

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE NUEVAS GRAMÍNEAS FORRAJERAS PARA LAS SABANAS SECAS DEL CARIBE EN COLOMBIA¹

José Jaime Tapia-Coronado^{2/*}, Liliana Margarita Atencio-Solano^{**}, Sergio Luis Mejía-Kerguelen^{***},
Yacerney Paternina-Paternina^{****}, Jorge Cadena-Torres^{*****}

Palabras clave: Producción de forraje; CIAT6799; Agrosavia Sabanera; calidad de forraje;
Megathyrus maximus; *Brachiaria*; ganadería.

Keywords: Forage production; CIAT6799; Agrosavia Sabanera; forage quality; *Megathyrus maximus*;
Brachiaria; livestock.

Recibido: 14/09/18

Aceptado: 14/01/19

RESUMEN

Se evaluaron 7 nuevas gramíneas forrajeras de reciente introducción a Colombia, con el fin de cuantificar su potencial productivo e identificar aquellas de mejor comportamiento como potenciales fuentes de forraje para los sistemas ganaderos de la región Caribe. El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de campo en fincas de productores, en 3 localidades de las sabanas secas del Caribe, en Colombia, donde se evaluó el comportamiento productivo y la calidad nutricional de las gramíneas forrajeras mediante cortes sucesivos o cosechas, realizadas durante un periodo de 12 meses, tanto en época de lluvias (mayo a noviembre), como en época seca (diciembre a abril). Los resultados permitieron la selección de 6 gramíneas, que por producción y calidad del forraje podrían implementarse en los sistemas ganaderos de las sabanas secas del

ABSTRACT

Productive potential evaluation of new forage grasses for dry savanas of the Caribbean in Colombia. In these experiments, seven new kinds of forage grass, recently introduced to Colombia, were evaluated in order to quantify their productive potential and identify those with better performance as potential forage sources for the livestock production systems of the Caribbean Region in Colombia. The study was carried out under field conditions in farms of producers, in three locations of the dry savannas of the Caribbean, in Colombia, where the productive performance and the nutritional quality of the forage grasses were evaluated during a period of 12 months by means of harvested cuts, made both during the rainy and dry season. The results allowed selection by production and forage quality 6 grasses, which

1 Proyecto financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

2 Autor para correspondencia. Correo electrónico: jtapia@agrosavia.co.

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Centro de Investigación Turipaná, Colombia.  0000-0002-3621-5316.

** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Centro de Investigación Nataima, Colombia.  0000-0001-8425-1621.

*** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Centro de Investigación Turipaná, Colombia.  0000-0003-2498-756X.

**** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Unidad Local Carmen de Bolívar, Colombia.  0000-0001-9046-5167.

***** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Centro de Investigación Turipaná, Colombia.  0000-0002-5180-2893.

Caribe, entre los que sobresale especialmente el genotipo CIAT6799 (*Megathyrsus maximus*) con rendimientos promedios que fluctuaron entre 4128,8 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS en época de lluvias y 1200,7 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS en época seca, con lo cual supera ampliamente a la pastura de mayor uso en las sabanas *B. pertusa* cv. Colosuana. El contenido de proteína de CIAT6799 fue de 8,95% y la digestibilidad in situ fue de 57,05%. Con base en estos resultados, en posteriores trabajos los genotipos sobresalientes fueron sometidos a pruebas de evaluación agronómica y producto de esta evaluación se registró el nuevo genotipo CIAT6799 con el nombre comercial de “Agrosavia Sabanera,” el cual se convirtió en una nueva opción para ser utilizada por los ganaderos de la región Caribe en Colombia.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas ganaderos de la región Caribe Colombiana, la alimentación de los bovinos depende casi que exclusivamente del forraje producido en praderas naturales. Estas sostienen los sistemas ganaderos de las sabanas durante la época de lluvias, sin embargo, también sufren los drásticos efectos de los largos periodos secos, que se presentan cada año entre diciembre y abril, lo cual ocasiona reducciones en la oferta y calidad de forrajes para la ganadería. Mejía *et al.* (2013) reportan que, durante la época seca, la producción de forrajes cae entre un 30 y un 60%, y la calidad nutricional se reduce, lo que genera pérdidas de peso en los animales, las cuales se calculan entre 20 a 40 kg.animal⁻¹. La situación influye en los bajos índices productivos de la ganadería en la región Caribe en Colombia, en donde las estadísticas del sector indican un promedio de ganancia de peso inferior a 400 g.animal⁻¹.día⁻¹ y 2 L.animal⁻¹.día⁻¹ de leche (Fedegan 2018). Como consecuencia de lo anterior, los sistemas

could be implemented in the livestock production systems of the dry savannas of the Caribbean, among which stands out especially the genotype CIAT6799 (*Megathyrsus maximus*) with average yields that was 4128.8 kg.ha⁻¹.cut⁻¹ of DM in the rainy season and 1200.7 kg.ha⁻¹.cut⁻¹ of DM in dry season, which far exceeds the pasture of greater use in the dry savannas *B. pertusa* cv. Colosuana. The average protein content of CIAT6799 was 8.95% and in situ digestibility was 57.05%. Based on these results, in later work, the outstanding genotypes were subjected to agronomic evaluation tests and the genotype CIAT6799 was registered under the commercial name of “Agrosavia Sabanera,” becoming a new option to be used by the farmers of the Caribbean Region in Colombia.

ganaderos de la región Caribe en Colombia se reportan con baja eficiencia productiva, lo cual obedece en parte a la baja disponibilidad y calidad nutricional de las gramíneas actuales, debido a su productividad durante la prolongada estación seca (Cajas *et al.* 2012).

Este panorama tiende a empeorar con el tiempo, al tener en cuenta los pronósticos que indican que el cambio climático afectará en gran medida a la región Caribe colombiana, puesto que traerá periodos de sequía cada vez más frecuentes, secos y prolongados. Un análisis de los efectos que tendrá el cambio climático en la ganadería en Colombia es presentado por Tapasco *et al.* (2015) y el DNP-BID (2014) quienes resaltan la importancia del desarrollo de nuevo germoplasma forrajero que se adapte a las altas temperaturas y al déficit de humedad que afectará las tierras dedicadas a la ganadería en Colombia. Dentro de los programas de mejoramiento genético de gramíneas a nivel mundial se ha trabajado en la identificación de nuevo

germoplasma forrajero que se adapte mejor a las altas temperaturas y sobreviva los periodos de déficit hídrico, que mantengan la productividad y la calidad nutricional del forraje, tanto en las épocas lluviosas, como en las épocas secas (Moreno y Campo 2016). La selección de gramíneas forrajeras con alto potencial de producción, calidad, persistencia y adaptación a diversas condiciones climáticas y edáficas del trópico es una de las formas más efectivas para incrementar y mejorar la productividad de las empresas ganaderas (Sosa *et al.* 2004). En el caso de las Sabanas del Caribe en Colombia, se buscan gramíneas forrajeras que presenten alta calidad y producción de forrajes durante la época de lluvias, pero que, durante la época seca, persistan y puedan mantener una productividad y calidad aceptable del forraje, suficiente para mantener los hatos ganaderos.

Recientemente, el Programa de Mejoramiento Genético del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en colaboración con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), introdujeron a la región Caribe un grupo de 62 gramíneas forrajeras, la mayoría procedentes de África, y otras generadas en Colombia a partir de hibridaciones dentro del género *Brachiaria*. Estas accesiones fueron evaluadas por Atencio *et al.* (2014) bajo condiciones de déficit hídrico en casa de malla y como resultado de estas investigaciones, se seleccionaron 12 materiales genéticos por sus características de adaptación al déficit hídrico. El objetivo de esta investigación fue evaluar 7 de

estos genotipos bajo condiciones de campo, en las sabanas secas del Caribe en Colombia, con el fin de recomendar aquellas de mejor adaptación y así avanzar hacia el registro de nuevos materiales forrajeros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La presente investigación se realizó en la región Caribe en Colombia, en lo que comúnmente se conoce como las sabanas secas del Caribe (Cuadro 1). Las sabanas secas del Caribe se caracterizan por presentar un relieve ondulado, con colinas con poca altitud y pendientes menores del 3%, con pequeñas áreas con un máximo del 25% de pendiente, y suelos de colores claros, de poca profundidad, fertilidad media y altamente deforestados. El paisaje y ambiente morfogenético corresponde a planicies fluvioacústres, con condiciones ambientales perteneciente a clima cálido seco, relieve de terrazas, con presencia de sedimentos gruesos y medios, con sustrato fino y abundante gravilla cuarzosa. Son suelos superficiales de texturas medias, con arenas y gravillas y sustrato fino, drenaje natural moderado a imperfecto, erosión laminar ligera y moderada; fertilidad moderada a baja. Los grupos taxonómicos predominantes Typic Haplustepts, Typic Ustorthents, Typic Ustipsamments y Arenic Haplustalfs (IGAC 2009).

Cuadro 1. Ubicación de las localidades seleccionadas para la evaluación de nuevas gramíneas forrajeras en las sabanas secas del Caribe en Colombia.

Localidad	Nombre de la finca	Latitud Norte	Longitud Oeste
Sahagún, Córdoba	Altamontes	8°56'46,78"	75°25'52,53"
Corozal, Sucre	La Hermandad	9°19'34,06"	75°17'08,62"
El Carmen de Bolívar, Bolívar	La Estrella	9°43'01,40"	75°08'00,00"

La precipitación en las sabanas se caracteriza por un periodo lluvioso comprendido entre mayo y noviembre, y un periodo seco que se prolonga por 5 meses, entre diciembre y abril. El promedio de precipitación anual en las sabanas es de 1325 mm.

Los suelos en los cuales se establecieron los experimentos presentaron pH de moderadamente ácido a neutro (5,9 –7,0) en los que no se evidenciaron problemas con alta saturación de aluminio (Cuadro 2). La localidad de Sahagún presentó suelos con textura franco-arenosa con baja fertilidad (CIC de 8,7 meq.100 g⁻¹ de suelo), bajos contenidos de MO, Ca, Mg, Na, K y P y

una relación Ca/Mg invertida (0,88). En cuanto a los elementos menores, se observaron contenidos muy bajos de Cu y Zn, y altos de Mn y Fe. Los suelos de Corozal mostraron una fertilidad media a alta, con textura franco-arenosa con contenidos muy bajos de MO (1,0%), altos en Ca, Mg, K y Mn, medios en Na y bajos de P, Cu y Zn. Estos suelos presentaron una fertilidad de baja a media (CIC de 38,7 meq.100 g⁻¹ de suelo). Por último, la localidad de El Carmen de Bolívar presentó suelos con textura franca, fertilidad media a alta (CIC de 39,4 meq.100 g⁻¹ de suelo) y contenidos altos de MO, K, P, Ca, Mg y Mn y bajos para Cu, Zn y Fe.

Cuadro 2. Resultado del análisis fisicoquímico de suelo de 3 localidades para la evaluación de gramíneas forrajeras en las sabanas secas del Caribe en Colombia.

LOCALIDAD	pH	M.O. %	S ppm	P ppm	Ca Mg K Na Al CIC							Cu Fe Zn Mn				Textura
					meq 100 g ⁻¹ de suelo							Ppm				
Sahagún	5,9	1,2	21,4	8,3	4,0	4,5	0,1	0,1	-	8,7	0,8	118,8	1,2	26,8	FA	
Corozal	6,8	1,0	12,0	10,5	30,0	8,0	0,3	0,4	-	38,7	0,8	12,8	0,8	38,0	FA	
El Carmen de Bolívar	7,0	3,0	17,5	11,2	31,5	7,0	0,8	0,2	-	39,4	0,4	1,2	1,2	61,6	F	

FA= franco arenoso. F= franco. Fuente: Laboratorio de suelos y aguas de la Universidad de Córdoba.

Germoplasma utilizado

Se evaluaron 7 gramíneas forrajeras, seleccionadas a partir del trabajo de Atencio *et al.* (2014) en donde éstas pasturas mostraron características de tolerancia al déficit hídrico bajo

condiciones de casa de malla. Las gramíneas evaluadas correspondieron a los géneros *Bra-chiaria*, *Digitaria* y *Megathyrsus*, que fueron comparadas con los testigos Mulato II, Mombasa, Piatá, Toledo y Colosuana. Este último cultivar,

representa el sistema modal de producción ganadera en las sabanas secas del Caribe colombiano, en donde se ha extendido por vastas áreas, debido a su persistencia y capacidad de producción de semilla en época de verano, por lo que desplaza a muchos pastos mejorados (Cuadrado *et al.* 1998). El Mulato II es un híbrido desarrollado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, como parte del programa de mejoramiento genético (Argel *et al.* 2007), fue liberado en

el 2004 y se reporta como una alternativa por su tolerancia a suelos ácidos de baja fertilidad (Contexto Ganadero 2016, Guiot 2017). Piatá y Toledo son pasturas del género *Brachiaria*, mientras que Mombasa es una pastura comúnmente conocida como guinea, perteneciente al género *Megathyrsus*. Lo anterior conformó un grupo de 12 gramíneas forrajeras o tratamientos evaluados en estos experimentos, los cuales se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Gramíneas forrajeras incluidas en la evaluación de adaptación a las sabanas secas del Caribe en Colombia.

Especie	Cultivar	Tipo de crecimiento
<i>Brachiaria</i> híbrido	CIAT1752	<i>Semierecto</i>
<i>Brachiaria</i> híbrido	CIAT1794	<i>Semierecto</i>
<i>Brachiaria</i> híbrido	cv. Mulato II	<i>Semierecto</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>	CIAT26124	<i>Erecto</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>	CIAT26990	<i>Erecto</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>	cv. Toledo	<i>Erecto</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>	cv. Piatá	<i>Erecto</i>
<i>Megathyrsus maximus</i>	CIAT16051	<i>Erecto</i>
<i>Megathyrsus maximus</i>	CIAT6799	<i>Erecto</i>
<i>Megathyrsus maximus</i>	cv. Mombasa	<i>Erecto</i>
<i>Digitaria milanjana</i>	cv. Strickland	<i>Decumbente</i>
<i>Bothriochloa pertusa</i>	cv. Colosuana	<i>Decumbente</i>

Las pasturas se establecieron en parcelas de 9,0 m de ancho por 5,0 m de largo, en suelos que previamente habían sido preparados para la siembra mediante 2 pases de rastra pesada y un pase de rastra liviana. Las siembras se realizaron con material vegetativo obtenido de semilleros establecidos en Agrosavia, en el Centro de Investigación Turipaná. Las parcelas en campo se sembraron con distancias de 0,5 m entre plantas y 0,5 m entre surcos, durante setiembre y octubre del 2010. Las plantas se dejaron crecer por espacio de 90 días y posteriormente, se realizó un corte de uniformización con guadaña. No se realizó fertilización al momento de la siembra ni para el mantenimiento de las parcelas, para tratar

de simular las condiciones reales de producción, pues es común en las sabanas secas del Caribe, en Colombia, que los ganaderos no realicen este tipo de práctica.

VARIABLES EVALUADAS

Producción de materia seca. Se realizaron muestreos aleatorios en cada parcela, en los cuales se cortó manualmente, en un área de 1,0 m por 1,0 m, el forraje verde producido a 0,30 m de altura para pasturas de crecimiento erecto y a 0,15 m de altura para pasturas de crecimiento decumbente. El material vegetal obtenido se pesó en campo con la ayuda de una balanza

(marca OHAUS, modelo CS 5000) y se obtuvo así el peso fresco de la muestra (PFM). De este material vegetal se tomó una submuestra en un rango de peso de 250 a 300 g, se registró su peso fresco (PFSub) y se empacó en bolsa de papel para ser llevada a las instalaciones del Centro de Investigaciones Turipaná, en donde

fue secada en estufa a una temperatura de 60°C durante 72 horas, hasta peso constante. Posteriormente, se registró el peso seco de la submuestra (PSSub). La producción de materia seca producida por hectárea en cada corte o cosecha se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Materia seca (kg. ha}^{-1}\text{. corte)} = \frac{\text{PFM (g)} \times \text{PSSub (g)}}{\text{PFSub (g)}} \times 10$$

Durante la época seca las evaluaciones de producción de forraje se realizaron cada 42 días, por lo que se realizó un total de 4 cortes o submuestreos, mientras que, durante la época de lluvias, la mayor producción de forraje permitió la realización de seis cortes o submuestreos cada 30 días. Estas evaluaciones se realizaron en el 2011. La producción de forraje producido por cada gramínea se expresó en kilogramos por hectárea de materia seca por corte (kg.ha⁻¹.corte⁻¹).

Calidad nutricional una muestra de la materia seca de cada genotipo se utilizó para la determinación de la calidad bromatológica, en el Laboratorio de Nutrición Animal del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA. Se realizaron las siguientes determinaciones: proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl (AOAC 2016); fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA) según el método de Van Soest (1987) citado por Segura *et al.* (2007) y la degradabilidad in situ de la materia seca (DISMS) según la técnica de la bolsa de nylon descrita por Orskov *et al.* (1980).

Diseño experimental

Para la evaluación de las gramíneas se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones. El análisis de varianza se realizó mediante el procedimiento ANOVA en el programa estadístico SAS® (versión 9.4). Para la realización de los análisis estadísticos, se utilizaron como datos de entrada, el promedio de los 4 muestreos realizados en época seca y el

promedio de los 6 muestreos realizados en época de lluvias. Lo anterior se realizó con el objeto de evitar el desbalanceo en el diseño experimental.

Se realizaron análisis de varianza por localidad y época de evaluación, y en los casos en los cuales se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (p<0,05) se realizaron pruebas de separación de medias utilizando la HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey. De igual forma, se realizaron análisis de varianza al combinar las localidades y las épocas de evaluación, a fin de determinar la significancia de la interacción genotipo- ambiente (GxA). En los casos en que está interacción resultase significativa para la variable producción de forraje, se planeó la realización de un análisis de estabilidad mediante el modelo Eberhart y Russell (1966).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca

Los análisis estadísticos entre localidades y épocas para la variable producción de materia seca (MS), no mostraron diferencias significativas (p>0,05) para la interacción genotipo por ambiente (GxA), lo cual indica que el comportamiento de los genotipos fue similar en las diferentes localidades evaluadas. Dado que esta interacción no fue significativa, el índice de estabilidad de Eberhart y Russell (1966) no es aplicable en este caso para seleccionar los genotipos por su estabilidad. Los resultados del análisis de varianza se muestran

en el Cuadro 4. Por el contrario, se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para las interacciones localidad x época y época x genotipo. En el primer caso, se encontró que la producción de materia seca varió por efecto de la época (seca o lluviosa) y su efecto fue distinto dependiendo de la localidad. En efecto, durante la época lluviosa, las mayores producciones de materia seca se presentaron en la localidad de El Carmen de Bolívar con $3925,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ MS, seguido por la localidad de Sahagún con $3343,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ de MS, mientras que la menor producción se obtuvo en la localidad de Corozal con $2729,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ de MS (Figura 1). Durante la época seca, este comportamiento cambió sustancialmente, pues la producción de materia seca de las gramíneas se redujo sustancialmente, especialmente en las localidades de El Carmen de Bolívar y Corozal, ya que alcanzaron los $898,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ MS y $882,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ de MS, respectivamente; mientras que, en la localidad de Sahagún, se mantuvo en forma más estable, al

presentar una producción de $1461,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ de MS. Esto indica que la producción de materia seca fue diferencialmente afectada por la época, puesto que fueron más drásticos los efectos de la época seca en las localidades de Corozal y Carmen de Bolívar, lo que probablemente se debe a que estas últimas localidades presentan suelos con mayores pendientes y textura franco-arenosa y fertilidad media a alta, que puede estar relacionados con una mayor capacidad productiva en épocas de lluvia, pero igualmente menor capacidad de retención de humedad, lo cual afectó la productividad de las gramíneas en la época seca. Lo anterior en comparación con la localidad Sahagún, en donde los suelos están dominados por terrazas con texturas franco arenosas y de menor fertilidad, lo que conlleva a un menor crecimiento de las pasturas en época de lluvias, pero por su composición textural, la producción de forraje puede definirse como más favorecida durante la época seca (diciembre a abril), por su capacidad de retención de humedad.

Cuadro 4. Valores de los cuadrados medios y significancia para producción de materia seca por parte de gramíneas forrajeras evaluadas en 3 localidades de las sabanas secas del Caribe en 2 épocas (seca y lluviosa).

Fuente de variación	gl	Cuadrado medio	Significancia
Localidad	2	8692145,6	**
Época	1	273875178,6	**
Localidad*Época	2	8112567,3	**
Repetición	2	435638,7	ns
Genotipo	11	3649455,1	**
Localidad*Genotipo	22	784088,8	ns
Época*Genotipo	11	1602546,3	**
Localidad*Época*Genotipo	22	395916,8	ns
Error	142	632757,1	
Total	215		
cv%		36,04	
D. estándar		795,4603	

gl= grados de libertad. *= significativo con $p < 0,05$; **= altamente significativo con $p < 0,01$; ns=no significativo.

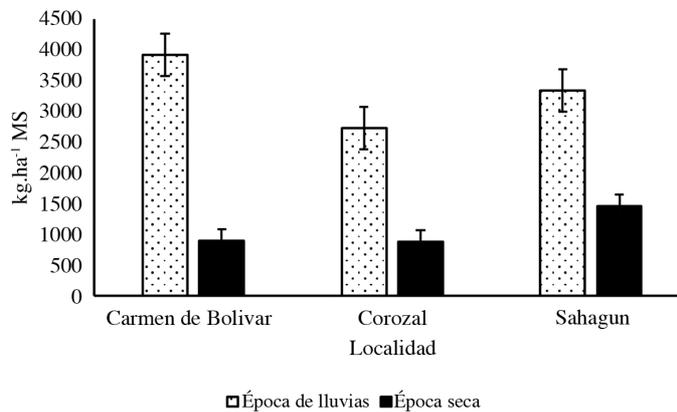


Fig. 1. Producción promedio de materia seca en gramíneas forrajeras en 2 épocas de corte (seca y lluviosa) y 3 localidades de las sabanas secas del Caribe en Colombia.

En el segundo enfoque, en relación con la interacción época x genotipo, se observó una sustancial reducción en la producción de materia seca en los genotipos evaluados, al pasar de un promedio general, al considerar todas las gramíneas, de 3332,9 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS en época de lluvias, a 1080,9 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS en época seca, lo cual representa una disminución del 67,6% en la productividad de las pasturas. Lo anterior concuerda con resultados previos de otras personas autoras en las sabanas secas del Caribe (Mejía *et al.* 2013, Cajas *et al.* 2012, Sierra *et al.* 1986), quienes reportan reducciones en la producción de forrajes de hasta un 60% en diversas pasturas, por efecto la falta de humedad disponible para el crecimiento vegetal durante la época seca. Lo anterior ocasiona anualmente innumerables pérdidas a la producción ganadera de las sabanas secas, debido a muerte de animales, lo que en muchas ocasiones obliga el traslado o movilización de los animales hacia las planicies inundables o tierras más bajas, con mayor disponibilidad de agua. Este fenómeno

conocido como transhumancia de ganado, ha sido ampliamente documentado en las sabanas secas del Caribe en Colombia (Botero 2010, Cajas *et al.* 2012) y resalta la importancia de encontrar pasturas que toleren mejor las condiciones de déficit hídrico que se presenta en los meses secos (diciembre a abril de cada año) y así poder mantener los animales y la producción en las fincas ganaderas.

En relación con las gramíneas bajo evaluación, en estos experimentos se encontró que la producción de forraje durante la época de lluvias fue superior en los genotipos *B. híbrido* cv. Mulato II y *M. maximus* cv. CIAT6799, con valores promedios de 4214,7 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ y 4128,8 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS, respectivamente (Cuadro 5), lo que se considera bastante satisfactorio considerando la fertilidad media a baja de estos suelos. Para esta misma época de lluvias, las menores producciones de materia seca se presentaron en los genotipos *B. pertusa* cv. Colosuaña con 1797,0 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ y *D. milanijana* cv. Strickland con 2444,3 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS.

Cuadro 5. Producción promedio de materia seca (kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS) por parte de gramíneas forrajeras en 2 épocas (seca y lluviosa), en las sabanas secas del Caribe.*

Genotipo	E. Lluvia	E. Seca	Promedio
<i>B. híbrido</i> CIAT1752	3639,12 ab	1209,73 a	2424,43 ab
<i>B. híbrido</i> CIAT1794	2870,94 abc	735,63 a	1803,29 abc
<i>D. milanjiana</i> cv. Strickland	2444,33 bc	735,41 a	1589,87 bc
<i>B. brizantha</i> CIAT26124	2818,40 abc	844,91 a	1831,66 abc
<i>B. brizantha</i> CIAT26990	3254,53 abc	1078,50 a	2166,52 abc
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	4214,71 a	1046,92 a	2630,82 a
<i>M. maximus</i> CIAT16051	3666,12 ab	1459,87 a	2562,99 a
<i>M. maximus</i> CIAT6799	4128,82 a	1200,73 a	2664,78 a
<i>B. pertusa</i> L. cv. Colosuana	1797,03 c	927,50 a	1362,27 c
<i>M. maximus</i> cv. Mombasa	3813,34 ab	1184,42 a	2498,88 a
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	3925,93 ab	1303,26 a	2614,59 a
<i>B. brizantha</i> cv. Piatá	3421,76 ab	1243,48 a	2332,62 b
Promedio	3332,92	1080,86	2206,89
Tukey	1511,4	913,23	889,22
CV (%)	28,10	53,00	36,35
Significancia	**	ns	**

*Promedio de 3 repeticiones. Valores con la misma letra dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes a un nivel $\alpha=0,05$; ns=no significativo; *= significativo ($p<0,05$); **= altamente significativo ($p<0,01$).

Lo anterior indica que el potencial productivo de estas 2 gramíneas en las sabanas secas del Caribe es bastante limitado, a pesar de las adecuadas condiciones de humedad que se presentan durante la época de lluvias, ya que genotipos *B. pertusa* cv. Colosuana es la pastura modal de los sistemas ganaderos, lo mencionado explicaría los bajos índices productivos que presenta la ganadería de carne y leche en esta subregión del Caribe colombiano.

Resultados similares de productividad de materia seca en la época de invierno fueron reportados por Piñeros *et al.* (2011), quienes evaluaron la producción de materia seca de *B. pertusa* cv. Colosuana al obtener una producción promedio de 1820 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS en época de lluvias e igualmente por Chamorro *et al.*

(2005), quienes reportaron una producción de MS de *B. pertusa* de 1784 kg.ha⁻¹.corte⁻¹. Asimismo, Roncallo *et al.* (2009), trabajando con *B. pertusa* en monocultivo, reportan productividades de 2000 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS y Cuadrado *et al.* (1998), en la época de máxima precipitación, reportan entre 540 y 2700 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ de MS, en cortes realizados con frecuencia de 3 a 12 semanas. Asimismo, indican que, con mínima precipitación, la producción de materia seca de esta pastura fue inferior a 260 kg.ha⁻¹.

Durante la época seca, la producción de materia seca en todos los genotipos incluidos en estas evaluaciones se redujo sustancialmente y los análisis estadísticos no detectaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellos, lo cual indica que cuando las condiciones de humedad fueron

desfavorables, la capacidad productiva de las pasturas se redujo sustancialmente, lo que coloca a todos los genotipos en aproximadamente igual productividad. Al calcular la reducción porcentual en la materia seca que sufrieron las pasturas entre la época de lluvias y la época seca en estos experimentos, se encontró que las pasturas con la mayor productividad en la temporada de lluvias fueron igualmente las más afectadas por el déficit de humedad en la época seca, al presentar reducciones que fluctuaron entre 60 y 75%. Esto comparado con la pastura modal de las sabanas *B. pertusa* cv. Colosuana, la cual presentó una reducción en la productividad de tan solo el 48% por efecto de la baja disponibilidad de humedad, durante la época seca. En estos experimentos los volúmenes de precipitación durante la época seca en los sitios experimentales fueron muy limitados, pues según el registro meteorológico obtenido para estas localidades durante la época seca, se registró una precipitación acumulada de tan solo 312 mm en el periodo enero a abril en la localidad de Sahagún, 466 mm en la localidad de El Carmen de Bolívar y 300 mm en la localidad de Corozal. Estos resultados en parte explican la persistencia de *B. pertusa* cv. Colosuana en las sabanas secas del Caribe en Colombia, en donde las praderas han sido dominadas por esta gramínea, con producciones de forraje que pueden considerarse aceptables durante la época de lluvias, pero con fuertes limitantes productivas durante la época seca.

A pesar de que no se encontraron diferencias en la producción de materia seca entre genotipos en la época seca ($p > 0,05$), se resaltan los valores de producción de forraje de los materiales genéticos CIAT16051, CIAT1752, CIAT6799 y Piatá, con valores de 1459,87, 1209,73, 1200,73 y 1243,48 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ de MS, respectivamente. Esto comparado con la pastura modal *B. pertusa* cv. Colosuana, la cual presentó una producción de 927,50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ de MS, durante la época seca.

Al considerar la productividad tanto en época de lluvia como en época seca, se identifican

los materiales genéticos *B. híbrido* cv. Mulato II y *M. maximus* CIAT6799, como posibles alternativas productivas para los sistemas ganaderos de las sabanas secas del Caribe, por la posibilidad que tienen para incrementar la oferta de forrajes, especialmente en la época de lluvias. Para el caso de pasturas, es deseable tener genotipos que presenten una alta producción de materia seca en la época de lluvias, pero que, durante la época seca, la cantidad de materia seca producida sea suficiente para mantener el hato ganadero. Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que los genotipos más destacados en estos ensayos, por su producción de materia seca, tanto en los cortes realizados en época de lluvias como en época seca fueron Mulato II (*Brachiaria* híbrido) y CIAT6799 (*Megathyrus maximus*). El promedio general de materia seca (época de lluvias y época seca), obtenido con éstos genotipos fue de 2630,8 a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ y 2664,8 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$, respectivamente. Con estos niveles de producción de forraje en el ciclo completo (lluvias y época seca), se podría considerar el aumento de carga animal en las sabanas, pues se pueden mantener hasta 4 animales por hectárea (unidad gran ganado, UGG), durante todo el año, esto al asumir una eficiencia en la utilización de la pastura del 70% y consumo de materia seca por animal de 15 $\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$ de MS. Esto comparado con la pastura modal Colosuana (*Botriochloa pertusa*), con producciones de 1362,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{corte}^{-1}$ de MS, con la cual se podría mantener un máximo de 2 animales por hectárea. Este es un aspecto importante para las sabanas secas, ya que permitiría el mantenimiento de la producción de leche y carne durante todo el año, sin movilización o trashumancia de animales hacia otras regiones.

Calidad nutricional

Dado el alto número de muestras para análisis bromatológicos y sus costos asociados, esto es, 12 genotipos, 3 repeticiones, 3 localidades, 2 épocas y 10 muestreos, para un $n=2160$, se determinó la mezcla homogénea de las muestras

de materia seca obtenidas en los 4 muestreos realizados en época seca, en forma independiente y separada, de los 6 muestreos realizados en época de lluvias. De igual forma, se unieron las 3 repeticiones de cada localidad. En esta forma, para el análisis de calidad nutricional y, por ende, para los análisis estadísticos, se contó con un total de muestras de 12 genotipos, 3 repeticiones (localidades), 2 épocas de muestreo (época de lluvias y época seca), para un $n=72$. En este caso, las localidades actuaron como repeticiones y se mantienen como fuentes de variación las épocas de muestreo y los genotipos.

Los resultados de la calidad nutricional de las gramíneas evaluadas, expresada en contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad *in situ* (DISMS), se muestran en el Cuadro 6. Los resultados indicaron que las mayores diferencias en la calidad de las gramíneas, en cuanto a PC, FDN, FDA y DISMS, se debieron a la época (época de lluvias o época seca). En

promedio el contenido de proteína de las pasturas evaluadas se redujo de 9,77% en época de lluvia a 6,96% en época seca. Por su parte, la FDN aumentó de 64,0% en época de lluvia a 68,3% en época seca, mientras que la FDA aumentó de 33,37% en época de lluvia a 39,37% en época seca (Figura 2). Al respecto, es bien conocido que la época del año (época de lluvias y época seca) es el principal factor que afecta la calidad nutritiva del forraje, sobre todo debido a que, durante la época seca, la baja disponibilidad de humedad afecta los procesos metabólicos de las plantas, en especial la biosíntesis de nuevas moléculas, incluyendo proteínas y carbohidratos. Lo anterior ocasiona una disminución de la calidad nutritiva de los forrajes durante periodos prolongados de sequía, lo cual se refleja en un aumento significativo de los constituyentes fibrosos, que dan como resultado la disminución de la digestibilidad y el consumo de los pastos por los animales (Miranda *et al.* 2010, Jarillo-Rodríguez *et al.* 2011).

Cuadro 6. Valores de los cuadrados medios y significancia para la calidad nutricional del forraje de gramíneas forrajeras en 2 épocas en las sabanas secas del Caribe en Colombia*.

Fuente de variación	gl	PC	FDN	FDA	DISMS
Época	1	138,00**	332,29**	612,26**	117,95*
Repetición (época)	4	89,70**	322,69**	782,92**	253,47**
Genotipo	11	2,61ns	29,25*	48,20*	139,87**
Época*Genotipo	11	4,68*	13,12ns	7,19ns	27,80ns
Error	43	1,98	13,56	22,70	25,18
Total	70				
cv%		16,7	5,56	13,11	8,03
D. Estándar		1,40	3,68	4,76	5,01

*Mezcla homogénea de 4 muestreos realizados en época seca, en forma independiente y separada, de 6 muestreos realizados en época de lluvias, y la unión de las 3 repeticiones de cada localidad. Promedio de 3 localidades (repeticiones). PC=proteína cruda. FDN=fibra detergente neutra. FDA=fibra detergente acida. gl= grados de libertad. *= significativo con $p<0,05$; **= altamente significativo con $p<0,01$; ns=no significativo.

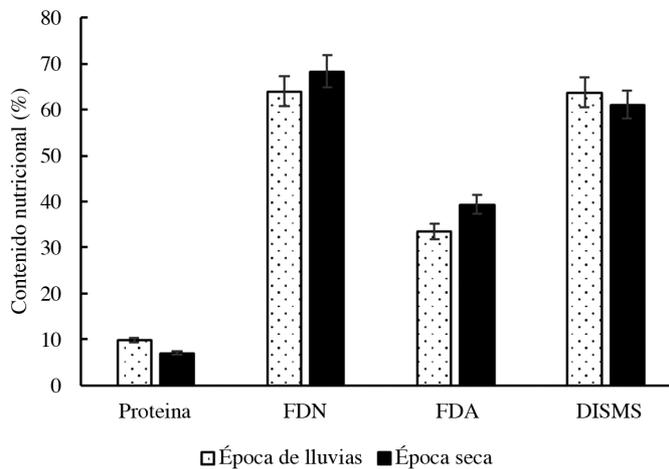


Fig. 2. Calidad nutricional de gramíneas forrajeras en 2 épocas de corte (seca y época lluviosa) en las sabanas secas del Caribe en Colombia.

La fibra detergente ácido (FDA) y la fibra detergente neutro (FDN) corresponden a la porción no digerible de los forrajes, la cual no está disponible para el metabolismo energético y limita la digestibilidad del alimento en el animal. En general, se considera que valores muy altos de FDA son indicativos de mala calidad en las pasturas e igualmente, se considera que valores inferiores al 20% pueden ocasionar disturbios digestivos en los animales. En términos generales, en las pasturas se recomienda que la FDN sea menor a 55,0% para favorecer el consumo voluntario animal. En estos ensayos, todas las gramíneas evaluadas presentaron valores promedios (época de lluvias y época seca), que superaron este nivel, con contenidos de FDN que estuvieron en el rango de 62,0 a 69,0% y contenidos de FDA entre 32,3 y 40,4%.

Los análisis estadísticos mostraron, de igual forma, diferencias entre genotipos ($p < 0,05$) para los contenidos de FDN, FDA y la DISMS (Cuadro 6). Los genotipos con los mayores contenidos de FDN fueron Piatá con 69,3%, Mombaza con 68,8% y CIAT6799 con 68,4%. Los genotipos con los mayores contenidos de FDA fueron Mombaza con 40,4% y CIAT6799 con 40,3%.

A pesar de lo anterior, se deben resaltar los contenidos promedios de proteína en las gramíneas evaluadas, que ayudan a mejorar los niveles de digestibilidad. En estos experimentos, los contenidos promedios de proteína fueron superiores en las gramíneas CIAT16051 (9,72%), Mulato II (9,21%), CIAT26124 (8,83%), CIAT6799 (8,75%), CIAT26990 (8,39%) y la pastura modal Colosuaña (8,36%). Con lo anterior, los valores de digestibilidad in situ fueron superiores en las gramíneas Stickland (68,6%), Mulato II (67,4%), CIAT2699 (67,3%), CIAT2612 (66,6%) y CIAT1752 (66,5%). En la práctica, se considera que una digestibilidad del 65% en un forraje es indicativa de un buen valor nutritivo y permite un consumo adecuado de energía en la mayoría de los animales. La digestibilidad in situ (DISMS), expresa la proporción de nutrientes digeribles contenidas en una pastura, con respecto al total del alimento ingerido por el animal (Pirela 2005).

Por otro lado, los análisis estadísticos también mostraron un efecto significativo ($p < 0,05$) en el contenido de proteína cruda por afectado de la interacción época x genotipo, en donde durante la época de lluvias, los mayores contenidos se encontraron

en las gramíneas CIAT16051 (13,1%), Mula-to II (11,05), CIAT6799 (10,9%), CIAT26124 (10,3%), Colosuana (10,0%) y CIAT26990 (10,0%). En la época seca, los contenidos de proteína en los genotipos se redujeron sustancialmente, con valores que fluctuaron entre 7,9 y 6,2%, por lo que se perdió la diferencias entre genotipos (Cuadro 7). Experimentalmente se ha establecido que los rumiantes requieren de un mínimo de 7,0% de proteína cruda en la dieta como fuente de nitrógeno para el crecimiento microbial, de manera que favorezca el consumo

y la degradabilidad de la materia seca (Patiño *et al.* 2018, Pirela 2005). En general puede considerarse que todos los genotipos evaluados en estos experimentos, durante la época de lluvias, cumplen con esta condición. Sin embargo, dada la reducción sustancial que se presenta en los contenidos de proteína durante la época seca en las sabanas secas del Caribe, para obtener una mejor respuesta animal, debe considerarse la utilización de suplementos energéticos y/o proteicos como sales, bloques multinutricionales o subproductos de la agroindustria.

Cuadro 7. Calidad nutricional (%) de gramíneas forrajeras evaluadas en las sabanas secas del Caribe en Colombia.

Genotipo	PC		FDN		FDA		DISMS	
	E. Lluvia	E. Seca						
B. híbrido CIAT1752	8,95 b	6,25 a	57,37 d	67,35 a	28,440 a	36,15 a	68,53 abc	64,56 abc
B. híbrido CIAT1794	8,30 b	7,06 a	60,16 cd	66,58 a	35,90 a	38,43 a	62,07 bc	63,17 abc
<i>D. milanjana</i> cv. Strickland	8,62 b	7,90 a	64,61 abc	68,27 a	33,42 a	42,55 a	68,24 abc	68,95 a
<i>B. brizantha</i> CIAT26124	10,36 ab	7,29 a	61,77 cd	68,53 a	28,26 a	35,68 a	66,75 abc	66,52 ab
<i>B. brizantha</i> CIAT26990	10,03 ab	6,76 a	65,39 abc	69,21 a	29,91 a	37,09 a	71,48 a	63,10 abcd
B. híbrido cv. Mulato II	11,05 ab	7,36 a	59,91 cd	66,51 a	31,52 a	37,24 a	70,40 ab	66,37 ab
<i>M. maximus</i> CIAT16051	13,16 a	6,29 a	64,73 abc	68,23 a	33,75 a	37,49 a	59,71 cd	59,36 bcde
<i>M. maximus</i> CIAT6799	10,90 ab	6,60 a	67,64 ab	69,17 a	37,77 a	42,94 a	59,26 cd	54,85 de
<i>B. pertusa</i> L. cv. Colosuana	10,07 ab	6,66 a	65,67 abc	68,76 a	34,49 a	40,71 a	51,89 d	58,78 bcde
<i>M. maximus</i> cv. Mombasa	8,25 b	7,76 a	69,16 a	68,51 a	39,12 a	41,73 a	62,46 abc	55,83 cde
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	8,91 b	6,29 a	65,59 abc	66,73 a	35,65 a	40,32 a	60,72 bcd	54,03 e
<i>B. brizantha</i> cv. Piatá	8,63b	7,45 a	65,97 abc	74,41 a	32,28 a	43,56 a	63,92 abc	55,92 cde
Media	9,77	6,96	64,00	68,35	33,37	39,37	63,78	61,09
CV (%)	18,13	12,61	5,82	5,31	13,39	12,83	8,46	7,50
Tukey (p<0,05)	3,14	2,88	13,91	13,19	19,98	25,55	29,15	21,03
Significancia	*	ns	*	ns	ns	ns	**	**

*Mezcla homogénea de las muestras de 4 muestreos realizados en época seca, en forma independiente y separada, de 6 muestreos realizados en época de lluvias, y la unión de las 3 repeticiones de cada localidad. PC=proteína cruda. FDN=fibra detergente neutra. FDA=fibra detergente ácida. Valores con la misma letra dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes a un nivel $\alpha=0,05$; ns=no significativo; *= significativo ($p<0,05$); **= altamente significativo ($p<0,01$).

Con base en los resultados de producción de materia seca y calidad nutricional del forraje, obtenidos en estos experimentos, se seleccionaron 6 genotipos para la realización de pruebas de evaluación agronómica, entre los cuales se incluyeron los siguientes: CIAT6799, CIAT16051, CIAT1752, CIAT26990, CIAT1794, CIAT26124. Con estos genotipos se espera proponer una alternativa forrajera para las sabanas secas del Caribe en Colombia, donde los índices productivos de la ganadería de carne y leche son de los más bajos del país.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio indicaron que dentro del grupo de gramíneas evaluadas se encuentran materiales genéticos que por su productividad y calidad del forraje se pueden considerar con alta potencialidad de adaptación a las sabanas secas del Caribe en Colombia, en donde se presentan veranos prolongados, durante los cuales se requiere mantener la producción de carne y leche en los hatos ganaderos y evitar la trashumancia de animales.

Producto de estos experimentos, se destacan por su producción de materia seca los genotipos Mulato II (*Brachiaria* híbrido) y CIAT6799 (*Megathyrsus maximus*), con un promedio de 4214,7 kg.ha⁻¹.corte⁻¹ y 4128,8 kg.ha⁻¹.corte⁻¹, respectivamente, en la época de lluvias, con lo cual superan ampliamente al testigo modal de la región, Colosuana (*Botriochloa pertusa*). Aun cuando en la época seca las diferencias entre genotipos se pierden, la productividad de estos genotipos sigue siendo numéricamente superior a la pastura modal, por lo cual se consideran pasturas con potencial adaptación a las sabanas secas del Caribe.

En relación con la calidad nutricional de las gramíneas, los resultados mostraron contenidos promedios de proteína sobresalientes en los genotipos Mulato II (9,07%), CIAT6799 (8,95%), CIAT26124 (8,88%), CIAT26990 (8,40%), Piatá (8,40%), y la pastura modal Colosuana (8,39%). En cuanto a la digestibilidad in situ, las mayores

diferencias se debieron a los genotipos evaluados, en donde la mayor digestibilidad se presentó en los genotipos Stickland (68,59%), Mulato II (67,39%), CIAT26990 (67,29%), CIAT26124 (66,63%) y CIAT1752 (66,54%).

Con base en estos resultados, se seleccionaron 6 genotipos para continuar a pruebas de evaluación agronómica, entre los cuales se incluyeron los siguientes: CIAT6799, CIAT16051, CIAT1752, CIAT 26990, CIAT1794, CIAT26124.

Como resultado de las pruebas de evaluación agronómica, realizadas posteriormente en otros trabajos y supervisadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), se registró el genotipo CIAT6799, *Megathyrsus maximus* cv. con el nombre comercial de “*Agrosavia Sabanera*”, que se convirtió en una nueva opción para ser utilizada por los ganaderos de la región Caribe.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), a quienes las personas autoras expresan su agradecimiento por el apoyo técnico, logístico y financiero para la ejecución de la tesis de maestría de José Jaime Tapia de la cual se derivó el presente estudio.

El germoplasma forrajero utilizado para esta investigación proviene del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, a quienes las personas autoras expresan su agradecimiento.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, USA). 2016. Microchemical Determination of Nitrogen: Micro-Kjeldahl Method. AOAC: 1994, 1 p (AOAC 960.52). Edition 20.
- Argel, PJ; Miles, JW; Guiot, JD; Cuadrado, H; Lascano, CE. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta capacidad y producción forrajera, resistente al salivazo y adaptada a los suelos tropicales ácidos bien drenados (en línea). Boletín Técnico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 22 p. Consultado

- 13 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/mulato_ii_espanol.pdf
- Atencio, LM; Tapia, JJ; Mejía S; Cadena, J. 2014. Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo tres niveles de humedad en condiciones de casa de malla. *Revista Temas Agrarios* 19(2):245-259.
- Botero, LM. 2010. Trashumancia y dinámicas socioculturales: Sabanas de Magangué y planicie inundable de Santa Cruz de Mompo, región Caribe colombiana. Tesis de maestría. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. 187 p.
- Cajas, YS; Barragán, WA; Arreaza, LC; Arguelles, J; Amézquita, E; Abuabara, Y; Panza, B; Lascano, C. 2012. Efecto sobre la producción de carne de la aplicación de tecnologías de renovación de praderas de *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus en la Costa Norte Colombiana. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(2):213-218.
- Chamorro, D; Carulla, JE; Cuesta, P. 2005. Degradación microbiana in situ de tejidos foliares de gramíneas y leguminosas y su relación con indicadores de calidad nutricional. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 6(1):100-116.
- Contexto Ganadero, 2016. Mulato II, un forraje mejorado que aumenta producción de carne y leche (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 27 set. 2018. Disponible en <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/mulato-ii-un-forraje-mejorado-que-aumenta-produccion-de-carne-y-leche>
- Cuadrado, H; Ballesteros, J; Torregrosa, LJ. 1998. Producción, composición química y digestibilidad del pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* L.) en diferentes épocas y edad de rebrote. La investigación pecuaria 1994-1998. CORPOICA, Cereté, Colombia. p. 89-95.
- DNP (Departamento Nacional de Planeación, Colombia) / BID (Banco Interamericano de Desarrollo, USA). 2014. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis. Bogotá, Colombia. 162 p.
- Eberhart, SA; Russell, WA. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6:36-40.
- FEDEGAN (Federación Colombiana de Ganaderos, Colombia). 2018. Fichas de caracterización departamental (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 27 set. 2018. Disponible en <http://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>
- Guiot, JD. 2017. Pasto mulato II (*Brachiaria* híbrido): excelente alternativa para producción de carne y leche en zonas tropicales (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 27 set. 2018. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/pasto-mulato-brachiaria-hibrido-t32912.htm>
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia). 2009. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Córdoba. Bogotá, Colombia. 502 p.
- Jarillo-Rodríguez, J; Castillo-Gallegos, E; Flores-Garrido, AF; Valles, B; Ramírez, L; Escobar-Hernández, R; Ocaña-Zavaleta, E. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(3):417-427.
- Mejía S; Cuadrado, H; Rivero, T. 2013. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe colombiana. Manual Técnico. 2 ed. Cereté, Colombia. CORPOICA. 77 p.
- Miranda, BS; Duarte, MJ; Alves, JA; Pereira, ES; Delmondes, MA; Feitosa, JV. 2010. Composição química-bromatológica, digestibilidade e degradação in situ da dieta de ovinos em capim-tanzânia sob três frequências de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(1):113-120.
- Moreno, J; Campo L. 2016. Plant breeding as tool to challenge climatic changes in forage production. A review. *Revista Pastos* 46(2):25-43.
- Orskov, ER; Hovell, FD; Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical* 5(3):213-218.
- Patiño R, Gómez R, Navarro O. 2018. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. *Rev. CES Med. Zootec.* 3(1):17-30.
- Piñeros, R; Tobar, V; Mora, J. 2011. Evaluación agronómica y zootécnica del pasto Colosoana (*Bothriochloa pertusa*) en el trópico seco del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 4(1):36-40.
- Pirela, MF. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. In Doble Propósito. González-Stagnaro, C; Soto-Belloso, E. (eds.). Manual de Ganadería. Maracaibo, Venezuela. Ediciones Astro Data, S.A. 8(1):176-182.
- Roncallo, B; Barros, J; Bonilla, R; Murillo, J; Del Toro, R. 2009. Evaluación de arreglos agrosilvopastoriles en explotaciones ganaderas de la microrregión Bajo Magdalena. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(1):60-69.
- Segura, F; Echeverri, R; Patiño, A; Mejía, A. 2007. Description and discussion about the methods of analysis of fiber and of the nutritional value of forages and foods for animals. *Vitae* 14(1):72-81.
- Sierra, O; Bedoya, JA; Monsalve, D; Orozco, JJ. 1986. Observaciones sobre Colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L.) Camus) en la costa Atlántica de Colombia. *Revista Pasturas Tropicales* 8(1):6-9.
- Sosa, EE; Pérez, D; Ortega, L; Zapata G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México* 42(2):129-144.
- Tapasco, J; Martínez, J; Calderón, S; Romero, G; Ordóñez, DA; Álvarez, A; Sánchez-Aragón, L; Ludeña, CE. 2015. Impactos Económicos del Cambio Climático

en Colombia: Sector Ganadero. Washington D.C.
Banco Interamericano de Desarrollo, Monogr. N°. 254, 50 p.

Van Soest, PJ; Robertson, JB. 1987. Analysis of Forages and Fibrous Foods: A Laboratory Manual. Cornell University, Ithaka, New York.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr