

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y NUTRICIONAL DE GENOTIPOS DE *Brachiaria* SPP. MANEJADOS CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA, SOLOS Y ASOCIADOS CON *Pueraria phaseoloides*, EN CONDICIONES DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA

O. Pérez-López¹, G. Afanador-Téllez^{2*}

Artículo recibido: 6 de noviembre de 2014 • Aprobado: 15 de noviembre de 2015

RESUMEN

La altillanura colombiana es una microrregión que tipifica un tipo de producción bovina extensiva que requiere el uso de gramíneas adaptadas que respondan a la fertilización nitrogenada para mejorar el rendimiento y la calidad nutricional de las praderas, a fin de intensificar los sistemas de producción ganaderos. El estudio se desarrolló en la sede Taluma de CORPOICA, ubicada a 04°34'25" Oeste y 71°20'10" Norte en el municipio de Puerto López (Meta, Colombia), en condiciones de clima y suelo representativos de la altillanura colombiana. El objetivo del estudio fue determinar el comportamiento agronómico y nutricional de los genotipos de *Brachiaria brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 26124, 6387 y el control Mulato II manejados con fertilización nitrogenada sola y asociada con la leguminosa Kudzú (*Pueraria phaseoloides*). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en franjas divididas, en donde la parcela correspondió a la gramínea forrajera y la franja al nivel de fertilización nitrogenada (N46, N92 y *P. phaseoloides* + N46). Los genotipos fueron evaluados durante 90 días, tanto en época seca, como lluviosa. Las accesiones con mayor producción de biomasa ($p < 0,001$) fueron *B. brizantha* CIAT 16315 (2.040 kgMS.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 16467 (1.864 kg MS.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 6387 (2.033 kgMS.ha⁻¹). El tratamiento de la gramínea + N92 (kgN.ha⁻¹) presentó valores significativamente ($p < 0,001$) superiores de PC (9,55%) y degradabilidad del forraje (65,7%), y los menores contenidos de materia seca (37,05%), FDN (61,97%) y FDA (30,55%) en relación con las gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ y las gramíneas asociadas con Kudzú y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. Por mayor contenido de PC ($p < 0,001$), se destacaron los materiales *B. brizantha* CIAT 16315 (8,34%) y CIAT 26124 (8,06%) que no presentaron diferencias significativas con el pasto Mulato II (8,18%). Los resultados demostraron la importancia de la fertilización nitrogenada para mejorar la producción y calidad nutricional de las praderas de *B. brizantha*.

Palabras clave: suelos ácidos, praderas, altillanura, nitrógeno.

¹ Centro de Investigación Corpoica-La Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Kilómetro 17, Vía Puerto López, Meta (Colombia).

² Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Cra 30 nro. 45-03. Bogotá (Colombia).

* Autor para correspondencia: gafanadort@unal.edu.co

AGRONOMIC AND NUTRITIONAL RESPONSE OF *Brachiaria* SPP. GENOTYPES MANAGED WITH NITROGEN FERTILIZATION ALONE AND IN ASSOCIATION WITH *Pueraria phaseoloides* IN CONDITIONS OF THE COLOMBIAN ALTILLANURA

ABSTRACT

The Colombian altillanura is a microregion that typifies a extensive cattle production system which requires the use of adapted grasses responding to nitrogen fertilization to improve yield and nutritional quality grassland to intensify livestock production systems. The study was conducted at the Taluma station of CORPOICA, located at 04°34'25" West and 71°20'10" North in the town of Puerto López (Meta, Colombia), under conditions of climate and soil of the Colombian altillanura. The objective of this study was to determine the agronomic and nutritional behavior of genotypes of *Brachiaria brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 26124, 6387 and Mulato II as control, handled single nitrogen fertilization and associated with the legume Kudzú (*Pueraria phaseoloides*). Design of randomized complete block arrangement in divided stripes, where the plot corresponded to the forage grass strip and the level of nitrogen fertilization was used (N46, N92, and N46 + *P. phaseoloides*). Accessions with greater biomass production ($p < 0.001$) were *B. brizantha* CIAT 16315 (2040 kgDM.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 16467 (1864 kgDM. ha⁻¹) and *B. brizantha* CIAT 6387 (2033 kgDM.ha⁻¹). Treatment grasses + N92 (kgN.ha⁻¹) values had significantly ($p < 0.001$) higher in CP (9.55%) and degradability of forage (65.7%) and lower dry matter content (37.05 %), NDF (61.97%) and FDA (30.55%) compared with the response of grasses fertilized with 46 kgN.ha⁻¹ and grasses associated with Kudzú and fertilized with 46 kgN.ha⁻¹. For higher CP content ($p < 0.001$), materials *B. brizantha* CIAT 16315 (8.34%) and CIAT 26124 (8.06%) which did not differ significantly with grazing Mulato II (8.18%). The results demonstrated the importance of nitrogen fertilization on the production and nutritional quality pastures *B. brizantha*.

Key words: Acid soils, pastures, altillanura, nitrogen.

INTRODUCCIÓN

En la Orinoquia, los suelos oxisoles cubren un área aproximada de 17 millones de hectáreas de las cuales 4,2 millones de hectáreas corresponden a sabanas bien drenadas que en su conjunto de denominan "altillanura colombiana". La intensificación de la ganadería en este tipo de suelos requiere el uso de gramíneas y leguminosas tolerantes a suelos ácidos, además de prácticas de manejo físico, químico y biológico de los suelos (Amézquita *et al.* 2005). En la

altillanura predominan pasturas naturales con un bajo valor nutricional y una baja carga animal (0,1 a 0,25 animales por ha⁻¹), dado que la digestibilidad de esta vegetación raramente excede el 55-60% de materia seca que se asocia con un alto contenido de fibra cruda y bajo nivel de proteína cruda (frecuentemente menor del 8%) (Lascano y Ávila 1991; Bernal 2008; Rincón 2012).

La baja producción bovina de la altillanura se ve influida por un manejo

ineficiente de la explotación, especialmente por la disponibilidad de biomasa forrajera de buena calidad con factores limitantes como el pH ácido de los suelos, los niveles altos de aluminio, la baja disponibilidad de nutrientes y de materia orgánica y la eficiencia en el uso de las praderas, factores que en conjunto limitan la resiliencia de las especies forrajeras de gramíneas y leguminosas introducidas (Ayarza 1991; Alvarez y Rincón 2010). Avances en investigación y desarrollo tecnológico han permitido la liberación de especies forrajeras de gramíneas adaptadas a las condiciones de clima y suelo de la Orinoquia colombiana, especialmente del género *Brachiaria* desarrollados bajo el modelo de productividad de “mínimos insumos” (Rao *et al.* 1998; Salinas *et al.* 1984; Pardo y Pérez 2010; Rincón 2012). Las especies de *Brachiaria* liberadas en las décadas de los 80 y 90 han impactado de manera significativa las regiones tropicales y, recientemente, los híbridos de *Brachiaria* han contribuido de manera estratégica al desarrollo de sistemas de producción (Argel *et al.* 2006; Argel *et al.* 2007; Pardo y Pérez 2010).

En los últimos años se han reportado experiencias exitosas con la introducción a las praderas de leguminosas como *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria phaseoloides* y *Stylosanthes* spp. para conformar praderas asociadas (Embrapa 2007; Rincón *et al.* 2010). La leguminosa *P. phaseoloides* está ampliamente difundida en Colombia y la accesión CIAT 9900, denominada “Kudzu tropical”, es empleada como forraje dada su compatibilidad en mezclas con gramíneas y como cobertura en cultivos perennes o forraje, pero con gran variación de la digestibilidad de la materia seca (49 a 74%) (Belalcázar *et al.* 1995). Además, las leguminosas incre-

mentan el valor nutritivo de las gramíneas asociadas especialmente en términos de proteína total y de minerales, manteniendo una calidad estable en el tiempo, incluso durante la época seca cuando son más consumidas por los bovinos (Hernández *et al.* 2005; Pardo y Pérez 2010).

Evaluaciones realizadas en los Llanos Orientales de Colombia han permitido seleccionar numerosos genotipos promisorios por su adaptación, producción y resistencia al mión de los pastos (Cuadrado y Patiño 1999; Pérez y Pérez 2006). En la altillanura, la evaluación bajo pastoreo de bovinos de los genotipos de *B. brizantha* CIAT 26110, 16121 y 26318 arrojaron rendimientos de forraje superiores a 1.024 kgMS.ha⁻¹ con periodos de descanso de 28 días. En el mismo estudio se determinó que las tanto praderas solas de *B. brizantha*, y como las asociadas con Kudzu tropical, permitieron incrementos en la carga animal de más del 135% en relación con el promedio de la zona (0,8 animales.ha⁻¹). Las ganancias diarias y por hectárea en praderas de gramínea sola oscilaron entre 226 y 476 g.animal⁻¹ y entre 202,3 a 469,1 kg.ha⁻¹.año⁻¹, mientras que en las asociaciones gramínea-leguminosa la producción de carne varió entre 300 y 749 g.animal⁻¹.día⁻¹ y 219 a 642,6 kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Pérez y Pérez 2006).

En general, para incrementar los niveles de producción y la rentabilidad en los sistemas ganaderos de una manera sostenible es importante desarrollar estrategias tendientes a incrementar la eficiencia del uso de nutrientes, especialmente nitrógeno (Cruz y Boval 2000; Rincón *et al.* 2010; Bernal 2008). Esta estrategia demanda la evaluación agronómica de nuevos genotipos, en condiciones locales de producción, dada su relación directa con la productividad y calidad de los forrajes (Costa *et*

al. 2009). El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico y nutricional de los genotipos de *Brachiaria brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 26124, 6387 y el control Mulato II manejados con fertilización nitrogenada, solos y asociados con *Pueraria phaseoloides*, en condiciones de la altillanura colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se desarrolló en la sede Taluma de CORPOICA, ubicada en el municipio de Puerto López (Meta, Colombia), con una altura de 150 msnm, precipitación anual promedio de 2.135 mm (Figura 1), 26,8°C de temperatura promedio y una humedad relativa entre 90 y 65% (Jaimes *et al.* 2003). Los suelos son oxisoles fuertemente ácidos, con alta saturación de aluminio y bajo contenido de bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na), materia orgánica y fósforo (Tabla 1).

Preparación de terreno y fertilización de establecimiento

El establecimiento de las praderas se realizó en un lote de 5,6 hectáreas de sabana nativa. La preparación del terreno consistió en un pase de rastra seguido de un pase de cincel y un pase de rastrillo pulidor. Durante la preparación se incorporó una mezcla de cal dolomítica, roca fosfórica y yeso agrícola que aportó Ca 440 – Mg 70 – P 40 – S 15 kg.ha⁻¹. A los 45 días después de la siembra se aplicó una fertilización que aportó N 23 – K 30 – Ca 9 – S 4,5 – Mg 4,5 kg.ha⁻¹.

Dosis de semilla y siembra

La siembra de los genotipos forrajeros se realizó en agosto de 2008 con una voleadora manual. Se utilizaron semillas de *B. brizantha*, provenientes de la Unidad de Semillas del CIAT, y pasto Mulato II comercial con una emergencia del 50 al 70% y pureza superior al 90%. Las dosis de siembra fueron de 5 kg.ha⁻¹ para *Brachiaria* spp. y 3 kg.ha⁻¹ para la leguminosa (*P. phaseoloides* CIAT 9900).

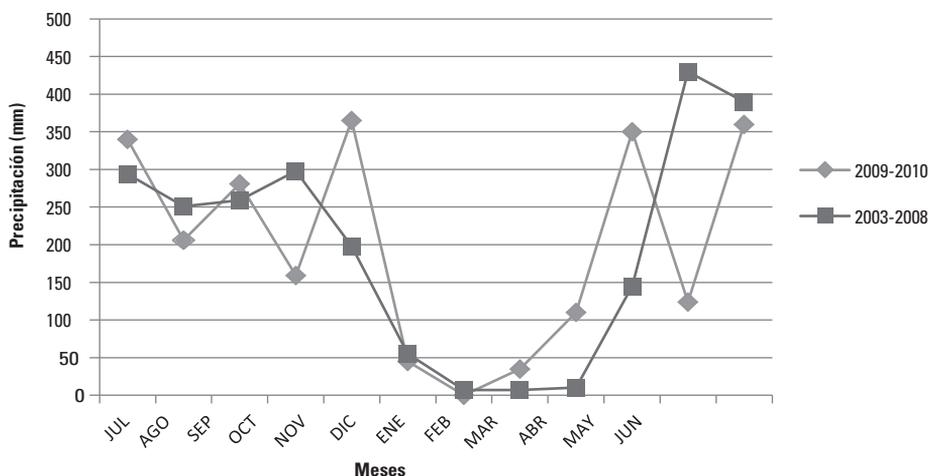


FIGURA 1. Precipitación mensual (mm) en la sede Taluma de CORPOICA entre julio de 2009 y junio de 2010 vs. promedio de precipitación mensual para el mismo periodo entre 2003 y 2008.

TABLA 1. Características fisicoquímicas del suelo en el área de estudio. Sede Taluma – CORPOICA, 2008.

Parámetros										
Profundidad	Textura	pH	P	MO	Sat. Al	Sat. bases	Ca	Mg	K	CIC
			mg.kg-1, Bray II	%		cmol.kg-1				
0 – 20 cm	FA	4,7	5	2,3	63,49	28,57	0,5	0,14	0,08	2,62

Fuente: Laboratorio de Suelos. CORPOICA, 2008.

Tratamientos

Materiales forrajeros. Se establecieron las gramíneas forrajeras *Brachiaria brizantha* CIAT 6387, 16315, 16467, 26124, 26990 y Mulato II en monocultivo y asociadas con *P. phaseoloides* CIAT 9900. Los muestreos se realizaron en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2009 correspondientes a la época de lluvias y en diciembre (2009), enero y marzo de 2010 en la época seca (Figura 1). La cosecha en época de lluvias se realizó a los 28 días del brote y en época seca a los 40 días.

Fertilización nitrogenada. En agosto de 2009 se aplicó una fertilización usando DAP (100 kg.ha⁻¹), cloruro de potasio (50 kg.ha⁻¹), Sulpomag (100 kg.ha⁻¹) y se ajustó con urea hasta lograr la aplicación de los niveles de nitrógeno: N46, N92 y *P. phaseoloides* + N46 por hectárea.

Durante la fase de producción de las praderas se evaluaron las variables:

Producción de forraje. Se utilizó un marco de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) en 10 sitios de cada unidad experimental y se cortó el pasto con una hoz a una altura de 20 cm. Posteriormente se midió el peso verde del forraje mediante una balanza electrónica y luego se sometió a una temperatura de 70°C durante tres días en un horno secador de forraje para determinar el contenido de humedad y materia seca.

Cobertura del suelo (%). Área que cubre la planta en un marco de 0,25m².

Altura de planta (cm). Desde el suelo hasta el pecíolo de la hoja más alta.

Composición botánica (%). Se estimó realizando mediciones del número o densidad de plantas, de la cobertura y el pesaje de las especies presentes (Toledo y Schutze-Kraft 1982).

Calidad nutricional del forraje. Se tomaron muestras de forraje de la gramínea y la leguminosa por separado, así como una muestra *pluck* de 200 g, y se analizó el contenido de nitrógeno total (AOAC 1984), fibra detergente neutro (Van Soest 1967), fibra detergente ácida (Van Soest *et al.* 1991) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Terry y Tilley 1964) en el Laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA. Se estimó la producción de biomasa y la cantidad de N de los materiales evaluados en épocas seca y lluviosa.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en franjas divididas (Steel *et al.* 1990) en donde la parcela correspondió a la gramínea forrajera (25m*75m) y la franja (25m*250m) al nivel de fertilización nitrogenada (N46, N92, y *P. phaseoloides* + N46) con tres repeticiones.

TABLA 2. Contrastes ortogonales planteados para genotipos de *Brachiaria* con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92) que incluye la siembra con Kudzú tropical.

Contrastes
Asociación + N46 vs. Fertilización
Fertilización N92 vs. Fertilización N46
Mulato II + Kudzú + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + Kudzú + N46
<i>B. brizantha</i> 26124 + Kudzú + N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16315, 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46
<i>B. brizantha</i> 16315 + Kudzú + N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46
Mulato II + N92 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N92
<i>B. brizantha</i> 26124 + N92 vs. <i>B. brizantha</i> 16315, 16467, 26990, 6387 + N92
<i>B. brizantha</i> 16315 + N92 vs. <i>B. brizantha</i> 16467, 26990, 6387+N92
Mulato II + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N46
<i>B. brizantha</i> 26124 + N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16315, 16467, 26990, 6387 + N46
<i>B. brizantha</i> 16315 + N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16467, 26990, 6387 + N46

El modelo estadístico utilizado en el estudio fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + \beta_k + \theta_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + \xi_{ijk}$$

En donde:

$i = 1, 2, 3$ ($r =$ número de bloques)

$j = 1, 2, \dots, 10$ ($a =$ número de niveles factor A o genotipo)

$k = 1, 2, 3$ ($b =$ número niveles factor B o manejo agronómico)

μ : promedio de la respuesta general

ρ_i : efecto de los bloques

α_j : efecto del factor A asignado a los genotipos

β_k : efecto del factor B asignado al manejo agronómico (N46, N92, Kudzú + N46)

$(\alpha\beta)_{jk}$: efecto de la interacción genotipo – manejo agronómico

ε_{ij} : error experimental asociado a los genotipos

θ_{ik} : error experimental asociado al manejo agronómico

ξ_{ijk} : error experimental asociado a la interacción genotipo–manejo agronómico.

Las variables agronómicas y nutricionales del forraje (PC, FDN, FDA y DIVMS) se analizaron mediante PROG GLM/ANOVA, para los materiales *B. brizantha* CIAT 26124, 16315, 16467, 26990, 6387 y el testigo Mulato II. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey. Mediante contrastes ortogonales se compararon las diferentes variables relacionadas con el efecto de la fertilización nitrogenada y los genotipos de *Brachiaria* (Tabla 2). Se utilizó la opción Contrast, mediante el procedimiento GLM del programa SAS versión 9.2 (2007).

RESULTADOS

Comportamiento agronómico y productivo de genotipos de *Brachiaria* spp.

Altura de las plantas

En general, los ecotipos forrajeros presentaron mayor altura promedio ($p < 0,001$) durante la época de lluvias comparado con

la época seca (54,76 vs. 31,65 cm) (Tabla 3). En la época de lluvias la altura de los genotipos de *B. brizantha* fue afectada en forma significativa ($p < 0,001$) por la fertilización nitrogenada, alcanzando un desarrollo superior con la aplicación de N92 (47,5 cm) en relación con los tratamientos gramínea + N46 (41,3 cm) y gramínea + leguminosa + N46 (40,7 cm). El *B. brizantha* CIAT 16315 (53,4 cm) superó ($p < 0,001$) la altura de planta de

los demás genotipos forrajeros, mientras que Mulato II presentó la menor altura de planta con 32,1 cm.

Altura de las plantas en época de lluvias. Presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos gramínea + leguminosa + N46 vs. los otros tratamientos con fertilización nitrogenada, con un estimador de la diferencia entre las medias de $-7,9 \pm 1,05$ que evidencia que el tratamiento gramíneas + Kudzú +

TABLA 3. Variables agronómicas de genotipos de *Brachiaria brizantha* con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92) que incluye la siembra con Kudzú tropical. Sede Taluma, CORPOICA, 2010.

Parámetro	Materia seca*		Cobertura	Altura	Composición botánica	
	%	kg/ha			%	cm
Lluvia	27,29 b	2.111,0 a	89,67 a	54,76 a	91,79 b	8,20 a
Seca	52,59 a	1.374,9 b	29,97 b	31,65 b	98,55 a	0,32 b
SEM	0,567	38,66	0,81	0,49	0,44	0,42
Significancia	***	***	***	***	***	***
Gramínea + N46	37,63 b	1.584,0 b	56,4 b	41,3 b	99,0 a	Na
Asociación + N46	43,74 a	1.634,8 b	59,5 b	40,7 b	87,2 b	12,8
Gramínea + N92	38,44 b	2.010,1 a	63,5 a	47,5 a	99,2 a	Na
SEM	0,69	47,35	0,99	0,60	0,54	0,52
Significancia	***	***	***	***	***	***
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	35,16 c	2.040,0 a	63,2 ab	53,4 a	94,3	4,7
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	35,26 c	1.333,7 c	56,9 c	44,5 c	94,8	4,4
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	45,78 a	1.747,0 b	57,0 c	37,9 d	97,1	2,3
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	38,16 bc	1.864,4 ab	65,5 a	48,1 b	95,7	4,1
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	43,45 a	2.033,4 a	59,3 bc	43,0 c	94,1	5,0
Mulato II	41,82 ab	1.439,3 c	56,8 c	32,1 e	94,6	4,8
SEM	4,17	284,11	5,95	3,65	3,24	3,12
Significancia	***	***	***	***	ns	Ns

SEM = Error Estándar de la Media; *** ($p < 0,001$); ns = no significativa; N46 = 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; N92 = 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; *Promedio de 3 cortes por estación (seca y lluviosa). Valores seguidos de letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$).

N46 (49,5 cm) presentó una altura de planta menor en 15,9% en relación con los demás tratamientos fertilizados con N. Por su parte, los genotipos de gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ vs. los genotipos de gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron un estimador de la diferencia entre las medias de 10,3 ± 1,21 ($p < 0,001$) que reflejó una altura de planta superior en 19,7% con la aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ (62,55 cm) en relación con la aplicación de 46 kgN.ha⁻¹ (52,25 cm).

Al comparar el tratamiento Mulato II + Kudzú + N46 con *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + Kudzú + N46 se presentó un estimador de -18,66 ± 2,31 ($p < 0,001$) que indica que el tratamiento control mostró plantas 43,5% más bajas que los genotipos de *B. brizantha* sembrados con Kudzú y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ vs. los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹ presentaron un estimador de -18,66 ± 2,31 ($p < 0,001$) para la variable altura de planta. Lo anterior indica que el pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (47 cm) presentó una altura de planta inferior en 39,7% respecto de los tratamientos de *B. brizantha* fertilizados con 92 N (Tabla 4).

Al comparar el tratamiento *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 con los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 + N92 se observó un estimador de altura de planta de 7,91 ± 2,36 ($p < 0,01$) que muestra como *B. brizantha* CIAT 26124 + N92, con una altura de 72 cm, supera en 12,3% a los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹. La altura de planta de Mulato II + 46 kgN.ha⁻¹ vs. los tratamientos *B.*

brizantha CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + 46 kgN.ha⁻¹ mostraron un estimador de -13,3 ± 2,31 ($p < 0,001$) que indica un 32,3% menor altura de plantas de Mulato II (41,1 cm) fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ en relación con los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 con manejo agronómico similar (Tabla 4).

Altura de las plantas en época seca. El tratamiento Mulato II + Kudzú + N46 vs. los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + Kudzú + N46 presentaron un estimador de -12,9 ± 2,31 ($p < 0,001$). El tratamiento control presentó una altura de planta menor en 61,1% con respecto a los genotipos de *B. brizantha* asociadas con Kudzú y fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹. Al contrastar la altura de planta del tratamiento Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ vs. *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹ se obtuvo un estimador de -13,77 ± 2,31 ($p < 0,001$) que indica que el Mulato II presentó una altura menor (65,5%) en la época seca comparado con los genotipos de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹.

El pasto Mulato II fertilizado con 46 kgN.ha⁻¹, en contraste con los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹, arrojó un estimador de -12,82 ± 2,31 ($p < 0,001$); en consecuencia, el pasto Mulato II (19,8 cm) presentó una altura de planta inferior en 64,7% respecto a los genotipos de *B. brizantha* (Tabla 5).

Composición botánica de las praderas

La composición florística de las praderas fue significativamente diferente ($p > 0,001$) entre épocas del año para los genotipos

TABLA 4. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de genotipos de *Brachiaria* spp. con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92) que incluye la siembra con Kudzú tropical en la época de lluvias en la atillanura. Sede Taluma, CORPOICA, 2010.

Contrastes	MS (kg.ha ⁻¹)			Cobertura (%)			Altura (cm)		
	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización	-130,37	83,76	T	1,52	1,75	Ns	-7,90	1,05	***
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	563,92	96,71	***	9,16	2,02	***	10,30	1,21	***
Mulato II + Kudzú + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + Kudzú + N46	-676,91	183,51	***	-0,83	3,84	Ns	-8,00	2,31	***
Bb. 26124 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46	-668,36	187,29	***	-1,04	3,92	Ns	0,00	2,36	ns
Bb. 16315 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46	21,44	193,43	ns	-1,38	4,05	Ns	20,88	2,43	***
Mulato II + N92 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N92	-211,71	183,51	ns	-1,50	3,84	Ns	-18,66	2,31	***
Bb. 26124 + N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-64,33	187,29	ns	-0,83	3,92	Ns	7,91	2,36	**
Bb. 16315 + N92 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N92	293,81	193,43	T	-6,66	4,05	T	5,00	2,43	*
Mulato II + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N46	-119,00	183,51	ns	1,50	3,84	Ns	-13,30	2,31	***
Bb. 26124 + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-890,41	187,29	***	-0,20	3,92	Ns	1,29	2,36	ns
Bb. 16315 + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N46	388,33	193,43	*	3,05	4,05	Ns	10,83	2,43	***

ES = Error Estándar; T = Tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) + ($p < 0,1$); ** ($p < 0,05$); *** ($p < 0,001$); ns= no significativa; Bb. = *Brachiaria brizantha*; N46 = 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; N92 = 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno.

de *B. brizantha* y la mezcla con Kudzú tropical. Las gramíneas dominaron con valores superiores ($p < 0,001$) en época seca (98,55%) en relación con la época de lluvias (91,79%). El Kudzú tropical presentó una baja participación en la composición botánica de las praderas con un promedio general de 8,2% en la época de lluvias, el cual fue significativamente superior ($p < 0,001$) al observado en la época seca (0,32%). Las praderas de *Brachiaria* spp. no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) en la composición botánica cuando se fertilizaron solo con N (ver Tabla 3).

Cobertura del suelo

La época seca afectó de forma significativa ($p < 0,001$) la cobertura del suelo de las praderas, al pasar de un promedio general de 89,97% en época de lluvias a 29,97% en la época seca. Así mismo, la cobertura del suelo también se vio afectada significativamente ($p < 0,05$) por el nivel de fertilización nitrogenada; en efecto, la aplicación de 92 kg.ha⁻¹ de N a las praderas permitió una mayor cobertura del suelo (63,5%) superando ($p < 0,001$) a los demás niveles de N. Entre gramíneas se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) para la cobertura del suelo, siendo superior en los genotipos *B. brizantha* CIAT 16467 (65,5%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (63,2%) (ver Tabla 3).

La cobertura del suelo en época de lluvias mostró que la fertilización con 92 kgN.ha⁻¹ vs. la fertilización con 46 kgN.ha⁻¹ presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) con un estimador de 4,91 ± 2,02 al permitir incrementos del 17,3% en la cobertura del suelo cuando se aplicaron 92 kgN.ha⁻¹ en relación con la aplicación de 46 kgN.ha⁻¹ (33,2% vs. 28,3%) (Tabla 5). El pasto Mulato II fertilizado con 92

kgN.ha⁻¹ vs. los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹, presentó un estimador de -13,1 ± 3,84 ($p < 0,01$) que indica que el pasto Mulato II (22,3%) presentó una cobertura del suelo inferior en 58,7% respecto de los genotipos de *B. brizantha*. El contraste entre *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 vs. *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 + N92 presentó un estimador de -9,91 ± 3,92 ($p < 0,05$). El tratamiento Mulato II + 46 kgN.ha⁻¹ presentó una reducción en la cobertura del suelo de 58,9% en relación con las praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 en condiciones similares de manejo agronómico ($p < 0,01$).

Producción de forraje

La producción media de biomasa fue significativamente mayor ($p < 0,01$) durante la época de lluvias (2.111 kgMS.ha⁻¹) con relación a la época seca (1.375 kgMS.ha⁻¹); esta diferencia representó una reducción del 34,8% en la oferta de biomasa de las praderas. Desde el punto de vista del manejo agronómico, los mayores rendimientos de forraje se alcanzaron con la aplicación de 92 kg.ha⁻¹ de N (2.010 kgMS.ha⁻¹) comparado con gramínea-leguminosa+N46 (1.635 kgMS.ha⁻¹) ($p < 0,001$), el cual fue similar ($p > 0,05$) a las gramíneas fertilizadas con N46 (1.584 kgMS.ha⁻¹) (ver Tabla 3). Los genotipos más promisorios, por su producción de biomasa, fueron *B. brizantha* CIAT 16315 (2.040 kgMS.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (2.033 kgMS.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 16467 (1.864 kgMS.ha⁻¹); en contraste, los materiales con menor oferta de forraje fueron *B. brizantha* CIAT 26124 (1.333,7 kgMS.ha⁻¹) y pasto Mulato II (1.439,3 kgMS.ha⁻¹) (ver Tabla 3).

TABLA 5. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de genotipos de *Brachiaria* spp. con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92) que incluye la siembra con Kudzú tropical en época seca en la altillanura. Sede Taluma, CORPOICA, 2010.

Contrastes	MS (kg.ha ⁻¹)			Cobertura (%)			Altura (cm)		
	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign
	Asociación + N46 vs. Fertilización	-194,12	83,76	*	-2,45	1,75	ns	0,39	1,05
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	288,24	96,71	**	4,91	2,02	*	1,98	1,21	T
Mulato II + Kudzú + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + Kudzú + N46	-70,66	183,51	ns	4,00	3,84	ns	-12,90	2,31	***
Bb. 26124 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46	-446,66	187,29	*	-6,45	3,92	T	-5,29	2,36	*
Bb. 16315 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46	-151,11	193,43	ns	-8,61	4,05	*	9,16	2,43	***
Mulato II + N92 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N92	-489,21	183,51	**	-13,10	3,84	**	-13,77	2,31	***
Bb. 26124 + N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-1006,66	187,29	***	-9,91	3,92	*	-6,75	2,36	**
Bb. 16315 + N92 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N92	604,44	193,43	**	21,40	4,05	***	9,65	2,43	***
Mulato II + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N46	-618,66	183,51	**	11,20	3,84	**	-12,82	2,31	***
Bb. 26124 + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-448,33	187,29	*	-7,75	3,92	+	-4,03	2,36	+
Bb. 16315 + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N46	-206,66	193,43	ns	7,88	4,05	+	6,61	2,43	**

ES = Error Estándar; T = Tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) + ($p < 0,1$); ** ($p < 0,05$); *** ($p < 0,001$); ns= no significativa; Bb. = *Brachiaria brizantha*; N46 = 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; N92 = 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno.

Producción de forraje en época de lluvias.

En época de lluvias la producción de forraje de las gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ vs. genotipos fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹ presentó un estimador de 563,92 ± 96,71 ($p < 0,001$), con un rendimiento superior del 30.1% para la dosis más alta de nitrógeno (2436.4 kgMS.ha⁻¹ vs. 1872.5 kgMS.ha⁻¹) (Tabla 4). El tratamiento testigo (Mulato II + Kudzú + N46) cuando fue comparado con las accesiones *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + Kudzú + N46 arrojó un estimador de -676,91 ± 183,51 ($p < 0,001$) que indica que la pradera testigo (1.460 kgMS.ha⁻¹) presentó 31,6% menor rendimiento de materia seca durante la época de lluvias con respecto a los genotipos de *B. brizantha* + Kudzú + 46 kgN.ha⁻¹ (Tabla 4).

Al comparar la producción de biomasa de *B. brizantha* CIAT 26124 + Kudzú + N46 con *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990 y 6387 + Kudzú + N46 se encontró un estimador de la diferencia de -668,36 ± 187,29 ($p < 0,001$) que señala una reducción del 29,4% en los rendimientos de *B. brizantha* CIAT 26124 + Kudzú + N46 (1.602,2 kgMS.ha⁻¹) frente a los demás tratamientos de gramínea-leguminosa + N46. Al contrastar el tratamiento *B. brizantha* CIAT 26124 + N46 con los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26990, 16467, 6387 + N46 se observó un estimador de la diferencia de -890,41 ± 187,29 ($p < 0,001$) que indica que *B. brizantha* CIAT 26124 + 46 kgN.ha⁻¹ (1.180 kgMS.ha⁻¹) presenta una reducción del 43,0% en la producción de biomasa seca en comparación con las demás genotipos de *B. brizantha* evaluados. Los rendimientos de forraje de *B. brizantha* CIAT 16315 + 46 kgN.ha⁻¹, en contraste con las accesiones de *B. brizantha* CIAT

16315, 16467, 26990 y 6387 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, arrojaron un estimador de la diferencia de medias de 388,3 ± 193,4 ($p < 0,05$). En consecuencia, el rendimiento de forraje de *B. brizantha* CIAT 16315 (2.361,6 kgMS.ha⁻¹) fue superior 19,7% respecto a los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990 y 6387 fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹ (Tabla 4). El tratamiento *B. brizantha* CIAT 26124 + Kudzú + N46 (1602.2 kgMS.ha⁻¹), frente a las demás gramíneas + leguminosa + N46, presentó menor producción de materia seca. El cultivar *B. brizantha* CIAT 16315 fertilizado con 46 kgN.ha⁻¹ (2.361,6 kgMS.ha⁻¹) superó significativamente ($p < 0,05$) los rendimientos de forraje de los genotipos de *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990 y 6387 sometidos al mismo nivel de fertilización nitrogenada.

Producción de forraje en época de seca.

Durante la época seca la producción de forraje de los tratamientos de gramínea + leguminosa + N46 vs. gramíneas fertilizadas con N, presentó un estimador de -194,12 ± 83,76 ($p < 0,001$), que indica que el tratamiento de gramíneas + Kudzú + N46 (1.245,5 kgMS.ha⁻¹) mostró una reducción del 15,5% en la producción de MS con relación a los genotipos de gramíneas fertilizadas con N. Las gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ vs. gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron un estimador de 288.24 ± 96.71 ($p < 0,01$) mostrando un rendimiento de forraje superior a 22,2% para el tratamiento de 92 kg.ha⁻¹ de N (1.583,7 kgMS.ha⁻¹ vs. 1.295,5 kgMS.ha⁻¹) (ver Tabla 5).

Al contrastar los rendimientos de materia seca del pasto Mulato II + 92 kgN.ha⁻¹ con los genotipos de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 con el mismo nivel de fertilización, se observó un estimador de -489,21 ±

183,51 ($p < 0,01$) que demuestra que el pasto Mulato II, fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (1176.1 kgMS.ha⁻¹), presentó rendimientos de forraje inferiores en un 41,5% con relación a las accesiones de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹.

Al comparar *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 con los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 + N92 se observó un estimador de $-1.006,66 \pm 187,29$ ($p < 0,01$). El genotipo *B. brizantha* CIAT 26124 + N42 presentó rendimientos de $-448,33$ kgMS.ha⁻¹ equivalentes a 117% menos biomasa que los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990 y 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹. Igualmente, al comparar *B. brizantha* CIAT 16315 + N92 con los genotipos *B. brizantha* CIAT 16467, 26990, 6387 + N92, el estimador de diferencia entre los promedios fue de $604,44 \pm 193,43$ ($p < 0,01$) que representa una producción de forraje 35,2% mayor del *B. brizantha* CIAT 16315 + N92 (2320 kgMS.ha⁻¹) (ver Tabla 5).

El pasto Mulato II + 46 kgN.ha⁻¹ vs. praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + 46 kgN.ha⁻¹, con un estimador de $-618,66 \pm 183,51$ ($p < 0,01$), evidenció que Mulato II + 46 kgN.ha⁻¹ con una producción de 780 kgMS.ha⁻¹ presentó una reducción del 32,3% en la producción de biomasa respecto de los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + N46. Durante la época seca, la comparación entre *B. brizantha* CIAT 26124+N46 y los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26990, 16467, 6387 + N46, mostró que la producción de forraje fue significativamente diferente ($p < 0,05$) con un estimador de $-448,33 \pm 187,28$, y una reducción del 43,1% en

los rendimientos de MS de *B. brizantha* CIAT 26124+N46 (1.040 kgMS.ha⁻¹) con respecto a los demás genotipos de *B. brizantha* + N46 (ver Tabla 5).

Contenido nutricional del forraje de genotipos de *Brachiaria brizantha*

En este estudio el contenido promedio de materia seca (MS) (50,79% vs. 25,52%), al igual que la concentración de FDN (67,92% vs. 59,26%) y FDA (36,34% vs. 27,11%) en los diferentes materiales forrajeros, fue significativamente mayor ($p < 0,001$) durante la época seca en relación con la época de lluvias, mientras que los contenidos de proteína cruda (PC) (4,39 vs. 11,29%) y la degradabilidad del forraje (52,82 vs. 77%) fueron significativamente superiores ($p < 0,001$) durante la época de lluvias (Tabla 6).

Los genotipos de *Brachiaria brizantha* respondieron positivamente a la fertilización nitrogenada en términos de contenido nutricional ($p < 0,001$). El tratamiento gramíneas + N92 presentó valores significativamente ($p < 0,001$) superiores de PC (9,55%) y degradabilidad del forraje (65,7%), así como los menores contenidos de materia seca (37,05%), FDN (61,97%) y FDA (30,55%) en relación con genotipos fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹ y los genotipos asociados con Kudzú y fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹. En general, *B. brizantha* CIAT 26990 y CIAT 6387 presentaron los mayores ($p < 0,001$) contenidos de materia seca del forraje con valores de 43,53 y 51,75%, respectivamente, mientras que el Mulato II (control) alcanzó 37,06% (Tabla 6). Con relación a los contenidos de proteína cruda se destacaron los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315 (8,34%) y CIAT 26124 (8,06%) que presentaron diferencias significativas ($p < 0,001$) con

los demás tratamientos evaluados, excepto con el control.

Los contenidos de FDN fueron significativamente diferentes ($p < 0,001$) entre genotipos, sobresaliendo por sus menores concentraciones *B. brizantha* CIAT 26124 (60,15%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (62,4%), mientras que *B. brizantha* CIAT 26990 (67,02%) y *B. brizantha* CIAT 6387 (64,78%) expresaron los mayores contenidos de FDN. La FDA de los diferentes genotipos se vió afectada de manera significativa ($p < 0,001$) por los niveles de N. Los valores más bajos de FDA se encontraron en *B. brizantha* CIAT 26124 (29,86%), Mulato II (30,99%), *B. brizantha* CIAT 26990 (31,62%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (31,87%), mientras que los niveles significativamente superiores ($p < 0,001$) fueron para *B. brizantha* CIAT 6387 (33,66%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (32,36%) (Tabla 6).

La degradabilidad del forraje fue significativamente diferente ($p < 0,001$) entre las gramíneas estudiadas, destacándose por su superioridad ($p < 0,001$) los genotipos *B. brizantha* CIAT 26124 (69,12%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (66,28%) en relación con los demás genotipos. La menor degradabilidad del forraje se encontró en *B. brizantha* CIAT 6387 (62,08%), *B. brizantha* CIAT 26990 (62,23%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (64,45%) que fueron estadísticamente similares ($p > 0,15$) con el control Mulato II (65,31%) (Tabla 6).

Contenido nutricional del forraje de genotipos de *Brachiaria brizantha* durante la época de lluvias

Al contrastar el tratamiento de gramínea + leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ vs. gramíneas fertilizadas con nitrógeno, el contenido de materia seca del forraje no

fue significativamente diferente ($p > 0,15$) durante la época de lluvias; sin embargo, los contenidos de PC ($p < 0,001$), FDN y la degradabilidad del forraje presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,15$), mientras que la FDA mostró una tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) a favor de la siembra de la gramínea con la leguminosa (Tabla 7).

El tratamiento gramínea + leguminosa + N46 presentó una PC del 10% en el forraje, inferior un 19% frente a la fertilización nitrogenada, posiblemente debido a la baja proporción de la leguminosa en las praderas. La FDN y la FDA fueron, respectivamente, 4% y 4,3% superiores en el tratamiento gramínea + leguminosa + 46N (60,8% y 27,9%) frente a los tratamientos con sólo fertilización nitrogenada. La degradabilidad del forraje fue 3,6% menor en el tratamiento gramínea + leguminosa + N46 (75,1%) en relación con las gramíneas fertilizadas con sólo N (Tabla 7).

El contraste de la fertilización con 92 kgN.ha⁻¹ vs. la fertilización con 46 kgN.ha⁻¹, evidenció una tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) a favor (11,7%) del nivel inferior de N para el contenido de MS del forraje (26,6% vs. 23,8%), mientras que el contenido de PC fue superior ($p < 0,001$) en un 39,5% con la aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ (13,8% vs. 9,9%). La FDN fue un 6% menor ($p < 0,001$) en gramíneas fertilizadas con N92 (56,7%) en relación con gramíneas fertilizadas con N46 (60,1%). La FDA fue significativamente superior ($p > 0,15$), un 10% con la aplicación de N46, mientras que la degradabilidad del forraje mostró una tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) superior en genotipos fertilizados con N92 (78,8%) (Tabla 7).

El pasto Mulato II + 92 kgN.ha⁻¹, en contraste con *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + 92 kgN.

ha⁻¹, demostró para los contenidos de PC una tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) superior del 3,0% en los genotipos de *B. brizantha* fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹ respecto del tratamiento control (13,5%). De otro parte, la FDN de Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (60,4%) superó en forma significativa ($p < 0,05$), por un 7,7%, a los contenidos observados en genotipos de *B. brizantha* con el mismo nivel de fertilización nitrogenada durante la época de lluvias.

El Mulato II, fertilizado con 46 kgN.ha⁻¹, presentó contenidos de PC de 11,5% significativamente superiores ($p < 0,001$) en 19,0% a los encontrados en los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + N46 (Tabla 7). Los niveles de FDA variaron significativamente ($p > 0,05$) en el tratamiento Mulato II + N46 (24,6%) con relación a los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + 46 kgN.ha⁻¹ que presentaron un contenido 16,5% mayor de FDA.

TABLA 6. Contenido nutricional del forraje de genotipos de *Brachiaria* spp. con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92) que incluye la siembra con Kudzú tropical durante la época de lluvias en la altillanura. Sede Taluma, CORPOICA, 2010.

Tratamiento	MS	PC	FDN	FDA	DEG
Lluvia	25,52 b	11,29 a	59,26 b	27,11 b	77,00 a
Seca	50,79 a	4,39 b	67,92 a	36,34 a	52,82 b
SEM	0,66	0,07	0,39	0,33	0,46
Significancia	***	***	***	***	***
Gramínea + N46	36,40 b	6,97 b	63,93 a	32,30 a	65,42 ab
Asociación + N46	41,01 a	7,00 b	64,86 a	32,33 a	63,55 b
Gramínea + N92	37,05 b	9,55 a	61,97 b	30,55 b	65,76 a
SEM	0,81	0,08	0,48	0,4	0,56
Significancia	***	***	***	***	***
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	34,64 c	8,34 a	62,40 bc	31,87 abc	66,28 ab
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	36,55 c	8,06 ab	60,15 c	29,86 c	69,12 a
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	43,53 a	7,67 bc	67,02 a	31,62 abc	62,23 c
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	35,57 c	7,21 c	63,71 b	32,36 ab	64,45 bc
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	41,57 ab	7,56 bc	64,78 ab	33,66 a	62,08 c
Mulato II	37,06 bc	8,18 a	63,47 b	30,99 bc	65,31 bc
SEM	4,87	0,52	2,92	2,45	3,38
Significancia	***	***	***	***	***

MS = Materia seca; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra en detergente neutro; FDA = Fibra en detergente ácido; DEG = Degradabilidad; SEM = Error Estándar de la Media; *** ($p < 0,001$); N46 = 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; N92 = 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno. Valores seguidos de letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$).

TABLA 7. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de genotipos de *Brachiaria brizantha* con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92) que incluye la siembra con Kudzú tropical durante la época de lluvias en la altillanura. Sede Taluma, Corpoica, 2010.

Contraste ortogonal	MS		PC		FDN (%)		FDA		DEG.	
	Est.	Sign	Est.	Sign	Est.	Sign	Est.	Sign	Est.	Sign
	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Asociación + N46 vs. Fertilización	0,74	1,58 ns	-1,90	0,15 ***	2,35	0,85 **	1,17	0,74 T	-2,72	0,99 **
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	-2,79	1,83 T	3,92	0,17 ***	-3,42	0,99 ***	-2,55	0,86 **	1,87	1,15 T
Mulato II + Kudzú + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + Kudzú + N46	-0,20	3,47 ns	0,25	0,33 ns	-1,20	1,88 ns	-0,16	1,63 ns	-0,86	2,18 ns
Bb. 26124 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990,										
6387 + Kudzú + N46	0,23	3,54 ns	-0,26	0,34 ns	-6,79	1,92 ***	-5,45	1,66 **	6,41	2,23 **
Bb. 16315 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46	-1,91	3,66 ns	0,66	0,35 ns	-5,45	1,98 **	-1,26	1,72 ns	1,35	2,30 ns
Mulato II + N92 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N92	-1,96	3,47 ns	-0,41	0,33 T	4,36	1,88 *	0,18	1,63 ns	0,60	2,18 ns
Bb. 26124 + N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-0,97	3,54 ns	0,55	0,34 **	-3,80	1,92 +	-0,77	1,66 ns	4,12	2,23 +
Bb. 16315 + N92 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N92	-0,94	3,66 ns	1,00	0,35 ***	-4,66	1,98 *	-2,10	1,72 ns	4,90	2,30 *
Mulato II + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N46	-2,91	3,47 ns	1,84	0,33 ***	-2,03	1,88 ns	-4,08	1,63 *	0,87	2,18 ns
Bb. 26124 + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-1,85	3,54 ns	-0,07	0,34 ns	-6,91	1,92 ***	-3,47	1,66 *	2,58	2,23 ns
Bb. 16315 + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N46	-2,23	3,66 ns	1,30	0,35 ***	-0,35	1,98 ns	-1,30	1,72 ns	-4,08	2,30 +

MS = Materia seca; PC = proteína cruda; FDN = Fibra en detergente ácido; DEG = Degradabilidad; Bb. = *B. brizantha*; ES = Error Estándar; T = Tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) + ($p < 0,1$); ** ($p < 0,05$), *** ($p < 0,001$); ns = no significativa; N46 = 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; N92 = 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; Est.=Estimador.

Contenido nutricional del forraje de materiales de *Brachiaria brizantha* durante la época seca

Durante la época seca el contraste del tratamiento gramínea + leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹ vs. el tratamiento gramíneas fertilizadas con N, presentó diferencias significativas en los contenidos de materia seca ($p < 0,001$), proteína cruda ($p < 0,001$) y FDN ($p < 0,01$), mientras que la FDA y la degradabilidad del forraje no fueron significativamente ($p < 0,15$) diferentes entre los tratamientos experimentales (Tabla 8). El tratamiento de gramínea + leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹ presentó niveles de MS del 56%, PC del 3,9% y FDN del 68,9% que representaron 16,2% más contenido de MS, 15,6% menos PC y 2,1% más FDN que los tratamientos de gramíneas fertilizadas con solo N (Tabla 8).

Al comparar la aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ vs. 46 kgN.ha⁻¹ a las praderas no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,15$) para los niveles de FDN, FDA y degradabilidad del forraje, mientras que los contenidos de MS ($p < 0,05$) y PC presentaron diferencias ($p < 0,001$). Las gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (50,2%), acumularon 8,8% más materia seca que las gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹; sin embargo alcanzaron 5,2% de PC en el forraje, lo que significó un incremento del 31,7% en la oferta de PC del forraje con relación a las gramíneas de *B. brizantha* fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (Tabla 8).

El nivel de materia seca de Mulato II + N92 (45,3%) superó por un 15,0% al contenido observado en los tratamientos *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + N92; además, presentó 10,2% más PC (5,6%) y 8,1% mayor degradabilidad del forraje (56,2%) que los genotipos de *B. brizantha*, mientras que la FDA fue 8,3% menor (Tabla 8).

DISCUSIÓN

La baja producción bovina en la altillanura colombiana se asocia con un manejo ineficiente de la materia seca disponible en las pasturas. De una parte, se cuenta con un número restringido de gramíneas forrajeras adaptadas del género *Brachiaria* (Rincón *et al.* 2010; Pérez y Pérez 2006) y falta información sobre el aporte de la fertilización nitrogenada y el papel de la leguminosa en su aporte de N al sistema de producción en comparación con el uso de fertilizantes sintéticos. En la microrregión, aunque no es común la fertilización nitrogenada para el mantenimiento de las praderas, en condiciones excedentarias puede depositarse en acuíferos superficiales, subterráneos y en la atmósfera incrementando el contenido de N en ellos (óxido nitroso, lluvia ácida, efecto invernadero y eutrofización de acuíferos) debido a la ineficiencia de su utilización por parte de las gramíneas (Martha Jr. *et al.* 2004; Castro *et al.* 2009; Rincón 2012); se ha calculado que entre el 70 y 80% de los minerales extraídos en el forraje consumido por los bovinos, retornan al suelo en las excretas (Rincón *et al.* 2010; Dubeaux *et al.* 2004).

La altura de las plantas fue mayor durante la época de lluvias comparada con la época seca en los genotipos de *Brachiaria* spp. (54,76 cm vs. 31,65 cm). De acuerdo con Da Silva (2008), las variaciones que presentan las plantas en su crecimiento en épocas climáticas contrastantes se deben a factores abióticos como la temperatura, que estimula la actividad específica de los meristemas a través de un efecto coordinado entre los procesos de división y de expansión celular. De tal forma que, cuando se someten a temperaturas crecientes, las plantas responden linealmente incrementando la tasa de aparición de hojas.

TABLA 8. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de genotipos de *Brachiaria brizantha* con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92) que incluye la siembra con Kudzú tropical durante la época seca en la Altillanura. Sede Taluma, CORPOICA, 2010.

Contraste ortogonal	MS		PC		FDN (%)		FDA		DEG.						
	Est.	Sign	Est.	Sign	Est.	Sign	Est.	Sign	Est.	Sign					
	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES					
Asociación + N46 vs. Fertilización	7,82	1,58	***	-0,61	0,15	***	1,46	0,85	+	0,62	0,74	ns	-1,35	0,99	ns
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	4,09	1,83	*	1,24	0,17	***	-0,50	0,99	ns	-0,95	0,86	ns	-1,19	1,15	ns
Mulato II + Kudzú + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + Kudzú + N46	4,12	3,47	ns	0,08	0,33	ns	-0,84	1,88	ns	1,60	1,63	ns	0,33	2,18	ns
Bb. 26124 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46	5,46	3,54	T	0,60	0,34	+	-2,67	1,92	ns	-0,50	1,66	ns	5,97	2,23	**
Bb. 16315 + Kudzú + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + Kudzú + N46	-0,51	3,66	ns	0,53	0,35	T	-1,43	1,98	ns	-0,40	1,72	ns	8,03	2,30	***
Mulato II + N92 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N92	-5,92	3,47	+	0,52	0,33	T	-1,18	1,88	ns	-2,83	1,63	+	4,22	2,18	+
Bb. 26124 + N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-8,33	3,54	*	0,65	0,34	+	-3,10	1,92	T	-1,66	1,66	ns	6,96	2,23	**
Bb. 16315 + N92 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N92	-13,45	3,66	***	1,06	0,35	**	-2,66	1,98	ns	0,58	1,72	ns	3,41	2,30	T
Mulato II + N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N46	-1,00	3,47	ns	0,21	0,33	ns	0,02	1,88	ns	-0,02	1,63	ns	-2,25	2,18	ns
Bb. 26124 + N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-8,22	3,54	*	0,70	0,34	+	-2,72	1,92	ns	-3,27	1,66	+	6,12	2,23	**
Bb. 16315 + N46 vs. Bb. 16467, 26990, 6387 + N46	-14,42	3,66	***	0,60	0,35	+	-2,03	1,98	ns	0,43	1,72	ns	6,56	2,30	**

MS = Materia seca; PC = proteína cruda; FDN = Fibra en detergente ácido; DEG = Degradabilidad; Bb. = *B. brizantha*; ES = Error Estándar; T = Tendencia ($p = 0,1 < 0,15$) + ($p < 0,1$); ** ($p < 0,05$), *** ($p < 0,001$); ns = no significativa; N46 = 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; N92 = 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno; Est.=Estimador.

Sin embargo, el déficit de agua reduce esta variable. Algunos autores señalan que una buena eficiencia fotosintética se da cuando la temperatura se encuentra en el rango entre 15 a 45°C (Sage y Kubein 2007). Teniendo en cuenta que las temperaturas que se presentaron durante la época seca en el área de influencia del estudio variaron entre 20 y 36°C, se infiere que el factor limitante fue la precipitación.

En la época de lluvias, la altura de los genotipos de *Brachiaria* fue significativamente superior con la aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ (47,5 cm) con relación a la fertilización de 46 kgN.ha⁻¹ (41,3 cm) y la gramínea + Kudzú + 46 kgN.ha⁻¹ (40,7 cm). Lo anterior confirma los resultados encontrados en la literatura (Garcez Neto *et al.* 2002; Fagundes *et al.* 2006) quienes observaron que la tasa de elongación se incrementó linealmente con la dosis de nitrógeno. En este sentido Oliveira *et al.* (2007) plantean que, en condiciones de alta disponibilidad de N, ocurre un aumento en el crecimiento de la planta, con elongación de los entrenudos, empujando a las hojas nuevas por encima de la hoja precedente, ocasionando un aumento en la tasa de aparición de hojas. Igualmente, el N estimula la producción de nuevas células, medio por el cual la planta cambia de tamaño (Garcez Neto *et al.* 2002). Entre los genotipos de *Brachiaria* spp., se destacó *B. brizantha* CIAT 16315 (53,4 cm). Al respecto dos Santos *et al.* (2008) sugiere que los genotipos más productivos de gramíneas forrajeras normalmente son aquellos que presentan una mayor elongación de las plantas.

Los genotipos de *Brachiaria* spp. presentaron una cobertura del suelo promedio del 89,97% en época de lluvias y del 29,97% en época seca. Al respecto, Santos (1993) afirma que en regiones con periodos de

deficiencia hídrica marcados se observa una menor cobertura vegetal del suelo y se generan mayores riesgos de erosión, agravada por las condiciones físicas del suelo que comprometen la sostenibilidad de estos agroecosistemas. Además, la cobertura del suelo en genotipos de *Brachiaria* spp. se vio afectada por la fertilización nitrogenada. En este sentido, la aplicación de 92 kg.ha⁻¹ de N permitió una mayor cobertura del suelo (63,5%). Las gramíneas asociadas con Kudzú, y fertilizadas con 46 kg.ha⁻¹ de N, alcanzaron una cobertura promedio de 59,5%, similar a la obtenida con la aplicación de 46 kg.ha⁻¹ de N (56,4%). Entre los genotipos de *Brachiaria* spp., la mejor cobertura del suelo se logró con *B. brizantha* CIAT 16467 (65,5%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (63,2%). Al respecto, Pérez *et al.* (2011) reportaron en el Piedemonte del Meta, en praderas de *Brachiaria* spp. en monocultivo, que la cobertura del suelo varió entre 72,03 y 82,22%, mientras que en praderas de gramínea + leguminosa, la cobertura del suelo varió entre 76,16 y 85,89%.

La composición florística de las praderas de *Brachiaria* spp. fue diferente entre épocas del año, tanto para las gramíneas solas como para las asociadas con Kudzú tropical. En general, las gramíneas presentaron mayor dominio en las praderas en época seca (98,55%) con relación a la época de lluvias (91,79%), haciendo evidente una gran capacidad de adaptación y buen comportamiento agronómico en las condiciones de clima y suelo representativos de la altillanura: por su parte, la leguminosa Kudzú tropical participó solamente con un 8,2% en la composición botánica de las praderas en la época de lluvias.

Las condiciones climáticas propias de la altillanura con altas temperaturas durante todo el año con un período de

lluvias bien definido, limitan la producción y disponibilidad del forraje, cuya dinámica depende de la precipitación pluvial, su distribución y la temperatura (Bernal 2008; Álvarez y Rincón 2010). En estas condiciones, el comportamiento agronómico de genotipos de *Brachiaria* spp. fue influido por las condiciones climáticas, lo cual se refleja en variables como el contenido de materia seca, la producción de forraje, la cobertura del suelo, la altura de planta y la participación del Kudzú en la composición botánica de las praderas.

La producción de forraje de los genotipos de *Brachiaria* spp. evaluados fue mayor durante la época de lluvias (2.111 kgMS. ha⁻¹) con relación a la época seca (1.375 kgMS.ha⁻¹); los genotipos más promisorios desde el punto de vista de producción de biomasa fueron *B. brizantha* CIAT 16315 (2.040 kgMS.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 6387 (2.033 kgMS.ha⁻¹). Estos resultados fueron superiores a los reportados por Pérez *et al.* (2011) en el Piedemonte del Meta, en praderas en monocultivo con cortes cada 28 días, en donde los mejores rendimientos se obtuvieron con *B. brizantha* CIAT 26124 (500,2 kgMS.ha⁻¹) y a los reportes de Pérez y Cuesta (1994) y Rincón *et al.* (2010) en trabajos con *B. decumbens* en monocultivo y asociado con leguminosas en la Orinoquia colombiana. Keller-Grein *et al.* (1996), al evaluar una colección del género *Brachiaria* en pequeñas parcelas, reportan que además de *B. brizantha* cv. Toledo y *B. brizantha* CIAT 26318, se destacaron *B. brizantha* CIAT 16467, 16315 y 26124 con las mejores producciones de MS (4.700 a 5.800 kgMS.ha⁻¹).

Los resultados muestran un comportamiento fundamental de las plantas frente a las condiciones climáticas, ya que procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la respiración, la fotorespiración y la evapotranspi-

ración, están influidos por la temperatura y por el régimen de precipitación y su distribución, por lo que cualquier variación de estos factores se refleja en la producción de materia seca y la productividad de la pradera (Verdecia *et al.* 2009). De otra parte, el mayor rendimiento estacional del forraje se asocia con la temperatura que, en condiciones tropicales, se encuentra entre 25 y 35°C (Sage y Kubein 2007; Ramirez *et al.* 2009) con una interacción directa con la precipitación, estimándose que el crecimiento de las especies forrajeras en el trópico es mayor cuando la precipitación mensual excede en aproximadamente 150 mm la tasa de evaporación (Enríquez *et al.* 1999). Igualmente, se hace evidente en este estudio que existe una correlación positiva entre la cantidad de lluvia y el rendimiento de la materia seca como lo afirman también Ramírez *et al.* (2009).

Desde el punto de vista agronómico, los mayores rendimientos de forraje se alcanzaron con la aplicación de 92 kg.ha⁻¹ de N (2.010 kgMS.ha⁻¹), superando a los genotipos asociados con Kudzú + 46 kg.ha⁻¹ de N (1.635 kgMS.ha⁻¹) que presentaron rendimientos similares a los genotipos fertilizados con 46 kg.ha⁻¹ de N (1.584 kgMS.ha⁻¹). Estos resultados coinciden con reportes de Rincón (2012) que indica que la producción de forraje de *B. decumbens* y pasto Toledo (*B. brizantha*) se incrementa hasta la dosis de 150 kg.ha⁻¹ de N. Estos resultados demuestran los beneficios de la fertilización nitrogenada en términos de producción de materia seca (Santos *et al.* 2009) y confirman que la baja disponibilidad de N es uno de los factores que más limita la producción de forrajes en suelos tropicales (Santos *et al.* 2002; Rincón, 2012).

El valor nutricional de los genotipos de *Brachiaria* spp. presentó variaciones

con la época del año siendo superior en la época de lluvias, dado que la fertilización nitrogenada contribuye a mejorar la calidad de la pradera en razón a que el meristemo apical se convierte en un fuerte sumidero de nutrientes, como el N, el cual juega un papel importante en la producción de nuevas hojas y tallos (Fagundes *et al.* 2006; Moraes *et al.* 2006). Entre los genotipos de *Brachiaria* spp. el contenido promedio de materia seca (MS) (50,79% vs. 25,52%), al igual que las concentraciones de FDN (67,92% vs. 59,26%) y FDA (36,34% vs. 27,11%) del forraje fueron superiores durante la época seca en relación con la época de lluvias, mientras que los contenidos de proteína cruda (PC) (4,39 vs. 11,29%) y la degradabilidad del forraje (52,82 vs. 77%) fueron mayores durante la época de lluvias. Este comportamiento puede explicarse por una mayor participación del follaje de los pastos durante la estación lluviosa en respuesta a la aplicación de N comparado con la temporada de sequía (Alvim *et al.* 1996).

Los genotipos de *Brachiaria* spp. respondieron positivamente a la fertilización nitrogenada en términos de contenido nutricional. Según França *et al.* (2007), el N tiene influencia sobre el valor nutricional del forraje al promover variaciones en la composición química del forraje. El tratamiento gramíneas + N92 mostró valores superiores de PC (9,55%) y degradabilidad del forraje (65,7%), así como los menores contenidos de materia seca (37,05%), FDN (61,97%) y FDA (30,55%) con relación a las gramíneas fertilizadas con N46 y las gramíneas asociadas con Kudzú y fertilizadas con N46.

Los genotipos de *B. brizantha* CIAT 26990 y CIAT 6387 presentaron mayores contenidos de materia seca con valores de 43,53 y 51,75%, respectivamente. Con relación a los contenidos de PC se desta-

caron los genotipos *B. brizantha* CIAT 16315 (8,34%) y CIAT 26124 (8,06%). Al respecto, Gómez *et al.* (2000), al evaluar varios genotipos de *Brachiaria* spp., encontraron que la media de proteína cruda (PC) fue 7,6% con una degradabilidad de la MS del 65,1%. Los resultados del estudio son normales para gramíneas tropicales y se pueden considerar como satisfactorios si se tiene en cuenta las condiciones del mismo. Dairy Australia (2005) plantea que en este tipo de plantas, la PC debe oscilar entre 8 a 18%, de acuerdo con la edad y el nivel y tipo de fertilización.

Los contenidos de FDN fueron menores en los genotipos *B. brizantha* CIAT 26124 (60,15%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (62,4%), mientras que *B. brizantha* CIAT 26990 (67,02%) y *B. brizantha* CIAT 6387 (64,78%) expresaron los mayores contenidos de FDN. Gerdes *et al.* (2000) encontraron para el pasto Marandú, fertilizado con 100 kgN.ha⁻¹, niveles de FDN de 65,42%. Euclides (2001) afirma que, pese a la gran productividad de las gramíneas tropicales, a medida que avanza el desarrollo vegetativo ocurre una drástica disminución del valor proteico y un aumento en los contenidos de fibra asociados con el aumento de la concentración de lignina.

Los contenidos de FDA fueron menores en los genotipos *B. brizantha* CIAT 26124 (29,86%), Mulato II (30,99%), *B. brizantha* CIAT 26990 (31,62%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (31,87%), y superiores para los genotipos *B. brizantha* CIAT 6387 (33,66%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (32,36%). Gómez *et al.* (2000) reportaron FDA del 42,8% en genotipos de *Brachiaria* spp.; además sugieren que pastos con una mayor eficiencia de crecimiento tienden a tener una mayor calidad nutritiva (Cid *et al.* 2008; Castillo *et al.* 2009).

La degradabilidad del forraje fue mayor en los genotipos *B. brizantha* CIAT 26124 (69,12%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (66,28%). Al respecto, Mena-Urbina *et al.* (2007), al sur de Veracruz (México), encontraron a los 30 días de rebrote que las hojas y tallos de *B. brizantha* presentaron una DIVMS de 51,3% en época seca y de 28,2% en época de lluvias, valores que son inferiores a los encontrados en el presente estudio para esta especie.

CONCLUSIONES

La estacionalidad climática afecta la producción y calidad de genotipos de *B. brizantha* en el contexto específico de la región de estudio, la altillanura colombiana, con un comportamiento superior de los diferentes genotipos durante la época de lluvias.

La presencia de la leguminosa *Pueraria phaseoloides*, aunque se considera baja, permitió aportes de N a las praderas de *B. brizantha* que redujeron la dependencia de fuentes inorgánicas mediante el suministro de N a una fertilización intermedia de 46 kg.ha⁻¹.

Entre los genotipos de *Brachiaria* spp. evaluados, los más promisorios según su producción de biomasa fueron *B. brizantha* CIAT 16315, *B. brizantha* CIAT 6387 y *B. brizantha* CIAT 16467. De otra parte, la fertilización con 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno contribuyó al incremento de la producción y valor nutricional de los genotipos del género *Brachiaria*.

La alta variabilidad en el contenido de PC, FDA, FDN y en la DIVMS entre los genotipos de *B. brizantha*, tanto entre las estaciones (seca y lluviosa), como en la respuesta a los niveles de fertilización, señala la complejidad en el manejo y respuesta de los recursos forrajeros en condiciones

tropicales. Los genotipos de *Brachiaria* que se destacaron por su mayor contenido de proteína cruda fueron *B. brizantha* CIAT 16315 y CIAT 26124. Igualmente, se destacaron con los menores contenidos de FDN los genotipos de *B. brizantha* CIAT 26124 y *B. brizantha* CIAT 16315, frente a *B. brizantha* CIAT 26990 y *B. brizantha* CIAT 6387, que mostraron los mayores contenidos de FDN.

Se recomienda continuar la evaluación de las gramíneas forrajeras estudiadas, en fases avanzadas y bajo pastoreo, para determinar el efecto sobre la producción animal, las prácticas de manejo y las estrategias de vinculación en sistemas de producción, a fin de definir su liberación como materiales comerciales.

REFERENCIAS

- Álvarez de LM, Rincón CA. 2010. Características agroecológicas de la Orinoquia colombiana. En: Rincón A, Jaramillo C, editores. Manual Técnico No. 15: Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). p. 9-26.
- Alvim MJ, Resende H, Botrel MA 1996. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do "coast-cross". En: Alvim MJ, Botrel M, Passos LP, Bressan M, Vilela D, editores. Anais: Workshop sobre o potencial forrageiro do gênero cynodon, 1996, Juiz de Fora. Embrapa-Cnpq. 181 p.
- Amézquita E, Rao I, Bernal J, Barrios JE, Rondón M, Ayarza MA. 2005. Management of acid soils in the Llanos of Colombia. En: Advances in improving acid soil adaptation of tropical crops and forages, and management of acid soils, Brasília, DF, October 18th to 21st, 2005. Brasília (BR): IRD / CIAT / Embrapa. p. 10-11.
- Argel PJ, Miles J, Guiot J, Lascano C. 2006. Cultivar Mulato (*Brachiaria* híbrido CIAT 36061): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos

- tropicales ácidos bien drenados. Cali (CO): Centro Internacional de agricultura Tropical (CIAT). 22p.
- Argel PJ, Miles J, Guiot J, Cuadrado H, Lascano C. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta producción y calidad forrajera para los trópicos. Cali (CO): Centro Internacional de agricultura Tropical (CIAT). 28p.
- Ayarza MA. 1991. Efecto de las propiedades químicas de los suelos ácidos en el establecimiento de las especies forrajeras. En: Lascano CE, Spain JM, editores. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Sexta Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (Riept), Veracruz, México, noviembre de 1988. Cali (CO): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). p. 161-186.
- Belalcázar DJ, Duran CV, Lemus LH. 1995. Especies forrajeras tropicales de interés para pasturas en suelos ácidos de Colombia. Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en Tecnología de Producción de Pastos, Nro. 2. Sección de Materiales para Capacitación. Cali (CO): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 447 p.
- Bernal J. 2008. Pastos y forrajes tropicales. Tomo 1. Manejo de praderas. 5° ed. Bogota (CO). 491 p.
- Castillo GE, Valles MB, Ocaña ZE, Jarillo RJ. 2009. Rendimiento de materia seca de diez gramíneas en la época de lluvias en un clima cálido húmedo y suelos Ultisoles. En: Mejía CA, Basurto R, Rentería JA, compiladores. Memorias, XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria: Saltillo, 2009. p. 311.
- Castro RE, Mojica RJE, León J, Pabón M, Carulla J, Cárdenas E. 2009. Balance de nitrógeno en pastura de gramíneas y pastura de gramínea más *Lotus uliginosus* en la sabana de Bogotá, Colombia. Rev Corpoica. 10(1): 91-101.
- Cid MS, Ferri CM, Brizuela MA, Sala O. 2008. Structural heterogeneity and productivity of a tall fescue pasture grazed rotationally by cattle at four stocking densities. Grassland Sci. 54: 9-16. Doi: 10.1111/j.1744-697X.2007.00099.x.
- Costa NL, Paulino VT, Townsend CR, Magalhães JAJ, Oliveira RC. 2009. Desempenho agromónico de genotipos de *Brachiaria brizantha* em diferentes idades de corte em Porto Velho, Rondônia, Brasil. RevVet. 8(8): 1-5. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807/080704.pdf>.
- Cruz P, Boval M. 2000. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. En: Lemaire G, Hogsdon J, Moraes A de, Nabinger C, Carvalho PCdeF, editores. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford (UK): CAB International. p. 151-168.
- Cuadrado H, Patiño R. 1999. Evaluación y selección de 24 accesiones e híbridos de *Brachiaria* por adaptación edafoclimática y resistencia al mión de los pastos. Boletín técnico: Avances de investigación en pasturas tropicales. Corpoica / SENA. p.14.
- Da Silva SC, Nascimento Jr D, Sbrissia AF. 2008. Dinámica de população de plantas forrageiras em pastagens. En: Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 4. 2008, Viçosa, MG. Anais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. p.75-100.
- Dairy Australia. 2005. Australian Dairy Industry in Focus 2005: Dairy Australia—Delivering for the dairy industry [Internet]. Southbank Victoria (AUS): Dairy Australia; [citado 2014 oct. 10]. Disponible en: https://slideblast.com/infocus-2005p2a-indd_59b3a6451723dd8b07a6789d.html.
- Dubeaux JC, Santos HQ, Sollenberger LE. 2004. Ciclajem de nutrientes: perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. En: Silveira CG, Moura C, Pedroso de Faria V, editores. Fertilidade do solo para pastagens productivas: Anais do 21º simpósio sobre manejo da pastagem. Piracicaba (BR): Fundação de Estudos Agrários Luís de Queiroz (FEALQ). p. 357-400.
- [Embrapa] Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria. 2007. Programa Produção Animal: Subprojeto 06.0.99.188.01. Brasília (BR): Embrapa-Cnpq p. 13.
- Enríquez JF, Meléndez NF, Bolaños AED. 1999. Tecnología para la Producción y Manejo de Forrajes Tropicales en México: Número 7 de Libro Técnico. Veracruz (MX): Instituto Na-

- cional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) / Campo Experimental Papaloapan, Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC). 262 p.
- Euclides VPB. 2001. Produção animal em sistema intensivo combinado de pastagens tanzânia e braquiárias na região dos Cerrados: Programa Produção Animal. Subprojeto 06.0.99.188.01. Campo Grande (BR): Embrapa-Cnpq. p. 13.
- Fagundes JL, Fonseca DM, Mistura C, Morais R, Vitor CMT, Gomide JA, Nascimento JR D, Casagrande DR, Costa L. 2006. Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. Rev Bras Zootec. 35(1): 21-29. Doi: 10.1590/S1516-35982006000100003.
- França AFS, Borjas ALR, Oliveira ER, Soares TV, Miyagi ES, Sousa VR. 2007. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. Ciênc Anim Bras. 8(4): 695-703.
- Garcez Neto AF, Nascimento Jr D, Regazzi AJ, Fonseca DM, Mosquim PR, Gobbi KF. 2002. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Rev Bras Zootec. 31(5): 1890-1900. Doi: 10.1590/S1516-35982002000800004.
- Gerdes L, Werner JC, Colozza MT, Possenti RA, Schammas EA. 2000. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano. Rev Bras Zootec. 29(4): 955-963. Doi: 10.1590/S1516-35982000000400003.
- Gómez MM, Velásquez JE, Miles JW, Rayo FT. 2000. Adaptación de *Brachiaria* en el Piedemonte amazónico colombiano. Pasturas Tropicales. 22(1): 19-25.
- Hernández SR, Olivares J, Jiménez R, Hernández E. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. RedVet [Internet]. [Citado 2014 oct. 10]; 6(5). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>.
- Jaimes W, Navas G, Salamanca CR, Conde A. 2003. Estudio detallado de suelos de la Estación Experimental Corpoica 'Sabanas' en la Altillanura Colombiana. Villavicencio (CO): C.I. La Libertad, Corpoica.
- Keller-Grein G, Maass BL, Hanson J. 1996. Variación natural en *Brachiaria* and bancos de germoplasma existentes. En: Miles JW, Maass BL, do Valle CB, editores. *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali (CO), Campo Grande (BR): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) / Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (Embrapa). p. 16.
- Lascano CA, Ávila P. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales. 13(3): 2-10.
- Martha Jr B, Vilela L, Barioni LG, Gomes de SDM, Oliveira A. 2004. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. Em: Silveira CG, Moura C, Pedrosa de Faria V, editores. Fertilidade do solo para pastagens productivas: Anais do 21º simpósio sobre manejo da pastagem. Piracicaba (BR): Fundação de Estudios Agrarios Luís de Queiroz (FEALQ). p. 155-215.
- Mena-Urbina, MA, Hernández-Garay A, Enríquez-Quiroz JF, Pérez-Pérez J, Zaragoza-Ramírez JL, Velasco-Zebadua ME, Avellaneda-Cevallos J. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. Agrociencia. 41(1): 1-12.
- Moraes JM, Schuler A, Dunne T, Figueredo RO, Victoria RL. 2006. Water storage and runoff processes in lithic soils under forest and pastures in eastern Amazon. Hydrol Process. 20: 2509-2626.
- Oliveira AB, Pires AJV, Matos Neto U, Carvalho GGP, Veloso CM, Silva FF. 2007. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. Rev Bras Zootec. 36(4): 1006-1013. Doi: 10.1590/S1516-35982007000500004.
- Pardo BO, Pérez LO. 2010. Alternativas forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia. En: Rincón A, Jaramillo C, editores. Manual Técnico No. 15: Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). p. 27 – 73.

- Pérez RA, Cuesta PA. 1994. Especies forrajeras para el Piedemonte Llanero, su fertilización y manejo. En: Corpoica. Producción de pastos en el Piedemonte Llanero. Villavicencio (CO): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Pérez LO, Pérez R. 2006. Gramíneas forrajeras con potencial para Sistemas de Producción de Ganadería Bovina: Proyecto Evaluación Agronómica y Productiva de Especies Forrajeras Herbáceas en la Orinoquia. Informe final. Villavicencio (CO): MADR-CIAT-Corpoica.
- Pérez LO, Pardo BO, Rincón A, Parra JL, Florez H, Almansa E. 2011. Evaluación y desarrollo de nuevas opciones forrajeras para la alimentación de bovinos en el Piedemonte y la Altillanura colombiana. Informe Final. Villavicencio (CO): MADR-Corpoica-Comité de Ganaderos del Meta. 142 p.
- Ramírez O, Hernández A, Da Silva S, Pérez J, Enríquez JF, Quero AR, Herrera JG, Cervantes A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mom-baza (*Panicum maximum* Jacq) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Téc Pecu Méx.* 47(2): 203-213.
- Rao IM, Kerridge PC, Macedo MCM. 1998. Requerimientos nutricionales y adaptación a suelos ácidos de especies de *Brachiaria*. En: Miles JW, Maass BL, do Valle CB, editores. *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali (CO), Campo Grande (BR): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) / Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa). p. 58-78.
- Rincón CA, Bueno GGA, Álvarez de LM, Pardo BO, Pérez LO, Caicedo GS. 2010. Manual Técnico No. 15: Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 251p.
- Rincón CA. 2012. Los minerales en el suelo. En: Rincón A, Baquero JE, Flórez H, Jaramillo CA, editores. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia. Villavicencio (CO): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). p. 24-57.
- Sage RF, Kubein SD. 2007. The temperature response of C₃ and C₄ photosynthesis. *Plant Cell & Environ.* 30(9): 1086-1106. Doi: 10.1111/j.1365-3040.2007.01682.x.
- Salinas JG, Sanz JI, Arregocés O, Vásquez JC, editores. 1984. Selección y evaluación de pastos tropicales en condiciones de alta concentración de aluminio y bajo contenido de fósforo disponible [conjunto audiotutorial]. Cali (CO): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Santos MER, Fonseca DM, Euclides VPB, Ribeiro Jr JI, Balbino EM, Casagrande DR. 2008. Valor nutritivo da forragem e de seus componentes morfológicos em pastagens de *Brachiaria decumbens* diferida. *B Industr Anim.* 65(4): 303-311.
- Santos MER, Fonseca DM, Balbino EM, Monnerat JPI, Silva SP. 2009. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. *Rev Bras Zootec.* 38(4): 650-656. Doi: 10.1590/S1516-35982009000400009.
- Santos IPA, Pinto JC, Siqueira JO, Morais AR, Santos CL. 2002. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Rev Bras Zootec.* 31(2): 605-616. Doi: 10.1590/S1516-35982002000300010.
- Santos D. 1993. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (Epiálico) dos Campos da Mantiqueira, MG [tesis de maestría]. [Lavras (BR)]: Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL).
- Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA. 1990. Principles and procedures of statistics: A Biometrical Approach. 2° ed. New York: McGraw-Hill. 633 p.
- Terry RA, Tilley JMA. 1964. The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, Lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure. *Grass and Forage Science.* 19(4): 363-372. Doi: 10.1111/j.1365-2494.1964.tb01188.x.
- Toledo JM, Schultze-Kraft R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Toledo J, editor. Manual para

- la evaluación agronómica: Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Cali (CO): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). p. 91-110.
- Van Soest PJ. 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds: II. A rapid method for determination of fiber and lignin. JAOAC. 46(5): 831-835.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74(10): 3583-3597. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- Verdecia DM, Ramirez JL, Leonard I, García F. 2009. Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (c.v. Mombasa y Uganda) en la provincia Granma. REDVET Revista electrónica de Veterinaria. 10(5): 1-9.

Article citation:

Pérez-López O, Afanador-Téllez G. 2017. Comportamiento agronómico y nutricional de genotipos de *Brachiaria* spp. manejados con fertilización nitrogenada solos y asociados con *Pueraria phaseoloides* en condiciones de la altillanura colombiana. [Agronomic and nutritional response of *Brachiaria* spp. genotypes managed with nitrogen fertilization alone and in association with *Pueraria phaseoloides* in conditions of the Colombian altillanura]. Rev Med Vet Zoot. 64(3): 52-77. Doi: 10.15446/rfmvz.v64n3.68694.