

Bromatología de *Brachiaria decumbens* Stapf y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst en suelos sulfatados ácidos en Córdoba, Colombia*

Bromatology of *Brachiaria decumbens* Stapf and *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst in acid sulphate soils in Cordoba, Colombia

Enrique Combatt Caballero^{1§}, Alfredo Jarma Orozco¹ y Elisa Paternina Durango²

¹Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad de Córdoba. Carrera 6, núm 104-79. Tel: (54) 4- 7818056. Montería-Colombia. (jarma@fca.edu.co). ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Córdoba, Montería- Colombia. (emapad@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: ecombatt@fca.edu.co.

Resumen

Los suelos sulfatados ácidos generalmente se caracterizan por poseer altas concentraciones de Al, Fe, y Mn, en los que se aplica cal agrícola para disminuir el efecto fitotóxico de estos elementos y aumentar la disponibilidad de nutrientes como P, Ca, Mg, K y N. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de cal sobre las características bromatológicas en dos especies de gramíneas forrajeras, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst (pasto Estrella) y *Brachiaria decumbens* Stapf, en suelos sulfatados ácidos. Se diseñó un experimento de bloques completamente al azar con estructura de sub-parcelas divididas, donde la parcela principal correspondió a la época (seca o húmeda), la sub-parcela a las especies de pasto y las sub-subparcelas a las dosis de encalamiento (0, 3, 6 y 9 t ha⁻¹ de cal). Los resultados indicaron que en la época húmeda los pastos mantienen similares contenidos de proteína cruda, pero que en época seca, estos niveles se reducen en 20% ($p \leq 0.01$), en *B. decumbens* Stapf respecto al pasto Estrella. La época del año afectó el porcentaje de grasa en ambas especies ($p \leq 0.01$) registrando valores de 1.97% para pasto Estrella y 1.87% para *B. decumbens* Stapf en época húmeda y de 1.96 y 2.64 respectivamente para las mismas especies en época seca. Independientemente de la dosis de carbonato de calcio aplicada, el porcentaje de fibra se aumentó significativamente

Abstract

Acid sulphate soils are generally characterized by having high concentrations of Al, Fe, and Mn, in which is applied agricultural lime to reduce the phytotoxic effects of these elements and increase the availability of nutrients such as P, Ca, Mg, K and N. The aim of the study was to evaluate the effect of different doses of lime on the bromatological characteristics of two species of forage grass, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst (African Bermudagrass) and *Brachiaria decumbens* Stapf in acid sulphate soils. A complete randomized block experiment was designed with a structure of divided sub-plots, where the main plot corresponded to season (dry or wet), the sub-plot to grass species and sub-subplots to lime doses (0, 3, 6 and 9 t ha⁻¹ lime). The results indicated that during the wet season pastures maintain similar crude protein, but in dry season, these levels are reduced by 20% ($p \leq 0.01$) in *B. decumbens* Stapf compared to American bermuda grass. The time of year affects the percentage of fat in both species ($p \leq 0.01$)-recording values of 1.97% recorded for American bermudagrass and 1.87% for *B. decumbens* Stapf in wet season and 1.96 and 2.64 respectively for the same species in the dry season. Regardless of the applied dose of calcium carbonate, the percentage of fiber increased significantly ($p \leq 0.01$) in 4% in both

* Recibido: enero de 2015
Aceptado: mayo de 2015

($p \leq 0.01$) en 4% en las dos especies, respecto al testigo. La cantidad de ceniza con aproximadamente 2% fue mayor en la época húmeda para los dos genotipos ($p \leq 0.05$).

Palabras clave: acidez intercambiable, cal agrícola, cenizas, grasas, neutralización, pasturas.

Introducción

Los forrajes son la base de la alimentación en la producción bovina, por ello el éxito de todo programa de alimentación pecuaria depende del conocimiento que se tenga de la calidad nutricional de los forrajes utilizados en diferentes condiciones edafoclimáticas. En este contexto, en muchas áreas con potencial agrícola en Colombia, están sembradas pasturas en suelos con limitaciones químicas para un normal desarrollo y producción. Es así como los bacines del río Sinú en el departamento de Córdoba se han establecido diferentes pasturas, sin conocer las condiciones físicas y químicas de los suelos y los requerimientos necesarios para un buen desarrollo de las mismas. En estos bacines existen diferentes tipos de suelos y entre ellos, se presentan suelos sulfatados ácidos (SSA) actuales y potenciales, que se han originado como resultado de la implementación de redes de drenaje para la actividad agropecuaria.

En los SSA las principales limitantes químicas son el excesivo contenido de azufre (S) que potencializa la producción de altas concentraciones de ácidos e iones como Al, H, Fe y Mn, que son fitotóxicas para la mayoría de especies cultivables del trópico. Sin embargo, en estas condiciones de alta acidez es común que se presente el establecimiento de diferentes pastos del género *Brachiaria*, por su resistencia a altas concentraciones de Al y Fe, que se generan con la oxidación de la pirita.

En este tipo de suelo se presenta una fuerte acidificación debida a la oxidación de la pirita (Fe_2S), con la consiguiente producción de ácido sulfúrico (H_2SO_4), además, cuando la oxidación progresa, la acidificación influye en el pH y aumenta la solubilidad del Al, Mn y Fe en concentraciones que generalmente son fitotóxicas para las plantas (Demas *et al.*, 2004).

En algunos estudios se ha encontrado que altas concentraciones de Al, S y Fe disminuyen el crecimiento y reducen la asimilación de nutrientes por parte de las raíces de los forrajes, hecho que puede afectar la composición nutricional de los mismos y por ende el aporte nutricional a los bovinos en pastoreo (Demas *et al.*, 2004; Hernández y Castro, 2007).

species compared to the control. The amount of ash about 2% was higher in the wet season for the two genotypes ($p \leq 0.05$).

Keywords: agricultural lime, ash, fats, exchangeable acidity, neutralization, pasture.

Introduction

Pasture is the staple in cattle production, so the success of any animal feeding program depends on the knowledge of the nutritional quality of forages used in different edaphoclimatic conditions. In this context, in many areas with agricultural potential in Colombia, are sown pastures in soils with chemical limitations for normal development and production. Thus, how the basin from Sinu river in the department of Cordoba have established different pastures, without knowing the physical and chemical condition of the soil and necessary requirements for proper development of the same. In this basin are different types of soils including acid sulphate soils (SSA) current and potential that have originated the implementation of a drainage network for agricultural activity.

In SSA the major chemical constraints is the excessive sulfur content (S), which potentiates the production of high concentrations of acids and ions such as Al, H, Fe and Mn, which are phytotoxic to most tropical crop species. However, in these conditions of high acidity is common the establishment of different grasses from the genus *Brachiaria*, for their resistance to high concentrations of Al and Fe, which are generated by the oxidation of pyrite.

In this type of soil there is a strong acidification due to oxidation of pyrite (Fe_2S), with the consequent production of sulfuric acid (H_2SO_4), also when the oxidation progresses, acidification affects pH and increases the solubility of Al, Mn and Fe in concentrations which are generally phytotoxic to plants (Demas *et al.*, 2004).

Some studies have found that high concentrations of Al, S and Fe decrease growth and reduce nutrient uptake by roots of forages, a fact that may affect the nutritional composition of the same and therefore the nutritional contribution to cattle in grazing (Demas *et al.*, 2004; Hernández and Castro, 2007). Under high acidity, the use of chemical amendments like carbonates of Ca and Mg are very useful, since the

En condiciones de alta acidez, el uso de enmiendas químicas como carbonatos de Ca y Mg son de gran utilidad, ya que la aplicación de carbonato de calcio reduce el estrés causado por el Al, al ser neutralizado mediante la precipitación o la insolubilización con los hidroxilos producidos en la disociación del carbonato de calcio y el agua. Algunos autores como Ward *et al.* (2002) consideran que las estrategias para aumentar la producción en suelos ácidos, incluyen la aplicación de cal y la siembra de plantas tolerantes a las condiciones ácidas del suelo. Hernández y Castro (2007) al aplicar carbonato de calcio en suelos sulfatados ácidos, obtuvieron aumentos en rendimientos del cultivo de cebolla en el Departamento de Boyacá (Colombia) e indican que en estas áreas improductivas se obtienen rendimientos aceptables en cultivos comerciales con esta estrategia de manejo.

El género *Brachiaria* tiene características adecuadas de rendimiento, que junto a la capacidad de adaptación a suelos ácidos contribuye a incrementar los rendimientos productivos de la ganadería (Olivera *et al.*, 2008). Alvarado *et al.* (1990) encontraron que *Brachiaria decumbens* Stapf, posee un gran potencial en producción de materia seca y excelentes características adaptativas para suelos pobres de sabanas, determinando contenidos de proteína relativamente altos de 9.4 y 8.8% para 42 y 56 días de edad. Sin embargo, se indica que la calidad nutritiva de un pasto cambia de acuerdo con las condiciones ambientales y del manejo integral que reciban (Miles, 2006).

Pocos trabajos han sido realizados en Colombia sobre el contenido bromatológico de pasturas en condiciones de suelos sulfatados ácidos, no obstante la importancia del tema para ampliación de la frontera agrícola en SSA, además como las investigaciones sobre la adaptación de pasturas a nivel nacional y regional son escasas para estas condiciones, se planteó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis de cal sobre las características bromatológicas de los pastos *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst y *Brachiaria decumbens* Stapf establecidos en suelos sulfatados ácidos.

Materiales y métodos

Localización y variables climatológicas

El trabajo de investigación se realizó en la finca El Deseo, ubicada en el Bajo Sinú, corregimiento Caño Bugre, municipio de Ciénaga de Oro, departamento de Córdoba

application of calcium carbonate reduces the stress caused by Al, neutralizing through precipitation or insolubilization with hydroxyl produced in the dissociation of calcium carbonate and water. Some authors like Ward *et al.* (2002) consider that strategies to increase production on acid soils include the application of lime and planting plants tolerant to acid soil. Hernandez and Castro (2007) by applying calcium carbonate in acid sulphate soils, obtained increases in onion yields in the Department of Boyacá (Colombia) and indicate that in these unproductive areas acceptable yields are obtained in commercial crops with this strategy management.

The genus *Brachiaria* has adequate yield characteristics, which along with the ability to adapt to acid soils contribute to increase livestock production (Olivera *et al.*, 2008). Alvarado *et al.* (1990) found that *Brachiaria decumbens* Stapf has great potential to produce dry matter and excellent adaptive characteristic to poor savanna soils, determining relatively high protein content of 9.4 and 8.8% for 42 and 56 days old. However, it is indicated that the nutritional quality of a pasture changes according to environmental conditions and management (Miles, 2006).

Few studies have been conducted in Colombia on bromatological content of grasses in conditions of acid sulphate soils, despite the importance of the issue for expansion of the agricultural frontier in SSA, as well as research on adaptation of pasture at national and regional levels are rare for these conditions, this research was aimed to evaluate the effect of different doses of lime on the bromatological characteristics of pasture *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst and *Brachiaria decumbens* Stapf established in acid sulphate soils.

Materials and methods

Location and weather variables

The research was conducted in the ranch El Deseo, located in Bajo Sinu, in the township Caño Bugre, municipality of Ciénaga de Oro, Department of Córdoba (Colombia) between 2007 and 2008. The coordinates correspond to 8° 55' 43.3" north latitude and 75° 42' 12.9" west longitude at an average height of 15-18 masl; average annual rainfall 1 200 - 1 250 mm; relative humidity of 85% and average annual temperature of 27.2 °C, Palencia *et al.*, 2006.

(Colombia) entre los años 2007 y 2008. Las coordenadas del sitio corresponden a 8° 55' 43.3'' de latitud norte y 75° 42' 12.9'' de longitud oeste, a una altura promedio de 15 a 18 msnm; precipitación promedio anual de 1 200 a 1 250 mm; humedad relativa de 85% y temperatura media anual de 27.2°C, Palencia *et al.*, 2006.

Identificación y estudio del suelo

Apoyados en trabajos preliminares realizados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2006), se realizó un reconocimiento fisiográfico de la zona y una vez determinadas las diferentes posiciones geográficas, se procedió a coleccionar en cada posición geográfica ocho muestras de suelos a una profundidad de 0 a 30 cm. En estas muestras se evaluaron las características químicas que identifican un SSA como pH < 5, M.O. > 4%, Al > 2 cmol⁺ kg⁻¹ y azufre intercambiable > 500 mg kg⁻¹ en horizontes de diagnóstico.

Con esta evaluación se determinó las áreas afectadas por suelos sulfatados ácidos, seleccionando la finca El Deseo que presentó las características típicas de SSA. En este sitio se excavó una calicata de 1 x 1 x 1 m para su descripción taxonómica y posteriormente fueron coleccionadas muestras de cada horizonte. Los parámetros químicos que se determinaron fueron: acidez (pH), materia orgánica (MO), azufre (S), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), acidez intercambiable (Al+H) y elementos menores según las normas establecidas y aprobadas por el Control Analítico de Laboratorios de Suelos de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo CALS, implementadas por el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad de Córdoba (IGAC, 2006).

Diseño experimental y metodológico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con estructura de sub parcelas divididas, donde las parcelas principal correspondió a las épocas húmeda y seca, las sub-parcelas a los genotipos de pasto *C. nlemfuensis* Vanderyst y *B. decumbens* Stapf, en tanto que las sub-subparcelas estuvieron conformadas por la dosis de cal agrícola de (0, 3, 6 y 9 t ha⁻¹). La cal agrícola utilizada fue CaCO₃ con 90% de pureza.

La preparación del terreno fue la convencional de la zona, con dos pases de rastra pesada y un pase de rastrillo pulidor. El área del experimento fue dividido en cuatro bloques de 5 m x 40 m cada uno separados entre si por 2 m; cada

Identification and study of soil

Supported in preliminary works done by Geographic Institute Agustín Codazzi (IGAC) (2006), a physiographic survey of the area was conducted and once determined the different geographical positions, it was proceeded to collect in each geographical position eight samples of soil to a depth of 0 to 30 cm. In these samples the chemical characteristics that identify a SSA like pH < 5, OM > 4%, Al > 2 cmol⁺ kg⁻¹ and exchangeable sulfur > 500 mg kg⁻¹ in diagnostic horizons were evaluated.

With this evaluation were determined the affected areas by acid sulphate soils, selecting the ranch El Deseo which presented typical characteristics of SSA. On this site a trial pit of 1 x 1 x 1 m for taxonomic description was made and subsequently collected samples of each horizon. Chemical parameters determined were: acidity (pH), organic matter (OM), sulfur (S), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), exchangeable acidity (Al + H) and trace elements according to established and approved policies by the Analytical Control of Laboratories from the Colombian Society of Soil Science CALS, implemented by the Soil and Water Laboratory of the University of Córdoba (IGAC standards, 2006).

Experimental and methodological design

The experimental design was a randomized complete block with split sub-plot structure where the main plots corresponded to the wet and dry seasons, the sub-plots to grass genotypes *C. nlemfuensis* Vanderyst and *B. decumbens* Stapf, while the sub-subplots were constituted by agricultural lime doses (0, 3, 6 and 9 t ha⁻¹). Agricultural lime was CaCO₃ with 90% purity.

Land preparation was the conventional management from the area, with two passes of heavy harrow and a pass of disc harrow. Experimental area was divided into four blocks of 5 x 40m each, separated by 2 m; each block constituted two plots of 5 mx 20 m each for a genotype and each plot consisted of four subplots of 5 mx 5 m where agricultural lime treatments were applied.

The application of lime in each treatment was made by broadcast after the first tillage with heavy harrow, proceeding after to its incorporation with a second tillage. After 30 days from lime application, the grass genotypes

bloque constituyó dos parcelas de 5 m x 20 m cada una para un genotipo y cada parcela estuvo conformada por 4 subparcelas de 5 m x 5 m donde se aplicaron los tratamientos de cal agrícola.

La aplicación de cal en cada tratamiento se realizó al voleo después del primer laboreo con rastra pesada, procediendo después a su incorporación con un segundo laboreo. Una vez transcurrido 30 días de la aplicación de cal se establecieron en campo los genotipos de pasto. Las especies forrajeras se sembraron en junio a una distancia de 50 cm x 50 cm. La fertilización con N, P y K en kg ha⁻¹ se relacionan a continuación: el P en pre siembra incorporado a razón de 46 kg como fosfato diamónico, N como urea en dosis de 92 kg y K como KCl 60 kg.

A los 90 días (época lluviosa) y 150 días (época seca) después del encalado, se colectaron muestras de 1 kg de suelo por cada tratamiento, para determinar el efecto de la cal sobre las variables pH, MO, Ca, Mg, K, Na, (Al+H) y elementos menores por el método del doble ácido; además fueron colectadas muestras de tejido vegetal a una altura de 10 cm de la superficie del suelo, para analizar su composición bromatológica. Las muestras se secaron en estufa con circulación de aire forzado (48 h; 55 °C) y se molieron en molino tipo Willey con malla de 1 mm. Los análisis bromatológicos se realizaron según el método proximal o weende, que utiliza para proteína la NTC - 4 657, grasas NTC- 4 969, fibra NTC- 5 122 y cenizas la NTC - 4 648 (Bernal, 1993).

Variables dependientes

Como variables dependientes se consideraron las características químicas del suelo pH, MO, Ca, Mg, K, Na, (Al+H) en las sub-subparcelas, las características de los componentes bromatológicos de las especies como proteína, grasa, cenizas, fibra y las épocas de muestreo

Variables independientes

Las variables independientes fueron los genotipos forrajeros y los tratamientos de encalado de 0, 3, 6 y 9 t ha⁻¹ de cal agrícola

Procesamiento de datos

Los resultados se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (2007) y cuando se presentaron interacciones se llevaron a cabo comparaciones horizontales y al no

were sown. The forage species were planted in June at a distance of 50 cm x 50 cm. Fertilization with N, P and K in kg ha⁻¹ is listed below: P incorporated in pre seeding at a ratio of 46 kg as diammonium phosphate, N as urea at dose of 92 kg and K as KCL 60 kg.

At 90 days (rainy season) and 150 days (dry season) after liming, samples of 1 kg of soil were collected for each treatment to determine the effect of lime on pH, OM, Ca, Mg, K, Na, (Al + M) and minor elements by the method of double acid; also collected samples of plant tissue at a height of 10 cm from soil surface, to analyze their bromatological composition. The samples were dried in an oven with forced air circulation (48 h; 55 °C) and ground in Willey mill type with 1 mm mesh. The bromatological analyses were performed according to the proximal or weende method that is used for protein NTC-4657, fat NTC 4969, fiber NTC-5122 and ash NTC-4648 (Bernal, 1993).

Dependent variables

As dependent variables the chemical characteristics of the soil pH, OM, Ca, Mg, K, Na, (Al+M) were considered in the sub-subplots, the characteristics of the bromatological components of the species such as protein, fat, ash, fiber and sampling times.

Independent variables

The independent variables were forage genotypes and lime treatments 0, 3, 6 and 9 t ha⁻¹ of agricultural lime.

Data processing

The results were analyzed using the statistical package SAS (2007) and when there were interaction, horizontal comparisons were conducted and when no significant interactions occur, mean comparison using Tukey (0.05%) for season, species or doses were performed.

Results and discussion

Chemical characteristics from the soil

Table 1 shows the results of the chemical analysis before (T₀) and after liming for each treatment (T₀, T₁, T₂ and T₃) in wet and dry season.

presentarse interacciones significativas se realizaron pruebas de comparación de medias usando Tukey (0.05%) para las épocas, especies o dosis.

Resultados y discusión

Características químicas del suelo

El Cuadro 1 muestra los resultados del análisis químico de los suelos del estudio antes (T_0) y después del encalado para cada tratamiento (T_0 , T_1 , T_2 y T_3), en época húmeda y seca.

Las condiciones iniciales del suelo indican que la reacción del suelo (pH), es fuertemente ácido, la materia orgánica se considera alta, el azufre es excesivo y el fósforo medio. El calcio, magnesio y potasio tienen niveles altos y el sodio se presenta en niveles bajos. La acidez intercambiable (Al+H) es excesiva y todos los microelementos se encontraron en altas concentraciones.

Initial soil conditions indicate that ground reaction (pH) is strongly acid, organic matter is considered high, excessive sulfur and phosphorus medium. High levels of calcium, magnesium and potassium; low levels of sodium; exchangeable acidity (Al + H) is excessive and all trace elements were in high concentrations.

pH results determined the soil as strongly acidic and the excessive exchangeable acidity is explained by the large volumes of acidity that is generated by the oxidation of pyrite in drained soils. Under these conditions a larger amount of oxidized pyrite, H_2SO_4 levels increase in the soil, promoting disintegration of silicate clays and formation of salts and oxides. This process causes the release of H and increases the concentration of Mn, Fe and Al in solution, which in high concentrations are phytotoxic to plants (Appleyard *et al.*, 2004; Fanning, 2009).

In the wet season, soil without liming shows a very acid reaction, but tends to decrease the degree of acidity with increasing levels of lime, except T_3 with 9 t ha^{-1}

Cuadro 1. Caracterización química de suelos sulfatados ácidos en Ciénaga de Oro - Córdoba (Colombia), en dos épocas de evaluación y tres niveles de enclamiento.

Table 1. Chemical characterization of acid sulphate soils in Cienaga de Oro - Córdoba (Colombia) in two evaluation periods and three levels of liming.

TTO	pH	MO 1:1 (%)	S (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	Ca (cmol ⁺ kg ⁻¹)	Mg (cmol ⁺ kg ⁻¹)	Na (cmol ⁺ kg ⁻¹)	K (cmol ⁺ kg ⁻¹)	Al+H (cmol ⁺ kg ⁻¹)	CIC (cmol ⁺ kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Época húmeda														
T0	4.97	6.24	1222.2	25.8	16.5	6.5	0.4	0.45	1.00	24.8	0.8	60.0	40.4	3.8
T1	4.83	7.24	955.5	21.2	17.5	7.0	0.8	0.48	0.40	25.8	0.8	34.4	44.4	5.6
T2	4.93	8.28	828.2	20.4	19.0	8.0	0.7	0.52	0.40	28.1	0.8	28.4	36.8	5.2
T3	5.60	7.17	926.5	22.8	26.0	7.5	0.4	0.57	0.01	34.4	0.8	14.0	32.8	2.8
Época seca														
T0	4.67	7.24	1082.2	22.8	17.5	6.5	0.6	0.5	1.30	26.4	0.9	50.0	30.4	4.8
T1	5.09	10.14	1046.9	15.9	24.0	10.0	1.93	0.59	0.20	36.7	0.4	9.6	10.8	1.6
T2	5.44	7.10	878.4	13.2	26.0	11.0	1.26	0.60	0.22	39.1	0.4	5.6	11.2	1.2
T3	5.21	10.15	813.9	13.2	29.0	15.0	1.54	0.68	0.22	46.4	0.4	8.8	10.4	1.6

TTO= tratamientos. T_0 , T_1 , T_2 y T_3 =Tratamientos con 0, 3, 6 y 9 t ha^{-1} respectivamente.

La condición de pH determina el suelo como fuertemente ácido y la excesiva acidez intercambiable, es explicada por los grandes volúmenes de acidez que se genera con la oxidación de la pirita en suelos drenados. En estas condiciones a mayor cantidad de pirita oxidada, se incrementan los niveles de H_2SO_4 en el suelo, promoviendo la desintegración de las arcillas silicatadas y neoformación de sales y óxidos. Este proceso ocasiona la liberación de

of lime (Table 1). This indicates that hydroxides from lime neutralized many of hydrogen and aluminum ions present in the soil solution, which produced a reduction in soil acidity. These results are consistent with studies by Andreotti *et al.* (2001) in which indicate that the beneficial effects of liming in crop development are due to the increase of pH in the soil, reductions in the levels of interchangeable Al and increased levels of Ca and Mg available to plants.

H y eleva la concentración de Mn, Fe y Al en solución, que en altas concentraciones son fitotóxicos a las plantas (Appleyard *et al.*, 2004; Fanning, 2009).

En la época húmeda, el suelo sin encalar muestra una reacción muy ácida, pero con tendencia a disminuir el grado de acidez con el aumento de los niveles de cal aplicado, exceptuando el T3 con 9 t ha⁻¹ de cal (Cuadro 1). Lo anterior indica que los hidróxidos provenientes de la cal neutralizaron gran cantidad de iones de hidrógeno y de aluminio presentes en la solución del suelo, lo cual produjo una disminución de la acidez del suelo. Estos resultados coinciden con estudios realizados por Andreotti *et al.* (2001) en los cuales indican que los efectos benéficos del encalamiento en el desarrollo de los cultivos son debidos a la elevación del pH del suelo, reducciones de los niveles de Al intercambiable y aumento de los niveles de Ca y Mg disponibles para las plantas.

El fósforo, presentó valores medios con tendencia a disminuir con las dosis de cal aplicada, particularmente durante la época seca, lo que demuestra que no se presentó solubilización de este elemento. Esto difiere con otros resultados, donde se determinó que con el aumento de la dosis de cal se incrementa la disponibilidad del fósforo para las plantas (Andreotti *et al.*, 2001). Los resultados observados en el presente estudio, probablemente se deben a que el aumento de la actividad iónica del calcio en la solución, ocasionó la precipitación de este elemento con el fósforo, como fosfato de calcio que es un compuesto insoluble.

El calcio, aumentó con las aplicaciones de cal, lo que demuestra que el producto aplicado se disolvió eficientemente produciendo iones de calcio y bicarbonato. Resultados similares reportan que con el encalado se aumentan los contenidos de calcio en el suelo (Campanharo *et al.*, 2007). El magnesio y potasio presentaron contenidos altos con valores mayores al inicial, lo cual sugiere que se presentó un desplazamiento de estos elementos de la fase soluble y que el sodio no se concentró de manera excesiva.

La acidez intercambiable disminuyó de con las aplicaciones de cal, indicando que la cal neutralizó gran cantidad de acidez intercambiable. Los efectos benéficos de la aplicación de cal son debidos a la reducción en el contenido de Al intercambiable, incremento de los contenidos de Ca y Mg disponible para las plantas, lo que demuestra que el encalamiento presenta efectos positivos al corregir la acidez en el suelo y reducir la toxicidad por aluminio (Andreotti *et al.*, 2001).

Phosphorus showed mean values with a tendency to decrease with lime doses, particularly during the dry season, showing no solubilization of this element was present. This differs with other results, where it was determined that increasing doses of lime, increases the availability of phosphorus for plants (Andreotti *et al.* (2001). The results in this study are probably due to the increase of ionic activity from calcium in the solution caused the precipitation of this element with phosphorus as calcium phosphate which is an insoluble compound.

Calcium increased with lime applications, demonstrating that the product was dissolved efficiently producing calcium and bicarbonate ions. Similar results report that with liming, calcium content increase in the soil (Campanharo *et al.*, 2007). Magnesium and potassium presented high contents with higher values to the initial, suggesting that there was a displacement of these elements from the soluble phase and that sodium did not concentrate excessively.

Exchangeable acidity decreased with lime applications, indicating that lime neutralized a large amount exchangeable acidity. The beneficial effects of the application of lime are due to the reduction in the content of exchangeable Al, increase in the contents of Ca and Mg available to plants, demonstrating that liming has positive effects by correcting soil acidity and reducing aluminum toxicity (Andreotti *et al.*, 2001).

The high content of calcium in this season can be explained by the high solubility of lime, which provides calcium ions to the ground, which is consistent with studies made by Hammarstrom *et al.* (2003) in which found an increase of calcium in the soil with the use of agricultural lime. The trend in phosphorus content during dry season is equal to the wet season, confirming the precipitation of this nutrient due to low content of this element in the soil. High values of magnesium, potassium and sodium indicate that solubilization and exchange of these elements of the exchangeable phase by a possible cation exchange with calcium was present.

Analysis of bromatological components of pasture

Table 2 shows the mean squares and statistical significance four quality variables from pastures under study (crude protein, fiber, fat and ash). The results show that the fiber and fat were influenced by lime dose ($p \leq 0.01$); while the

Los altos contenidos de calcio en este período pueden ser explicados por la alta solubilidad de cal aplicada, que aporta iones de calcio al suelo, lo que coincide con estudios realizados por Hammarstrom *et al.* (2003) en el cual encontró incremento del calcio en el suelo con el uso de cales agrícolas. La tendencia en los contenidos de fósforo durante la época seca es igual a la época húmeda, confirmando la precipitación de éste nutriente por los bajos contenidos de este elemento en el suelo. Los valores altos de magnesio, potasio y sodio indican que se presentó solubilización e intercambio de estos elementos de la fase intercambiable por posible intercambio catiónico con el calcio.

Análisis de los componentes bromatológicos de los pastos

El Cuadro 2 muestra los cuadrados medios y la significancia estadística de cuatro variables de calidad de los pastos bajo estudio (proteína cruda, fibra, grasa y ceniza). Los resultados muestran que la fibra y la grasa estuvieron influenciadas por la dosis de cal ($p \leq 0.01$); mientras que la misma grasa, la proteína y la ceniza lo estuvieron por la interacción de la época con la especie ($p \leq 0.01$). Por su parte, el contenido de grasa varió significativamente con las interacciones de la época con las dosis y entre la interacción de dosis con las especies. Los coeficientes de variación oscilaron entre 6.10 y 28.87%, lo que evidencia un buen grado de precisión en los datos obtenidos.

Cuadro 2. Significancia estadística de cuadrados medios de variables bromatológicas de *B. decumbens* Stapf y *C. nlemfuensis* Vanderyst evaluados en época seca y lluviosa en condiciones de suelos sulfatados ácidos en calados en Córdoba-Colombia.

Table 2. Statistical significance of mean square from bromatological variables of *B. decumbens* Stapf and *C. nlemfuensis* Vanderyst evaluated during dry and wet season under conditions of limed acid sulphate soils in Cordoba Colombia.

Fuente de variación	GL	Proteína	Grasa	Fibra bruta	Ceniza
Época	1	0.1016	0.5420	10.2460	2.4649
Repetición (época)	6	3.5215**	0.9174	5.2799	3.9999**
Especie	1	15.8105**	0.6097*	0.6972	84.3642**
Época * especie	1	9.4633**	5.3766**	11.8164	4.4415*
Época (repetición * especie)	6	6.7123**	0.1717	1.2585	0.8626
Dosis	3	2.1489	2.1340**	27.1430**	2.8322
Época * dosis	3	1.7579	2.3243**	9.8627	0.0539
Especie * dosis	3	0.3334	1.9920*	5.1516	1.7992
Época * especie * dosis	3	0.5683	0.0470	14.9402	0.3957
Error	36	1.0237	0.3664	5.0402	0.9887
Total	63				
CV (%)		12.52	28.87	6.10	10.36

Significativo; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

same fat, protein and ash was for the interaction of season with species ($p \leq 0.01$). Meanwhile, fat content varied significantly with the interactions of season with dose and between the interactions of dose with species. The coefficients of variation ranged between 6.10 and 28.87%, showing a good degree of accuracy in the data.

Crude protein

Figure 1 shows the graphical analysis of the interaction season per species and evidence that this interaction is explained by the differential behavior of pasture during the dry season ($p \leq 0.01$) where percentage content of crude protein from *B. decumbens* Stapf (7.15%) are lower than *C. nlemfuensis* in 20%. The same figure shows that during the wet season the two grass species show a similar crude protein content of about 8.5% ($p \leq 0.05$).

By averaging the contents of crude protein found during the dry and wet seasons for *B. decumbens*, higher values to 7.08% for this species were found; these results agree with those found for these species by Givens *et al.* (2000).

These results are similar to those found in other studies, where research reports found protein contents of *Brachiaria* between 7.89% and 8.37% during periods of low soil moisture Vega *et al.* (2006). The differences in crude protein

Proteína cruda

La Figura 1 muestra el análisis gráfico de la interacción época por especie y evidencia que ésta interacción es explicada por el comportamiento diferencial de los pastos en la época seca ($p \leq 0.01$), donde los contenidos porcentuales de proteína cruda de *B. decumbens* Stapf (7.15%) son más bajos que los de *C. nlemfuensis* en 20%. La misma figura indica que en la época húmeda las dos especies de pasto muestran un contenido similar de proteína cruda de alrededor del 8.5% ($p \leq 0.05$).

Al promediar los contenidos de proteína cruda encontrados en la época seca y húmeda para el cultivo de *B. decumbens*, se encontraron valores mayores de 7.08% para esta especie, resultados que concuerdan con los encontrados para esta misma especie por Givens *et al.* (2000).

Estos resultados son similares a los encontrados en otros estudios, donde las investigaciones informan que se encontraron contenidos de proteína en *Brachiaria* entre 7.89% y 8.37% en época con bajo contenido de humedad en el suelo Vega *et al.* (2006). Las diferencias observadas en el contenido de proteína cruda entre especies pueden estar explicadas posiblemente por las diferencias en la edad de los pasto y disminución de la actividad metabólica a medida que se incrementa la edad de los rebrotes (Vega *et al.*, 2006).

Realizando investigaciones en varias especies del género *Brachiaria* Cuadrado y Torregrosa (2004) reportaron contenidos de proteína que oscilaron entre 8.2% y 9.3% en época seca, además, se indica que el pasto Estrella puede presentar porcentaje de proteína de 11 al 13%, resultados mayores que los reportados en este trabajo de investigación.

Así mismo, es conocido que existen amplias diferencias en el contenido de proteína cruda entre especies (Vega *et al.*, 2007), edades fisiológicas y manejo cultural y adicionalmente, que el efecto de la disponibilidad hídrica en la humedad del suelo, entre otros factores, juega también un papel importante en esta variable (Bernal y Espinoza, 2013). Los resultados encontrados en ambas especies en este estudio corroborarían la apreciación que la calidad de los pastos, desde la óptica de la proteína cruda, se reduce significativamente en las épocas secas (Orozco, 2005), pero que este efecto es más evidente en especies del género *Brachiaria*. Esto sería explicable en parte, por la escasa asimilación del N en suelos en períodos de escasez de agua, donde además la fotosíntesis decae y con ella la síntesis de aminoácidos, que actúa como precursor de las proteínas Rostamza *et al.* (2011).

content between species can possibly be explained by differences in grass age and decreased metabolic activity as the age of the shoots increases (Vega *et al.*, 2006).

Conducting research in several species of the genus *Brachiaria* Cuadrado and Torregrosa (2004) reported protein contents ranging between 8.2% and 9.3% during the dry season, besides, indicated that the American bermudagrass can present protein percentage of 11 to 13%, results higher than those reported in this research.

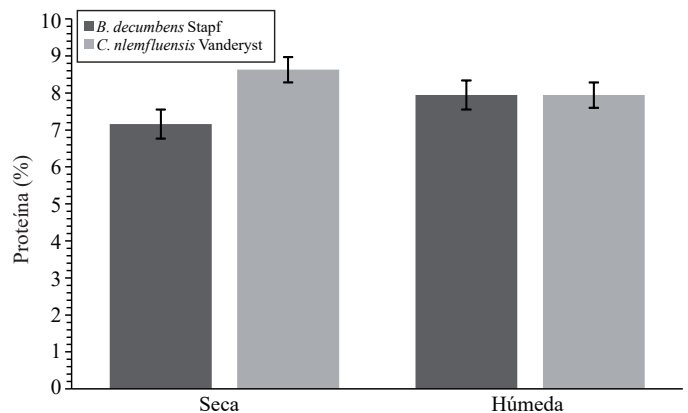


Figura 1. Porcentajes de proteína de dos genotipos de pasto (*B. decumbens* Stapf y *C. nlemfuensis* Vanderyst) en época seca y húmeda establecidos en condiciones de suelos sulfatados ácidos de Ciénaga de Oro - Córdoba (Colombia).

Figure 1. Percentages of protein from two grass genotypes (*B. decumbens* Stapf and *C. nlemfuensis* Vanderyst) in dry and wet season, established on acid sulphate soils, in Cienaga de Oro - Cordoba (Colombia).

It is also known that there are big differences in crude protein content between species (Vega *et al.*, 2007), physiological ages and cultural management and additionally, that the effect of water availability in soil moisture, among other factors, also plays an important role in this variable (Bernal and Espinoza, 2013). The results on both species in this study corroborate the findings that the quality of the pasture, from the standpoint of crude protein, it significantly reduces during the dry season (Orozco, 2005), but this effect is most evident in *Brachiaria* species. This could be explained in part by the low uptake of N in soils during periods of water scarcity, where photosynthesis declines and along with the amino acids synthesis, which acts as proteins precursor Rostamza *et al.* (2011).

Fat

The Ether extract was considered as the fraction of fat that is found in plant pigments and sterols in forage and triglycerides in seeds, galactolipids and phospholipids

Grasa

El extracto etéreo se considera como la fracción de grasa que se encuentra en pigmentos vegetales y esteroides y en los forrajes está y triacilglicéridos en las semillas, galactolípidos y fosfolípidos en las hojas (Van Soest 1994), que son importantes al momento de estimar el aporte energético de los mismos. El análisis de varianza para esta variable determinó que existieron efectos significativos importantes para las interacciones época x especie ($p \leq 0.01$), época x dosis ($p \leq 0.01$) y especie x dosis ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2).

Los resultados más importantes en el análisis de la interacción época x especie, indicaron que el porcentaje de grasa de las dos especies es similar ($p > 0.05$) en época húmeda oscilando alrededor de 1.9%. Sin embargo, cuando las pasturas se evaluaron en época seca, los contenidos de grasa difirieron significativamente ($p \leq 0.01$) a favor de *B. decumbens* (2.64%) respecto al pasto Estrella (1.96%) en 26% (Figura 2).

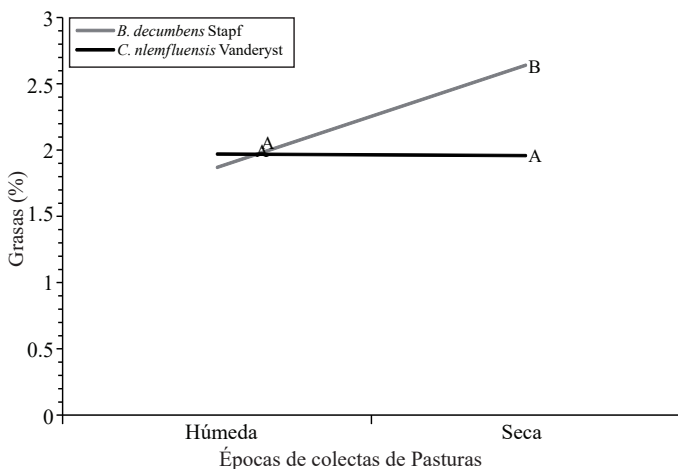


Figura 2. Porcentajes de grasa de dos genotipos de pasto (*B. decumbens* Stapf y *C. nlemfluensis* Vanderyst) en época seca y húmeda establecidos en condiciones de suelos sulfatados ácidos de Ciénaga de Oro - Córdoba (Colombia). Letras diferentes uniendo una misma línea indican diferencias estadísticas de acuerdo al test protegido de Fischer (5%).

Figure 2. Percentage of fat from two grass genotypes (*B. decumbens* Stapf and *C. nlemfluensis* Vanderyst) during dry and wet season in acid sulphate soils, in Cienaga de Oro - Cordoba (Colombia). Different letters joining the same line indicate statistical differences according to Fisher protected test (5%).

Estos resultados indican que, bajo condiciones de escasez de agua, *B. decumbens* Stapf tiene mecanismos fisiológicos de defensa diferentes y tal vez más eficientes respecto al

in leaves (Van Soest 1994), which are important when estimating the energetic contribution of it. The variance analysis for this variable determined that there were important significant effects for season x species ($p \leq 0.01$), season x dose ($p \leq 0.01$) and species x dose ($p \leq 0.05$) (Table 2) interactions.

The most important results in the interaction analysis of time x species indicated that the percentage of fat in the two species is similar ($p > 0.05$) during wet season ranges around 1.9%; however, when pastures were evaluated during dry season, fat contents differed significantly ($p \leq 0.01$) in favor of *B. decumbens* (2.64%) compared to American bermudagrass (1.96%) in 26% (Figure 2).

These results indicate that, under conditions of water scarcity, *B. decumbens* Stapf has different physiological defense mechanisms and maybe more efficient compared to American bermuda grass, for being more adapted to wet soil conditions. Under these conditions and according to Enjalbert *et al.* (2013) *B. decumbens* Stapf can increase and differentially maintain the composition of polyunsaturated fatty acids from membrane, such as linolenic acid as a strategy to maintain membrane fluidity and improve the exchange of water into the cells.

The inverse relationship between fat and crude protein concentration in *B. decumbens* Stapf during the dry season, would be contrary to that reported by Arvidsson (2009) who reports that in some varieties of *Festuca pratensis*, a grass from the Poaceae family, there is a direct relationship between crude protein and fatty acids content in different growing conditions and even the contents of one of these factors can lead to the empirical estimation of the other.

Other authors indicate that the effects of agronomic practices and environmental factors related to the variation in the concentration and composition of fatty acids in pastures (Caviedes *et al.*, 2011) are unknown. However, it is consistent with the results of this work, different authors like Enjalbert *et al.* (2013) state that the percentage content and fatty acid composition may vary with the species and the condition of drought; the authors found that two of three species assessed significantly reduced fatty acid content in drought as a direct result of the reduction in linolenic acid content and that other species that maintained high levels of this acid recorded higher levels of tolerance to drought (Enjalbert *et al.*, 2013).

pasto Estrella, por ser más adaptado a condiciones de suelos húmedos. En estas condiciones y de acuerdo a Enjalbert *et al.* (2013) *B. decumbens* Stapf puede aumentar y mantener diferencialmente la composición de los ácidos grasos poli-insaturados de membrana, tales como el ácido linolénico como estrategia para mantener fluidez en la membrana y mejorar el intercambio de agua hacia las células.

La relación inversa entre la concentración de grasas y de proteína cruda en *B. decumbens* Stapf en la época seca, sería contrario a lo reportado por Arvidsson (2009) quien informa que en algunas variedades de *Festuca pratensis*, una gramínea de la familia de las poaceas, existe una relación directa entre los contenidos de proteína cruda y ácidos grasos en diferentes condiciones de cultivo y que incluso, los contenidos de uno de estos factores puede conducir a la estimación empírica del otro.

Otros autores indican que se desconocen los efectos de las prácticas agronómicas y los factores ambientales relacionados sobre la variación en la concentración y composición de ácidos grasos en pasturas (Caviedes *et al.*, 2011). Sin embargo, de manera consistente con los resultados de este trabajo, diferentes autores como Enjalbert *et al.* (2013), afirman que el contenido porcentual y la composición de los ácidos grasos puede variar con la especie y la condición de sequía; los autores encontraron que dos de tres especies evaluadas redujeron significativamente el contenido de ácidos grasos en sequía como una consecuencia directa de la reducción en el contenido del ácido linolénico y que la otra especie que mantuvo altos niveles de éste ácido registró mejores niveles de tolerancia a la sequía (Enjalbert *et al.*, 2013).

Analizando los porcentajes de grasa encontrados en *B. decumbens* en la época seca, se observa que son mayores que los reportados para diferentes especies del género *Brachiaria* en suelos ácidos de Santander (Colombia), donde se publican valores encontrados entre 1.6 y 1.9% (Canchila *et al.*, 2009). Asimismo, de manera similar a lo observado en el presente estudio para pasto Estrella, investigadores, reportan que en Costa Rica los contenidos de grasa pasaron de 2.3% en la época semiseca a 1.9% en la época lluviosa; aunque estos datos son superiores a los de este estudio, la tendencia es similar y las diferencias pueden obedecer al diferencial grado de severidad de estrés por sequía presentado en cada situación (Sánchez y Soto, 1996).

Analyzing the percentages of fat found in *B. decumbens* during the dry season, are higher than those reported for other species of the genus *Brachiaria* in acid soils from Santander (Colombia), where are published the values found between 1.6 and 1.9% (Canchila *et al.*, 2009). Also, similar to that observed in the present study for American bermudagrass, investigators, report that in Costa Rica fat content passed from 2.3% during the semi-dry season to 1.9% during the rainy season; although this data is higher to those from this study, the trend is similar and the differences may be due to differential severity degree of drought stress present in each situation (Sanchez and Soto, 1996).

Fiber

The results show that, independently of the species or cutting period of pastures, fiber percentages were only affected by lime doses ($p \leq 0.01$), indicating that fiber percentage of pastures increased as lime dose (Figure 3) increases.

Agricultural lime supplies Ca ions and increases the availability of nutrients that are essential for root development and growth of pastures. Chemical conditions that were used efficiently by *B. decumbens* and *C. nlemfuensis* by having higher amounts of fiber with increased agricultural lime. This gain in nutrients can cause a higher lignification of stems and reduce the assimilation by cattle.

Rao *et al.* (1996) indicates that *B. decumbens* Stapf has great adaptation to acidity, which is attributed to the ability of this genotype to absorb important nutrients like N, P and Ca, in an environment of low pH and high exchangeable acidity. Besides, it is known that cell callus from *Cynodon* sp genotypes, subjected to differential aluminum concentrations, use different external rhizospheric mechanisms to increase extracellular pH and capture Al ions in the cell wall to counteract the toxicity of this element (Ramgareeb *et al.*, 2004).

Percentage of crude fiber in the present study indicated that both *B. decumbens* Stapf (~ 38%) and American bermudagrass (~ 36.5%), reached higher values to those reported by different researchers, who found 31.5% in *B. decumbens* and indicate percentages of crude fiber in American bermudagrass of about 30.4% (Cardona *et al.*, 2002; Cabrera *et al.*, 2005).

Fibra

Los resultados muestran que, de manera independiente a la especie o la época de corte de las pasturas, los porcentajes de fibra solamente fueron afectados por las dosis de cal ($p \leq 0.01$), indicando que el porcentaje de fibra de las pasturas se incrementó a medida que se aumentó la dosis de cal (Figura 3).

La cal agrícola suministra iones de Ca y aumenta la disponibilidad de nutrientes que son esenciales para el desarrollo de raíces y crecimiento de pasturas. Condiciones químicas que fueron aprovechadas eficientemente por *B. decumbens* y *C. nlemfuensis* al presentar mayores cantidades de fibra con el incremento de cal agrícola. Esta ganancia en nutrientes puede ocasionar una mayor lignificación de los tallos y reducir la asimilación por parte de los vacunos.

Rao *et al.* (1996) indica que *B. decumbens* Stapf tiene gran adaptación a la acidez que es atribuida a la habilidad de este genotipo para asimilar nutrientes importantes como el N, P y Ca, en un ambiente de pH bajo y alta acidez intercambiable. Además, se conoce que callos celulares de genotipos de *Cynodon* sp., sometidos a concentraciones diferenciales de aluminio, utilizan diversos mecanismos rizosféricos externos para aumentar el pH extracelular y capturar iones Al en la pared celular para contrarrestar la toxicidad de este elemento (Ramgareeb *et al.*, 2004).

Los porcentajes de fibra bruta observados en el presente estudio indicaron que tanto para *B. decumbens* Stapf (~38%) como para pasto Estrella (~36.5%) se alcanzaron valores superiores a los reportados por diferentes investigadores, quienes encontraron 31.5% en *B. decumbens* e indican porcentajes de fibra cruda en pasto Estrella de alrededor de 30.4% (Cardona *et al.*, 2002; Cabrera *et al.*, 2005).

Ceniza

Los resultados estadísticos indicaron que se presentaron diferencias importantes entre las especies ($p \leq 0.01$) y la interacción época x especie ($p \leq 0.05$) con relación a los contenidos de ceniza.

La Figura 4 registra gráficamente la interacción época x especie, indicando que en cualquiera de las épocas de corte, el pasto *B. decumbens* Stapf posee mayor cantidad de

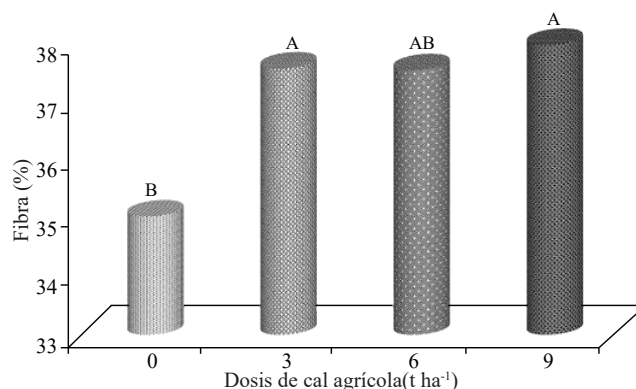


Figura 3. Contenidos promedio de fibra de *B. decumbens* Stapf y pasto Estrella en función del incremento de cal en suelos sulfatados ácidos en Córdoba-Colombia. Letras diferentes indican diferencias estadísticas de acuerdo al test protegido de DMS (5%).

Figure 3. Average fiber contents of *B. decumbens* Stapf and American bermudagrass in function of increased lime on acid sulphate soils in Cordoba Colombia. Different letters indicate statistical differences according to the protected DMS test (5%).

Ash

The statistical results indicate that there were significant differences between species ($p \leq 0.01$) and season x species ($p \leq 0.05$) interaction compared to ash content.

Figure 4 graphically recorded the season x species interaction, indicating that any of the cutting seasons, *B. decumbens* Stapf has a higher amount of total ash (minerals) than American bermudagrass, but the latter increases its percentage content of inorganic matter significantly ($p \leq 0.05$) up to 10%, when it has better water conditions.

The differential response of American bermudagrass, could be explained by the limited ability of this pasture to absorb mineral nutrients from the soil solution under conditions of water restrictions, which could be related to stomatal closure to avoid dehydration (Da Matta, 2004) and consequently it would be given a lower rate of nutrients assimilation.

In this study the values of total ash found in American bermudagrass, are similar to those reported by other authors in other edaphoclimatic conditions with values between 5.7 and 11%, under normal conditions of precipitation Maya *et al.* (2005) and 9% during the semi-dry season, indicating the ability that this pasture has to respond to different soil conditions. Regarding to *B. decumbens* Stapf, the values for all season and liming levels (10.75%) were above the ranges

cenizas totales (sales minerales) que el pasto Estrella, pero que ésta última incrementa sus contenidos porcentuales de materia inorgánica de manera significativa ($p \leq 0.05$) hasta en 10%, cuando está en mejores condiciones de oferta hídrica.

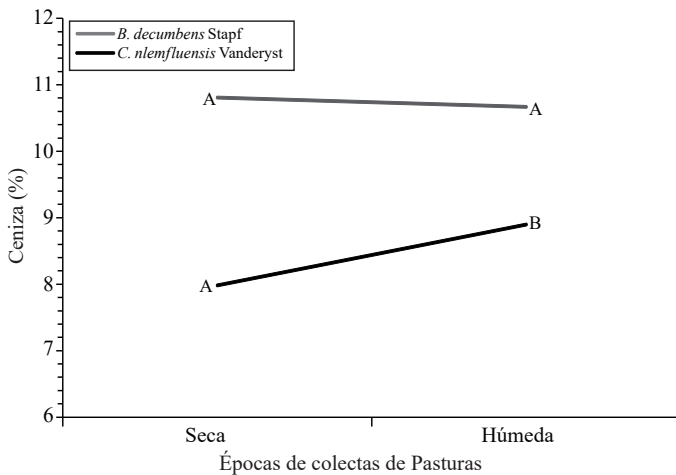


Figura 5. Porcentajes de ceniza de dos genotipos de pasto (*B. decumbens* Stapf y *C. nlemfuensis* Vanderyst) en época seca y húmeda establecidos en condiciones de suelos sulfatados ácidos de Ciénaga de Oro-Córdoba (Colombia). Letras diferentes uniendo una misma línea indican diferencias estadísticas de acuerdo al test protegido de Fischer (5%).

Figure 5. Percentage of ash from two grass genotypes (*B. decumbens* Stapf and *C. nlemfuensis* Vanderyst) during dry and wet season in acid sulphate soils, in Cienaga de Oro-Cordoba (Colombia). Different letters joining the same line indicate statistical differences according to Fisher protected test (5%).

La repuesta diferencial de pasto Estrella, podría estar explicada por la escasa habilidad de esta pastura en absorber nutrientes minerales de la solución del suelo en condiciones de restricciones hídricas, la cual podría estar relacionada con el cierre de estomas para evitar deshidrataciones (Da Matta, 2004) y consecuentemente a esto se daría una menor tasa de asimilación de nutrientes.

En este estudio los valores de cenizas totales encontrados en pasto Estrella, son similares a los reportados por otros autores en otras condiciones edáfico- ambientales con valores comprendidos entre 5.7 y 11%, en condiciones normales de precipitación Maya *et al.* (2005) y 9% reportados en la época semiseca, indicando la capacidad que tiene esta pastura para responder también a diferentes condiciones edafológicas. Respecto a *B. decumbens* Stapf, los valores observados para todas las épocas y niveles de enclamiento

reported in this species for 24 accessions that were evaluated under acid soils conditions, ranging from 5.5 and 9% of total ash Canchila *et al.*, 2009. According to Herrera *et al.* (2008) leaves always have higher concentration of minerals than stems and as it advance onto maturity decreases the leaf- stalk relationship and as a result decrease the mineral content in the leaves.

Conclusions and recommendations

It is conclude that the chemical characteristics of soils were modified by the application of agricultural lime, presenting changes in organic matter content, Ca and exchangeable acidity. The highest protein contents were in *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst both during wet and dry season; while fat content in this grass had higher contents than *Brachiaria decumbens* staff during wet season, although the opposite happened during the dry season. The percentages of fibers from the two grasses increased with lime application, regardless of the season. The ash content was higher in *B. decumbens* staff, both in wet and dry season.

It is recommended to conduct additional research on these soils with different doses of agricultural lime and moisture levels to determine the effect of these variables on increasing yields of species that may be established.

End of the English version



Literatura citada

- Alvarado, A.; Arriojas, L.; Chacón, E.; Rodríguez, S. y Chacín, F. 1990. Estudios sobre henificación del pasto Barrera (*Brachiaria decumbens* Stapf) en condiciones de sabanas del Piedemonte Barinés I. Producción y valor nutritivo de la materia seca. *Zootecnia Tropical*. 8(1-2):17-36.
- Andreotti, M.; Souza, E. C. A. y Crusciol, C. A. C. 2001. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. *Scientia agrícola*. 58 (2):321-327.
- Appleyard, S.; Wong, S.; Willis, J. B.; Angeloni, J. and Watkins, R. 2004. Groundwater acidification caused by urban development in Perth, Western Australia: source, distribution, and implications for management. *Aust. J. Soil Res.* 42:579-585.
- Arvidsson, K. 2009. Factors Affecting fatty acid composition in forage and milk. http://pub.epsilon.slu.se/2097/1/arvidsson_k_090902.pdf.

(10.75%), estuvieron por encima de rangos reportados en esta especie para 24 accesiones del género que se evaluaron en condiciones de suelos ácidos y que oscilaron entre 5.5 y 9% de cenizas totales Canchila *et al.*, 2009. Según Herrera *et al.* (2008) las hojas siempre presentan mayor concentración de minerales que los tallos y al avanzar en los estados de madurez disminuye la relación hoja- tallo y como consecuencia baja el contenido de minerales en las hojas.

Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que las características químicas de los suelos fueron modificadas por la aplicación de cal agrícola, presentando modificaciones en el contenido de materia orgánica, Ca, y acidez intercambiable principalmente. Los mayores contenidos de proteínas se presentaron en la gramínea *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst tanto en época húmeda como en época seca. Mientras que el contenido de grasa en ésta gramínea presentó mayores contenidos que *Brachiaria decumbens* Staft en época húmeda, aunque lo opuesto ocurrió y en época seca. Los porcentajes de fibras de las dos gramíneas se incrementaron con la aplicación de cal, independientemente de la época del año. El contenido de ceniza fue mayor en la pastura *B. decumbens* Staft tanto en época húmeda como en época seca.

Se recomienda adelantar otras investigaciones en estos suelos con diferentes dosis de cal agrícolas y niveles de humedad para poder determinar el efecto de estas variables en el incremento de los rendimientos de las especies que se puedan establecer.

Agradecimientos

Los autores(a) agradecen al Centro de Investigaciones de la Universidad de Córdoba CIUC por al apoyo económico para la realización del trabajo de investigación, caracterización de suelos sulfatados ácidos y la respuesta de tres especies vegetales en el medio Sinú - Córdoba y al Laboratorio de suelos y aguas adscritos a la Facultad de Ciencias Agrícolas por su colaboración en la realización de los análisis.

- Banata, K. M.; Howarib, F. M. and Abdullahc, M. B. 2006. Mineralogy and hydrochemical characteristics of the late marshes and swamps of Hor Al Hammar, Southern Iraq. *J. Arid Environ.* 65:400-419.
- Bernal, J. y Espinoza J. 2013. Manual de nutrición y fertilización de pastos. International Plant Nutrition Institute. [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b85257900057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/L%20pastos.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b85257900057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/L%20pastos.pdf).
- Bernal de Ramírez, I. 1993. Análisis de alimentos. Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 313 p.
- Cabrera, N. A.; Elorza, M. P. y Daniel, R. I. 2005. Efecto de tres suplementos proteicos sobre la ganancia de peso en becerros cebú/suizo que pastan en zacate estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). *Revista UDO Agrícola.* 5:103-106.
- Campanharo, M.; Andrade, M.; Araújo, D. O.; Nascimento, C.; Freire, F. e Tenório, J. 2007. Avaliação de métodos de necessidade de calagem no Brasil. *Ver. Caatinga.* 20(1):97-105.
- Canchila, E. R.; Soca, M.; Ojeda, F. y Machado, R. 2009. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. *Pastos y Forrajes.* 32(4):1- 9.
- Cardona, M. G.; Sorza, J. D.; Posada, S.; Camona, J. C.; Ayala, S. y Álvarez, O. L. 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 15(2):240-246.
- Caviedes, J.; Martha, L.; Restrepo, P. y Carulla, J. 2011. Relación entre las características de la pastura y el contenido de ácido linoleico conjugado (ALC) en la leche. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* (24):1- 10.
- Cuadrado, H. L. y Torregroza, L. y Jiménez, M. N. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. *Rev. MVZ Córdoba.* 9(2):438-443.
- Da Matta, F. M. 2004. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. *Braz. J. Plant Physiol.* 16(1):1-6.
- Demas, A.; Hall, A.; Fanning, B.; Rabenhorst, B. and Dzantor, B. 2004. Acid sulfate soils in dredged materials from tidal Pocomoke Sound in Somerset County, MD, USA. *Austr. J. Soil Res.* 42(6):537-545.
- Enjalbert, J.; Shusong, Z.; Jerry, J.; Mullen, J.; Byrne, P. and McKay, J. 2013. Brassicaceae germplasm diversity for agronomic and seed quality traits under drought stress. *Industrial Crops and Products.* 47:176-185.
- Fanning, D. 2009. Acid sulfate soils of the U.S mid atlantic /chesapeake bay region. 18th World Congress of Soil Science. http://www.sawgal.umd.edu/mapss/wcss_guidebook.pdf.
- Givens, D.; Owen, E.; Oxford, R. and Omed, H. 2000. Forage evaluation in ruminant nutrition. CABI Publishing. CAB International. Wallingford, Oxon. UK. 483 p.
- Hammarstrom, J. M.; Sibrell, P. L. and Belkin, H. E. 2003. Characterization of limestone reacted with acid-mine drainage in a pulsed limestone bed treatment system at the friendship hill national historical site, Pennsylvania, USA. *Appl. Geochem.* (18):1705-1721.

- Hernández, F. D. y Castro, F. H. 2007. Rehabilitación agrícola de suelos sulfatados ácidos en el altiplano Cundiboyacense. In: Memorias III encuentro nacional de agricultura de conservación: futuro agroempresarial de agricultura tropical, Villavicencio. 23 p.
- Herrera, R. S.; Fortes, D.; García, M.; Cruz, A. M. y Romero, A. 2008. Estudio de la composición mineral en variedades de *Pennisetum purpureum*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 42:4.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2006. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Bogotá. 5ª edición. 648 p.
- Marschner, B. and Wilczynski, A. W. 1991. The effect of liming on quantity, and chemical composition of soil organic matter in a pine forest in Berlin, Germany. Plant Soil. 137:229-236.
- Maya, G.; Durán, C. y Ararat, J. 2005. Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con leucaena a diferentes edades de corte durante el año I. Acta agronómica. 54(4):41-46.
- Miles, J. W. 2006. Mejoramiento genético en *Brachiaria*. Objetivos estratégicos, logros y proyección. Pasturas Tropicales. (28):1-26.
- Olivera, Y.; Machado, R.; del Pozo, P.; Ramírez, J. y Olivares J. 2008. Persistencia del pastizal en una colección de *Brachiaria* spp., en un suelo ácido. Pastos y Forrajes. 31(4):333.
- Orozco, E. 2005. Bancos forrajeros. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_b_forrajeros_05.pdf.
- Palencia, G.; Mercado, T.; Combatt, E. 2006. Estudio agroclimático del departamento de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. 126 pp.
- Ramgareeb, S.; Cooke, J. and Watt, M. 2004. Responses of meristematic callus cells of two *Cynodon dactylon* genotypes to aluminium. J. Plant Physiol. 161:1245-1258.
- Rao, I.; Kerridge, P. and Macedo, M. 1996. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. (Ed.) Miles, J. W.; Maass, B. L. and do Valle, C. B. Cali, Colombia: CIAT and Embrapacnpgc. 53-71 p.
- Rostamza, M.; Mohammad-Reza, C.; Mohammad-Reza, J. and Ahmad, A. 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. Agric. Water Management. 98:1607-1614.
- Sánchez, J. M. y Soto, H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. Rev. Nut. An. Trop. 3(1):3-18.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2007. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. J. Environ. Qual. 19:749-756.
- Seth, R. and Crawford, E. 2000. The effects of pH regulation upon the release of sulfate from ferric precipitates formed in acid mine drainage. Appl. Geochem. (15):27-34.
- Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant, comstock publishing associates. 2ª (Ed.). USA.
- Vega, E. M. y Ramírez De la Ribera, J.; Acosta, L. I. y Igarza, A. 2006. Rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* en las actuales condiciones edafoclimáticas del Valle del Caucho. Yield, chemical. Veterinaria. 7(5):1-6.
- Ward, N.; Sullivan, L. and Bush, R. 2002. Sulfide oxidation and acidification of acid sulfate soil materials treated with CaCO₃ and seawater-neutralised refinery residue. Australian J. Soil Res. 40:1057-1067.