchrus purpureus* cv. Mott.) bajo diferentes condiciones de defoliación. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 11: 355-364. ISSN 0378-7818.
- Correa, H.J., Jaimes, L.J., Avellaneda, J.H., Pabón, M.L. & Carulla & J.E. 2016. Efecto de la edad de rebrote del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *Livestock Research for Rural Development* 28 (3). ISSN: 0121-3784.
- Crespo, G & Martínez, R.O. 2016. Study of the chemical soil fertility in the biomass bank technology of *Cenchrus purpureus* Schum cv. CUBA CT-115 with different exploitation years. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 50th Anniversary. 50(2): 497.
- Cunha, T. J. and McDowell, L. R. 2012. Nutrition of Ruminants in warm climates. Academic Press, New York. 443p.
- Domínguez, T.G., R.G. Ramírez, A.E. Estrada, L.M. Scott, H. González, & M.D.S. Alvarado. 2012. Importancia nutricional en plantas forrajeras del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL* 15(59):77-93. ISSN 2007-1175.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11(1): 1-42
- Epstein, E. & Bloom, A.J., 2005. Mineral Nutrition of plants: principles and perspectives, 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland. ISBN 0878931724.
- Fortes, D. 2013. Comportamiento de algunos indicadores morfofisiológicos y de calidad de *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. PhD Thesis. UNAH, Mayabeque, Cuba. 100 p.
- Fortes, D., Herrera, R.S., Torres, V., García, M., Cruz, A.M., Romero, A., Noda, A. & González, S. 2007. Determination of a sampling method for the morphophysiological study of grazing *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 41(4): 359-364.
- French, K.E. 2017. Species composition determines forage quality and medicinal value of high diversity grasslands in lowland England. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 241: 193–204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.012>.
- Gándara, L., Borrajo, C.I., Fernández, J.A. & Pereira, M. 2017. Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad del rebrote sobre el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. "Marandú". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(1): 69. ISSN: 0370-4661.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B. & Mitchell, R. L. 2017. Physiology of crop plants. F. P. Gardner, R. B. and R. L. Mitchell.(Eds) Second Edition. 327 pp. ISBN: 9788172336622.
- Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. & Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ed. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. ISBN 978-959-7023-77-7. 93p.
- Herrera, R.S., Martínez, R.O., Tuero, R., García, M. & Cruz, A.M. 2002. Movement of substances during grazing and regrowth of the clone CUBA CT-115 (*Cenchrus purpureus* sp). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 36 (4): 403-407.
- Herrera, R.S., Fortes, D., García, M., Cruz, A.M. & Romero A. 2008. Study of the mineral composition in varieties of *Cenchrus purpureus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 42(4): 393-398.
- IBM-SPSS. 2013. Software for Window, IBM® SPSS Statistics, version 22.0, INC., Chicago, IL USA.
- Kozloski, G. V., Perotoni, J. & Sanchez, L. M. B. 2005. Influence of regrowth age on the nutritive value of dwarf elephant grass hay (*Cenchrus purpureus* Schum. cv. Mott) consumed by lambs. *Animal Feed Science and Technology* 119(1-2):1–11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.006>.
- Malhotra, H., Vandana, Sharma, S., & Pandey, R. 2018. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. In: Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. Hasanuzzaman M., Fujita M., Oku H., Nahar K. y Hawrylak-Nowak B. (Eds). Springer, Singapore. p. 171–190. doi:10.1007/978-981-10-9044-8\_7. ISBN: 978-981-10-9043-1.
- Martínez, R.O. & Herrera, R.S. 2006. Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. En: Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. Eds. M.E. Velasco, A. Hernández, R.A. Perezgrovas y B. Sánchez. Universidad Autónoma de Chiapas, p 75-97.
- Oniani, O. G. 1964. Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de suelo Krasnozen y Podsólicos en Georgia. *Agrojima* 6:25.
- Paneque, V. 1965. Manual de prácticas de suelo. Universidad de la Habana. p. 25.
- Pérez, J.A., García, E., Enríquez, J.F., Quero, A.R., Pérez, J. & Hernández, A. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Téc Pecuaria Méx.* 42: 447.
- Rogóż, A. & Tabak, M. 2017. Content of macroelements in pasture sward and their effect on the fodder value. In: VIII International Scientific Conference. Toxic Substances in the Environment. Edited by: Tomáš Lošák, Monika Tabak, Dawid Tabak, Jacek Antonkiewicz. Krakow, Poland, 14-15 September 2017. ISBN: 978-83-948965-0-8.
- Santiago, I., Lara, A., Miranda, L.A., Huerta, M., Krishnamurthy, L. & Muñoz-González, J.C. 2016. Chemical and mineral

- composition of leucaena associated with star grass during the rainy season. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.* Núm. 16 p. 3173-3183. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i16.400>.
- Torres, A. 1999. Consideraciones sobre la fisiología de la nutrición mineral en las plantas superiores. Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía.
- Valenciaga, D., Chongo, B. & La O, O. 2001. Characterization of Pennisetum CUBA CT-115 clone. Chemical composition and rumen DM degradability. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 35(4): 325-330.
- Valenciaga, D., Chongo, B., Herrera, R.S., Torres, V., Oramas, A., Cairo, J.G. and Herrera, M. 2009. Effect of regrowth age on the chemical composition of *Cenchrus purpureus* cv. CUBA CT-115. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 43(1): 71-76.
- Villalobos, L. & Sánchez, J. M. 2018. Contenido macro y micromineral del pasto Ryegrass (*Lolium spp.*) en la zona alta de Cartago, Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*. 12(2):1-19. ISSN:2215-3527 / DOI: <https://doi.org/10.15517/nat.v12i2.34927>
- Vistoso G., Erika, Sandaña P. & Iraira, S. 2017. Fertilización fosfatada de praderas en suelos Trumaos de la Región de Los Lagos. Erika Vistoso, Patricio Sandaña y Sergio Iraira (Eds.) Colección de Libros INIA N° 37. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile. ISSN: 0717-4713.124 p.

**Received: February 4, 2019**