

Establecimiento de tres cultivares y cuatro híbridos de gramíneas forrajeras en cuatro localidades de Venezuela

Freddy M. Espinoza^{1*}, José L. Gil¹, Juan C. Rey¹, María E. Lugo², Francelina Molina², Jesús Ron³, Juan Vergara⁴, Rover Maldonado⁴, Carlos Marín¹ y Pablo Herrera⁵

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apdo postal 4653. Maracay, Aragua. Venezuela.

²INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Barinas. Pedraza, Barinas. Venezuela. ³INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Guárico. Bancos de San Pedro, Guárico. Venezuela. ⁴INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Zulia. Zulia, Venezuela. ⁵PDVSA Agrícola, Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento agronómico de cuatro híbridos y tres cultivares de los géneros *Brachiaria* y *Panicum* durante la fase de establecimiento. Para ello se llevó a cabo un ensayo multilocacional en los estados Apure, Barinas, Guárico y Zulia, en Venezuela. Las especies evaluadas fueron *Brachiaria* híbrido (*B. humidicola* x *B. ruziziensis* x *B. brizantha*) Mulato II, Caimán, Cobra y BR 0465, así como *Brachiaria brizantha* 'Marandú', *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' y *Panicum maximum* 'Tanzania'. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. A los fines de evaluar la estabilidad y adaptabilidad de las especies, se utilizó el índice de superioridad de Lin y Binns. Las variables estudiadas fueron germinación a los 15 días (d), tasa de crecimiento con base a la altura de la planta (TCA), y tasa absoluta de crecimiento de la biomasa aérea (TAB). Los resultados indican diferencias estadísticas para localidad y tratamiento en la variable germinación, resaltando las especies híbridas Caimán (64%) y Cobra (63%) donde la localidad Apure tuvo el mayor valor promedio (60%). TCA fue similar en todas las localidades evaluadas ($P > 0,05$), resaltando el híbrido 'Tanzania' y el híbrido Caimán con crecimiento que supera 1 cm/d. Las mayores TAB ($P < 0,01$) correspondieron al híbrido 'Tanzania' en la localidad de Barinas (91 kg MS/ha/d) y a los híbridos Caimán y Cobra en el estado Guárico con 83 y 80 kg MS/ha/d, respectivamente. Se concluye que durante la fase de establecimiento se observó mejor respuesta para *Brachiaria* híbrido Caimán y Cobra, además de *Panicum maximum* 'Tanzania'. De acuerdo con el índice de superioridad los híbridos Caimán y Cobra presentaron mayor eficiencia en la producción de biomasa por precipitación ocurrida durante la fase de establecimiento, lo cual les otorga mayor estabilidad.

Palabras clave: Tasa de crecimiento, germinación, *Brachiaria*, *Panicum*, híbrido, índice de superioridad.

Establishment of three cultivars and four hybrids of forage grasses in four localities in Venezuela

ABSTRACT

To evaluate the agronomic features of four hybrids and three cultivars of the genus *Brachiaria* and *Panicum* during the establishment phase, a multilocational trial was carried out in the Apure, Barinas, Guárico, and Zulia states in Venezuela. The evaluated species were *Brachiaria* hybrid (*B. humidicola* x *B. ruziziensis* x *B. brizantha*) Mulato II, Cayman, Cobra, and BR 0465, as well as *Brachiaria brizantha* 'Marandú', *Brachiaria decumbens* cv Basilisk,

*Autor de correspondencia: Freddy M. Espinoza

E-mail: espinoza@inia.gob.ve

and *Panicum maximum* 'Tanzania'. A completely randomized block design with four replicates per treatment was used. The stability and adaptability of the species was measured by the Lin and Binns superiority index. The variables studied were germination at 15 days (d), growth rate based on plant height (GRH), and absolute growth rate of aerial biomass (AGR). The results indicated statistical differences for locality and treatment in the germination variable, highlighting the hybrids Caimán (64%) and Cobra (63%) where the Apure locality had the highest average value (60%). GRH was similar in all localities ($P > 0.05$), highlighting the hybrid 'Tanzania' and the hybrid Cayman with growth that exceeds 1 cm / d. The highest AGR ($P < 0.01$) corresponded to 'Tanzania' in Barinas (91 kg DM/ha/d) and the Caimán and Cobra hybrids in Guárico state with 83 and 80 kg DM/ha/d, respectively. It is concluded that during the establishment phase a better response was observed for *Brachiaria* hybrids Cayman and Cobra, besides *Panicum maximum* 'Tanzania'. According to the superiority index, Cayman and Cobra hybrids showed greater efficiency in the biomass production when precipitation occurred during the establishment phase, that gives them greater stability.

Key words: Growth rate, germination, *brachiaria*, *Panicum*, hybrid, superiority index.

INTRODUCCIÓN

Venezuela dispone aproximadamente de 17 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería, gran parte de ellas cubiertas de pasturas nativas, asentadas en suelos ácidos y de baja fertilidad, donde los pastos presentan bajo valor nutritivo y una baja capacidad de sustentación, trayendo como resultado bajas tasas productivas y reproductivas de los rebaños.

Datos oficiales de Venezuela reflejan que luego de haberse incrementado la proporción de pastos introducidos en un 427% entre 1950 y 2003, la caída con respecto al último censo agrícola fue del 58% (período 2003-2007), disminuyendo de 8,5 millones de hectáreas a un poco más de 3,5 millones en el 2007. Con relación a la productividad animal, considerando la superficie y producción del año 2013, la misma fue 187 L/ha/año, oscilando entre 0,4 y 1 L/ha/d. En tanto que, la productividad por vaca se encontró en 4,2 L/vaca/día en el año 2013, evidenciando un estancamiento en la producción láctea, ya que ésta ha oscilado entre 3,5 y 5,3 L/vaca/d en más de 30 años (Espinoza et al., 2012).

Para mejorar la productividad de estas áreas, es imprescindible establecer un nuevo programa de mejoramiento y manejo de pastizales a fin de incrementar la oferta forrajera y la carga animal, mediante la introducción y el manejo adecuado de híbridos o especies forrajeras de buen rendimiento, con buen valor nutritivo y alimenticio, que coadyuven a un aumento de la producción de leche y carne. El Grupo Papalotla posee una colección de nuevos híbridos de *Brachiaria* desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y seleccionados en la finca experimental del grupo (CIPAT) en México, destacando los híbridos Mulato II y Caimán, los cuales han contribuido a la productividad en las fincas ganaderas en Latinoamérica, y en el caso de Caimán, con excelente adaptación a suelos con exceso de humedad.

El objetivo del presente ensayo fue evaluar la fase de establecimiento de híbridos y cultivares de los géneros *Brachiaria* y *Panicum* en diferentes zonas agroecológicas de Venezuela, como un indicador previo de adaptabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideró como fase de establecimiento para efectos del ensayo, desde el momento de la siembra de las especies hasta la fecha del corte de uniformidad, llegando a depender para cada localidad en función de la siembra y resiembra de cada uno de los sitios.

Localidades

El ensayo se llevó a cabo en cuatro localidades de Venezuela: 1) Estado Apure: Finca Los Retamo, Biruaca, municipio Achaguas. 2) Estado Barinas: Estación Experimental Ciudad Bolivia, Potrero La Caoba, Pedraza, municipio Pedraza. 3) Estado Guárico: Estación Experimental INIA, Bancos de San Pedro, municipio Francisco de Miranda. 4) Estado Zulia: Estación Experimental El Guayabo - INIA, El Guayabo, municipio Catatumbo.

En el Cuadro 1 se presentan las coordenadas geográficas, altitud y precipitación media de los últimos 10 a 15 años, observándose un rango de precipitación que va desde los 1.141 hasta los 2.000 mm a diferentes pisos altitudinales.

La precipitación total durante el período experimental desde la fecha de siembra hasta el corte de uniformidad, fue de 343,5; 487,8; 522,3 y 903,9 mm para los estados Apure, Guárico, Zulia y Barinas, respectivamente, distribuidos en 14, 20, 14 y 17 semanas, respectivamente. La descripción de los suelos se detalla en los Cuadros 2 y 3.

Las especies evaluadas fueron cuatro híbridos de *Brachiaria*: Mulato II, Caimán, Cobra y BR 0465 y los

Cuadro 1. Coordenadas geográficas y precipitación media de los últimos 15 años en las áreas experimentales seleccionadas.

Localidad	Altitud (msnm)	Coordenadas UTM	Precipitación (mm)
Apure	51	19P: E 614473 – N 859445	1.141
Barinas	208	19P: E 323291 – N 925657	1.786
Guárico	87	19P: E 661060 – N 967383	1.345
Zulia	30	18P: E 793697 – N 947848	2.000

cultivares *Brachiaria brizantha* ‘Marandú’, *Brachiaria decumbens* ‘Basilisk’ y *Panicum maximum* ‘Tanzania’.

Siembra y tamaño de las parcelas

Se utilizó la metodología CIAT (1982) para la evaluación agronómica de pastos tropicales. La siembra se realizó en forma directa con semilla sexual, con una distancia entre surcos de 80 cm y a 2,5 cm de profundidad. El tamaño de las parcelas fue de 5 x 3,2 m, para un área total de 1.250 m²; cada parcela tuvo cuatro líneas con plantas localizadas a 0,5 m dentro de la hilera, lo que arrojó una densidad de 25.000 plantas/ha. Cada línea (surco) contó con 10 plantas, por lo que, cada especie tuvo un total de 160 plantas.

Las fechas de siembra son mostradas en el Cuadro 4. A los fines de garantizar el número uniforme y adecuado de plantas por parcela y tratamiento (40), se realizó una resiembra directa, a excepción de la localidad del Zulia que se hizo por trasplante de plántulas (Satos).

Fertilización

Se siguieron las recomendaciones establecidas por el CIAT para la fertilización de establecimiento en pequeñas parcelas, en cada una de las localidades. En tal sentido, se aplicaron 163 kg/ha de urea y 250 kg/ha de fórmula completa 10:20:20. La urea fue aplicada en dos partes: La mitad de la dosis a los 30 d de germinadas las plantas y la otra mitad a las 8 semanas de establecidas.

Diseño y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico se realizó considerando un arreglo factorial con especie y localidad como factores. Se utilizó análisis de varianza y comparaciones entre medias por la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Para medir la interacción entre los tratamientos y las localidades o ambientes se utilizó el método multivariado. Mediante este método, se determinó

igualmente la correlación cofenética, la cual es una medida de proximidad y cuando el coeficiente es igual a 1, indica que ambas matrices son proporcionales (Grané, s/f). La correlación cofenética explica el grado de distorsión del Biplot con respecto a la matriz original de correlación.

Variables

En virtud a las distintas fechas de siembra y resiembra en cada una de las localidades, lo que impidió tener una uniformidad durante esta fase, las variables medidas fueron germinación a los 15 d de sembrada, tasa diaria de crecimiento en función de la altura de la planta (TCA), tasa absoluta de crecimiento de la biomasa aérea acumulada (TAB), medida en función de la producción de materia seca desde la siembra hasta el corte de uniformización y la relación entre la producción de materia seca acumulada y precipitación (MS/PPT), considerada como una variable fisiológica para medir la estabilidad de la especie, según Lin y Binns (1988).

La tasa absoluta de crecimiento constituye un índice de economía en el uso de la radiación solar disponible, la precipitación, la temperatura y las condiciones del suelo, en un intervalo entre dos cosechas y va a depender del estado fisiológico del cultivo, influyendo así en la adaptabilidad de las especies. Normalmente esta variable se usa sólo para la estimación de la productividad de la planta en términos de materia seca y se mide en kg MS/ha/d o en g/m²/d. Para el caso de la TCA se usó la misma metodología, pero en función de la altura de la planta, medida en cm/d.

En virtud de las diferentes fechas de siembra en cada una de las localidades, se procedió a tomar la TCA entre la primera y última evaluación de altura de la planta para cada sitio, dividida entre el número de días.

Para medir la estabilidad y adaptabilidad de las especies se utilizó el índice de superioridad (Pi) de Lin y Binns (1988). Este índice es una medida

Cuadro 2. Descripción del ambiente en las distintas localidades evaluadas

Descripción	Localidad		
	Biruaca	Ciudad Bolivia	Bancos de San Pedro
Clasificación de campo	VerticHaplustepts, isp ¹	TypicHaplustalfs, isp	VerticHaplustepts, isp
pH	5,4	5,2	6,4
Meses secos	6	6	6
Ambiente geomorfológico	PF ² : Llanos occidentales RN: Llanos occidentales intermedios Paisaje: Planicie R: Llanura aluvial FT: Cubeta de desborde	PF: Llanos occidentales RN: Llanos occidentales Paisaje: Montaña R: Piedemonte FT: Abanico de explayamiento	PF: Llanos centrales RN: Llanos centrales altos Paisaje: Altiplanicie R: Llanura aluvial subreciente FT: Napa de explayamiento
Pendiente	0,5 - 1%, N - S; plana	1%, NW - SE; convexa	0,5 - 1%, SO-NE; plana
Material parental	Aluviones recientes	Coluvio aluvial	Aluviones recientes
Drenaje	Externo: Lento Interno: Lento Permeabilidad: Lenta CD ³ : Imperfectamente drenado	Externo: Moderado Interno: Moderado Permeabilidad: Moderada CD: Moderadamente Bien drenado	Externo: Muy lento Interno: Muy lento Permeabilidad: Muy lenta CD: Pobremente drenado
Agua	Superficial: No Mesa de agua: 70 cm (estacional) Perfil: Húmedo	Superficial: No Mesa de agua: No Perfil: Húmedo	Superficial: No Mesa de agua: 35 cm (estacional) Perfil: Húmedo
Pedregosidad	Superficial: No Perfil: No	Superficial: No Perfil: Grava a los 55 cm	Superficial: No Perfil: No
Limitaciones	Texturas pesadas, drenaje deficiente	Suelo poco profundo (grava a 55 cm)	Texturas pesadas, drenaje muy deficiente

¹ isp: isohipertérmica² PF: Provincia fisiográfica; RN: Región natural; R: Relieve; FT: Forma de terreno³ CD: Clase de Drenaje

Descrito por Juan C. Rey; F. Espinoza, J. L. Gil

Cuadro 3. Descripción del pedón del suelo en las distintas localidades.

Localidad	Perfil	Descripción
Biruaca, Apure	A ₁ 0-18 cm	Franco Arcilloso; marrón grisáceo muy oscuro (2.5Y3/2); estructura blocosa subangular, moderada, mediana y fina; consistencia friable húmedo, débilmente adhesivo y débilmente plástico mojado; actividad biológica alta; raíces abundantes finas.
	B _{w1} 18-55 cm	Franco Arcilloso; marrón oliva claro (2.5Y5/4); estructura blocosa subangular, moderada, mediana; consistencia firme húmedo, débilmente adhesivo y débilmente plástico mojado; actividad biológica media; comunes raíces finas.
Ciudad Barinas	A ₁ 0-22 cm	Franca; marrón muy oscuro (7.5YR2.5/2); estructura blocosa subangular, moderada, mediana; consistencia firme húmedo, adhesivo y plástico mojado; actividad biológica alta; raíces comunes finas.
	B _{w1} 22-55 cm	Franco Arcilloso; marrón oliva claro (7.5YR4/4); estructura blocosa angular, moderada, mediana; consistencia firme húmedo, adhesivo y plástico mojado; actividad biológica media; pocas raíces finas.
Bancos de San Pedro, Guárico	A ₁ 0-15 cm	Franco Arcilloso; marrón oliva oscuro (2.5Y3/3); estructura blocosa subangular, moderada, mediana; consistencia friable húmedo, débilmente adhesivo y débilmente plástico mojado; actividad biológica alta; raíces abundantes finas y medias.
	B _u 15-45 cm	Franco Arcilloso; marrón rojizo (5YR4/4); estructura blocosa subangular, moderada, mediana; consistencia friable húmedo, débilmente adhesivo y débilmente plástico mojado; cutáneas en la cara de los agregados; actividad biológica media; raíces comunes finas.
El Guayabo, Zulia	A ₁ 0-15 cm	Arcilloso; marrón oscuro (10YR3/3); estructura blocosa subangular, moderada, mediana; consistencia friable húmedo, adhesivo y plástico mojado; actividad biológica alta; raíces comunes finas.
	B _{w1} 15-55 cm	Arcillo Limoso; marrón oliva (2.5Y4/3) con moteados marrón fuerte (7.5YR4/6) comunes, medianos, claros; estructura blocosa angular, fuerte, gruesa; consistencia firme húmedo, muy adhesivo y muy plástico mojado; actividad biológica media; pocas raíces finas.

Descrito por Juan C. Rey; F. Espinoza, J. L. Gil

Cuadro 4. Fechas de siembra y resiembra por localidad.

Localidad	Siembra	Resiembra
Biruaca, Apure	02/09/2015	20/10/2015
Ciudad Bolivia, Barinas	07/08/2015	22/09/2015
Bancos de San Pedro, Guárico	20/07/2015	04/09/2015
El Guayabo, Zulia	01/09/2015	02/10/2015

de estabilidad cuando el experimento o las variedades testigo no se pueden manejar en todos los ambientes. Este índice se calcula a partir de la suma de cuadrados de las diferencias entre el genotipo de interés con respecto al genotipo de mayor rendimiento, en cada uno de los ambientes, representando el cuadrado medio del efecto conjunto de genotipos e interacción GxA (genotipo x ambiente) y, al calcularse con referencia a la máxima respuesta, determina la adaptabilidad en un sentido general. En conclusión, este índice mide el grado de superioridad de los genotipos a través de las localidades; es decir determina la adaptabilidad de una especie en varios ambientes. Mientras menor sea el valor, indica que el material genético evaluado es más estable. En este estudio, P_i se calculó con las variables TAB y la relación producción de MS/PP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación a los 15 d

Se encontró interacción altamente significativa ($P < 0,01$) entre especie y localidad (Cuadro 5), observándose los valores más altos, en términos de promedio general, para todas las especies evaluadas en Biruaca, estado Apure (60%), seguido de bancos de San Pedro en Guárico (56%) y El Guayabo, estado Zulia (45%). En cuanto a las especies, el mayor porcentaje de germinación correspondió a las especies híbridas Caimán y Cobra con 64 y 63%, respectivamente (Cuadro 5). La mayor germinación se observó en Biruaca con 'Marandu' (83%) y 'Mulato II' (75%), mientras que la menor se registró en Ciudad Bolivia con 'Tanzania' (0%) y el híbrido 'BR 0465' (4%). La respuesta se debió posiblemente entre otras causas, para el caso de 'Tanzania', al tamaño de la semilla, la cual pudo ser enterrada o tapiada al momento de ser establecidas las parcelas, y para el caso del híbrido se debió a que gran parte de la semilla utilizada era vana o vacía. En este caso, se realizó una limpieza del material, resemebrándose posteriormente, lo que mejoró la germinación.

Las diferencias observadas entre las localidades de los estados Apure, Guárico y Zulia con valores más elevados (60, 56 y 45%, respectivamente) con respecto a Barinas, se deben posiblemente a la relación existente entre las partículas de arcilla y la precipitación. La precipitación durante los primeros 20 días de la siembra en Bancos de San Pedro (Guárico), Biruaca (Apure) y El Guayabo (Zulia) fue de 27, 27 y 25 mm, respectivamente, mientras que en Ciudad Bolivia (Barinas) fue 129 mm. Es probable que el exceso de agua en esta última localidad, impidió o redujo los niveles de oxígeno en el suelo necesarios para la respiración de las semillas, sofocando así el eje embrionario de la misma, tanto por impedimento de la entrada de aire, como la retención del agua entre los tejidos de la semilla durante el proceso de imbibición (Santana, 2015; Pardos, 2004). En cambio, en el resto de las localidades, las arcillas finas retuvieron la humedad en los días que no hubo precipitación, lo que permitió condiciones más constantes de humedad y aireación en el suelo. El levantamiento de información de suelo y ambiente, indica que en estas localidades el drenaje externo, interno y la permeabilidad son lentos, debido a la predominancia de las partículas de arcillas finas.

Tasa de crecimiento de altura de la planta (TCA)

Para la localidad Biruaca, la TCA varió de 0,70 a 1,23 cm/día ($P < 0,01$), siendo el valor más bajo en *Brachiaria decumbens* 'Basilisk', debido a que para ese sitio experimental las parcelas contaron con 84 d de establecimiento, en comparación con Bancos de San Pedro y Ciudad Bolivia que contaron con un mayor período (141 y 123 d, respectivamente) (Cuadro 6). En contraste, *Panicum maximum* 'Tanzania' presentó la mayor tasa, seguida de *Brachiaria* híbrido 'Caimán' y 'BR 0465' con tasa que superaron los 1 cm/d, no obteniéndose diferencias entre ellas mismas en la prueba de medias ($P > 0,05$).

En Ciudad Bolivia, se observó diferencia altamente significativa ($P < 0,01$), donde los tratamientos *Panicum maximum* 'Tanzania' y *Brachiaria brizantha* 'Marandú' presentaron las tasa más elevadas con valores de 1,38 y 1,22 cm/d ($P > 0,05$). En cambio, la más baja correspondió al híbrido 'BR 0465' con una TCA de 0,64 cm/d, siendo el promedio general en el estado de 0,96 cm/d.

En la localidad Bancos de San Pedro, se destaca 'Tanzania' con valores cercanos de TCA a los 1,6 cm/d ($P < 0,01$), seguido de las especies Caimán y Cobra con 0,98 y 0,9 cm/d, no observándose diferencia entre estas dos ($P > 0,05$). No obstante, en El Guayabo, estas últimas dos especies fueron las de mayor TCA con valores de 1,37 y 0,92 cm/d, respectivamente ($P < 0,01$).

Cuadro 5. Germinación (%) de híbridos de *Brachiaria* y especies de pastos en diversas localidades de Venezuela.

Tratamiento	Localidad				Promedio
	Biruaca	Ciudad Bolivia	Bancos de San Pedro	El Guayabo	
‘Cobra’	50cde ¹	60a	69ab	72a	63
‘Caimán’	68bA ²	43bB	79aA	69aA	64
‘Mulato II’	75abA	41bB	68abA	41bB	56
‘Marandú’	83aA	36bC	62abB	41bC	55
‘Basilisk’	58cA	4dB	47bA	39bA	37
‘BR 0465’	48deA	19cC	33cB	15cC	29
‘Tanzania’	35eC	0dB	34cA	41bA	27
Promedio	60	29	56	45	
DE	16,8	22,4	23,2	20,2	

¹Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

²Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

La mayor respuesta en esta variable, en todas las localidades, fue la de ‘Tanzania’, seguida de *Brachiaria* híbrido Caimán con 1,24 y 1,08 cm/d, respectivamente. Estudios recientes evaluando el pasto de corte *Pennisetum purpureum* ‘Cuba-CT-169’, sin la aplicación de fertilizante, se obtuvieron tasas de 1,13 a 1,92 cm/d (Rodríguez *et al.*, 2011), indicando que a pesar de las condiciones edáficas de todas las localidades estudiadas y que son pastos para pastoreo principalmente, a diferencia del *Pennisetum*, tanto ‘Tanzania’ como Caimán, presentaron un buen crecimiento durante el establecimiento.

El resto de las especies estudiadas presentaron

tasas promedio, en todas las localidades, superiores a los 0,7 cm/d, lo que indica igualmente un buen crecimiento, considerando que toda planta da prioridad al desarrollo de las raíces durante sus primeras semanas de vida. Estudios realizados en Cuba por Canchila *et al.* (2010), en un bosque húmedo tropical y 2.800 mm de precipitación, encontraron tasas de crecimiento promedio para el primer corte de 0,30 cm/d en accesiones de *B. decumbens* y entre 0,13 y 0,60 cm/d para accesiones de *B. brizantha*.

Se encontró diferencia altamente significativa ($P < 0,01$) para la interacción localidad x tratamiento, sugiriendo que existe un efecto de las condiciones agroecológicas sobre la TCA.

Cuadro 6. Tasa de crecimiento con base en la altura (cm/d) de híbridos de *Brachiaria* y especies de pastos en diversas localidades de Venezuela.

Tratamientos	Localidad				Promedio
	Biruaca	Ciudad Bolivia	Bancos de San Pedro	El Guayabo	
‘Cobra’	0,96a ¹	0,90b	0,90bc	0,92b	0,92
‘Caimán’	1,10aB ²	0,90bB	0,98bB	1,37aA	1,08
‘Mulato II’	0,88aA	0,89bA	0,72cdB	0,72dB	0,80
‘Marandú’	0,95aB	1,22aA	0,61dC	0,80cB	0,89
‘Basilisk’	0,70b	0,81bc	0,59d	0,82c	0,73
‘BR 0465’	1,04aA	0,64cB	0,64dB	0,60eB	0,73
‘Tanzania’	1,23aB	1,38aAB	1,55aA	0,82cC	1,24
Promedio	0,97	0,96	0,85	0,87	
DE	0,25	0,28	0,35	0,23	

¹Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

²Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Tasa absoluta de crecimiento con base en la biomasa aérea acumulada (TAB)

El coeficiente de variación genotipo (especie) fue aceptable en el pasto 'Caimán', pero resultaron altos en 'Tanzania', 'Mulato II' y 'BR 0465' como consecuencia de los bajos valores obtenidos en la localidad El Guayabo (Cuadro 7). Sin embargo, estos valores son indicadores del comportamiento de cada especie en comparación a todas las localidades, tal es el caso de *Brachiaria* híbrida Mulato II y *Panicum máximum* 'Tanzania', las cuales presentaron el CVg más elevado (82,6% y 84%, respectivamente), indicando así que ambas especies son más vulnerables a los cambios agroecológicos durante su fase de establecimiento, mientras que el híbrido Caimán resultó ser más estable (38,8%).

La TAB general de todas las especies por localidad fue mayor en Bancos de San Pedro con 65 kg MS/ha/d ($P < 0,01$), seguida de Ciudad Bolivia con 50 kg MS/ha/d (Cuadro 7). Las menores tasas se obtuvieron en las localidades de Biruaca (22 kg MS/ha/d) y El Guayabo (21,3 kg MS/ha/d), debido a que tuvieron menos días de establecimiento antes del corte de uniformización (84 a 90 d) y por consiguiente menor desarrollo de raíces.

A excepción de la localidad El Guayabo en el estado Zulia, el resto de los sitios experimentales no presentaron diferencias entre los diversos tratamientos estudiados ($P > 0,05$). La TAB en los híbridos Cobra, Caimán y Mulato oscilaron entre 26 y 76; 36 y 83; 12 y 80 kg MS/ha/d, respectivamente, encontrándose los valores más elevados en la localidad del estado Guárico, mientras que los más bajos se obtuvieron en Biruaca (Apure). Sin embargo, la menor y mayor respuesta para esta variable fue para 'Tanzania' con valores que

oscilaron entre 6 y 91 kg MS/ha/día, donde el más bajo se obtuvo en El Guayabo (Zulia) y el más alto en Ciudad Bolivia (Barinas).

Rodríguez et al. (2011) indicaron en el pasto *Pennisetum purpureum* 'Cuba CT-169' tasas de crecimiento que variaron entre 80 y 420 kg MS/ha/d para el período seco y máxima precipitación, respectivamente. Entre tanto, Cruz Hernández et al. (2011) evaluaron frecuencias e intensidades de pastoreo en el 'Mulato' en México encontrando valores que oscilaron entre 12 y 50 kg MS/ha/d en dos años de evaluación, dependiendo de la época del año.

En Venezuela, son escasos los trabajos relacionados a la dinámica de crecimiento de pastos. En el estado Barinas se han obtenido respuestas en *Brachiaria decumbens* que oscilan entre 43 y 68 kg MS/ha/d y con *Panicum maximum* rendimientos de 44 kg MS/ha/d, mientras que para *Andropogon gayanus* y *Brachiaria humidicola* se han encontrado producciones de 138 y 19 kg MS/ha/d, respectivamente (Arriojas y Chacón, 1989). Espinoza et al. (2001), en asociaciones del pasto de corte *Pennisetum purpureum* 'King grass' obtuvieron tasas de 117 kg MS/ha/d en suelos de mayor fertilidad.

Ruiz Silvera et al. (2009) evaluaron cultivares de la gramínea más productiva tropical, caña de azúcar (*Saccharum officinalis*) encontrando una tasa de crecimiento promedio a los 10 meses de 199 kg MS/ha/d, la cual al ser relacionada con la altura de la planta, obtuvieron un valor de 0,69 kg MS/ha/cm de altura, valor éste menor al ser comparada con la especie de mayor rendimiento (*Brachiaria* híbrido Caimán) que obtuvo una productividad de 0,75 kg MS/ha/d/cm de altura de planta, pero similares a los híbridos Cobra

Cuadro 7. Tasa absoluta de crecimiento (kg MS/ha/d) e índice de selectividad (Pi) durante el establecimiento, en híbridos de *Brachiaria* y especies de pastos en diversas localidades de Venezuela.

Tratamiento	Localidad				Promedio	CVg ¹	Pi
	El Guayabo	Biruaca	Ciudad Bolivia	Bancos de San Pedro			
Caimán	44,16aB ²	36,02B	49,63B	83,06A	53,22	38,8	212
Cobra	30,22bB	25,80B	50,94AB	76,27A	45,81	50,4	242
'Tanzania'	5,52eB	24,85B	90,82A	57,08AB	44,57	84,0	287
Mulato II	15,83cC	11,71C	45,95B	80,13A	38,40	82,6	427
'Marandú'	30,04bBC	14,62C	47,97AB	53,34A	36,49	48,4	422
'Basilisk'	13,46cdB	28,51B	29,45B	53,66A	31,27	53,2	704
BR 0465	9,60deC	12,38C	36,21B	51,96A	27,54	73,3	713
Promedio	21,26	21,98	50,14	65,07	39,61		430
DE	17,3	30,5	22,1	13,2	28,5		208

¹Coeficiente de variación del genotipo.

²Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$). Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

y Mulato II con valores de 0,66 y 0,60 kg MSA/ha/d/cm, respectivamente. Estos datos demuestran las capacidades productivas en términos de biomasa por superficie de los híbridos introducidos al país.

Al observar las diversas respuestas en el país con especies de gramíneas evaluadas y considerando, que el ensayo se encuentra en fase de establecimiento, se puede inferir que los materiales evaluados presentan una buena respuesta en cuanto a esta variable (TAB), donde sobresale 'Tanzania' en Ciudad Bolivia y los híbridos Caimán y Cobra en Bancos de San Pedro (Cuadro 7).

El índice de superioridad de Lin y Binns (1988) indica que para la interacción genotipo x ambiente, los tratamientos que presentaron mejor respuesta fisiológica fueron el híbrido Caimán, seguido de los híbridos Cobra y 'Tanzania'. Al comparar la diferencia en el valor Pi entre Caimán y 'Tanzania', el mismo es 75, pero al comparar 'Tanzania' con el siguiente (híbrido Mulato II) la diferencia es del doble (140), reflejando que la respuesta fue superior en las tres primeras mencionadas, indicando que para la fase de establecimiento, estas fueron las que mejor adaptabilidad mostraron. No obstante, al usar la desviación estándar con respecto a la media, el resultado muestra sólo a Caimán como el tratamiento de mayor estabilidad y adaptación (Cuadro 7).

Se obtuvo diferencia altamente significativa ($P < 0,01$) para la interacción localidad x tratamiento, sugiriendo al igual que la variable anterior, que existe un efecto en las condiciones agroecológicas que inciden en la producción de la biomasa aérea al momento de corte de uniformidad.

Relación MS/PPT

A excepción de la localidad El Guayabo, estado Zulia, no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$) para la relación MS/PPT, obteniéndose los mayores valores para los híbridos Caimán y Cobra en las localidades Biruaca y Bancos de San Pedro, mientras que BR 0465 presentó el menor valor en el estado Zulia (Cuadro 8). Las mayores producciones, considerando todas las especies, se encontraron en Guárico y Apure con 19 y 16 kg MS/ha/d/mm, respectivamente.

La diferencia entre la media y la desviación estándar de Pi indica que *Brachiaria* híbrido Cobra es estable y adaptable a la interacción genotipo x ambiente, por lo cual, tanto Caimán como Cobra son las más eficientes en la producción de biomasa por mL de precipitación ocurrida durante la fase de establecimiento. Considerando, que el experimento para todas las localidades, se establecieron en suelos franco, franco arcilloso y arcilloso, se podría inferir que las especies híbridas Cobra y Caimán son adaptables a esta condición.

El índice de superioridad Pi para la relación entre la materia seca y la precipitación (kg MS/ha/d/mm) indica que durante la fase establecimiento fue menor para *Brachiaria* híbrido Caimán, corroborando la superioridad y estabilidad, según Lin y Binns (1988) (Cuadro 8).

Análisis multivariado

El análisis multivariado indica que el primer componente principal (CP) explicó una varianza de 44%, mientras que el segundo CP explicó 28%, por

Cuadro 8. Relación biomasa:precipitación (MS/ha/d/mm) e índice de superioridad (Pi) para la tasa de materia seca y precipitación de cuatro híbridos y tres cultivares de pastos evaluados en diferentes ambientes de Venezuela.

Tratamiento	Localidad				Promedio	CVg ¹	Pi
	Zulia	Barinas	Apure	Guárico			
Caimán	7,10aB ²	6,75B	25,92A	24,00A	15,94	65,5	4
Cobra	4,86bB	6,93B	18,56A	22,00A	13,10	64,7	12
'Tanzania'	0,89eB	12,36AB	17,88A	16,50A	11,90	64,8	20
'Basilisk'	2,16cdC	4,01BC	20,51A	15,51AB	10,55	84,3	24
'Marandú'	4,83bB	6,53B	10,52AB	15,42A	9,32	50,5	44
Mulato II	2,55cB	6,25B	8,42B	23,16A	10,09	89,6	46
BR 0465	1,54deD	4,93C	8,91B	15,02A	7,60	76,2	57
Promedio	3,42	6,82	15,82	18,81	11,22		34
DE	2,07	2,46	6,17	3,74	2,53		18

¹Coefficiente de variación del genotipo.

²Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$). Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

lo que la varianza explicada por estos dos CP fue de 72%. El Cuadro 9 muestra los resultados del análisis multivariado para todas las variables estudiadas, donde se observa que en el primer CP los mayores valores fueron para las variables de producción de biomasa, mientras que en el segundo CP los mayores valores correspondieron a las variables germinación y crecimiento. Esa respuesta se corrobora con la correlación cofenética, la cual fue de 0,978.

La Figura 1 muestra las diferentes respuestas de cada tratamiento en las cuatro localidades estudiadas con respecto a las variables, observándose que por encontrarse en el primer cuadrante, las variables con mayor peso son germinación y la relación MS/PP (producción de materia seca por cantidad diaria de lluvia, kg MS/d/mm), seguido de las tasas de crecimiento TAB (MS/ha/d) y TAC (cm/d). Gráficamente se interpreta que existe una correlación media ($0,50 \leq r \leq 0,60$) entre kg MS/d/mm y kg MS/ha/d, así como TAC (cm/d) y TAB (MS/ha/d), lo que arroja una positividad con respecto a las variables que determinan la productividad de las plantas (materia seca).

Cuadro 9. Correlaciones con las variables originales.

Variable	CP 1	CP 2
MS/ha/d	0,77	-0,33
TAC (cm/d)	0,38	-0,68
MS/d/mm/ppt	0,89	0,17
Germinación	0,50	0,72

Correlación cofenética 0,978

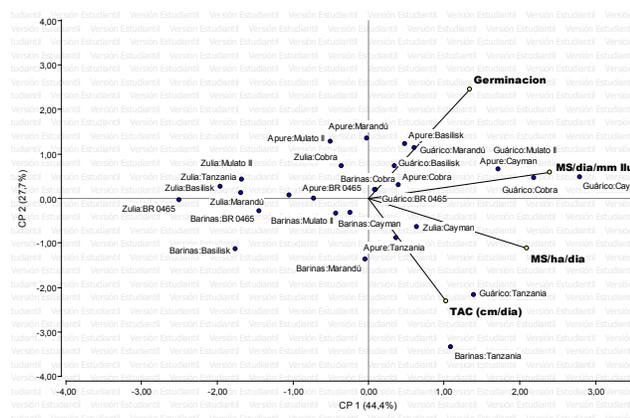


Figura 1. Biplot que combina la representación de los tratamientos para cada localidad y las variables.

Los resultados indican que las especies Caimán y Cobra en Guárico presentaron las mejores respuestas en cuanto a la respuesta productiva de MS por precipitación, mientras que ‘Tanzania’ sobresale en Guárico y Barinas por su tasa de crecimiento diaria.

El análisis multivariado para localidad y especie indica que los dos primeros CP explicaron una varianza acumulativa de 76%, con el primer CP explicando 46%, mientras que el segundo CP explicó 28%. El Cuadro 10 muestra los valores de los dos primeros CP y la correlación cofenética. En el primer CP destacan los estados Zulia, Guárico y Apure, mientras que en el segundo CP el mayor peso lo tiene el estado Barinas.

La especie con mayor respuesta en tres (Zulia, Guárico y Apure) de las cuatro localidades fue *Brachiaria* híbrido Caimán, seguido de Cobra (Figura 2). Barinas se asocia con ‘Tanzania’. Igualmente se visualiza que el híbrido BR 0465 tuvo el peor desempeño para la fase de establecimiento, ya que se encuentra al lado opuesto de las cuatro localidades.

Cuadro 10. Correlaciones con las variables originales

Variable	CP 1	CP 2
Zulia	0,88	-0,24
Apure	0,72	0,34
Barinas	-0,03	0,96
Guárico	0,81	3,3E-04

Correlación cofenética = 0,838

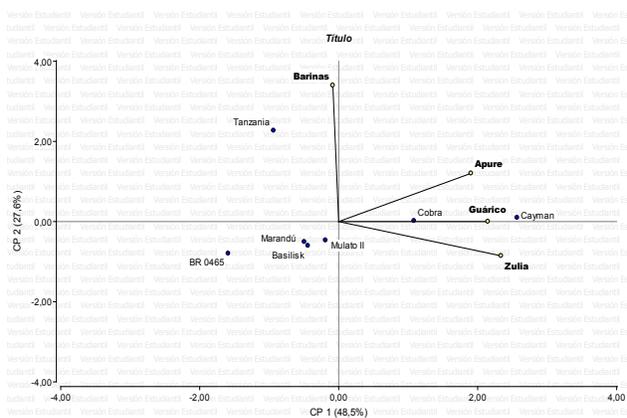


Figura 2. Biplot que combina la representación de los tratamientos para cada localidad

CONCLUSIONES

Los híbridos Caimán, Cobra, Mulato II y 'Marandú' presentaron mayor porcentaje de germinación con valores de 64, 63, 56 y 55%, respectivamente.

Las mayores tasas de crecimiento promedio con base a la altura de la planta a nivel nacional se obtuvo en *Panicum máximum* 'Tanzania', seguido de *Brachiaria* híbrido Caimán y Cobra con valores de 1,24; 1,08 y 0,92 cm/día, respectivamente.

La tasa de acumulación de materia seca durante el establecimiento fue mayor en el híbrido Caimán, seguido de Cobra y 'Tanzania' con valores de 53, 46 y 45 kg MS/ha/d, respectivamente. Asimismo, para la relación MS/PPT se observaron mejores respuestas para Caimán y Cobra con 16 y 13 kg MS/ha/d/mm, lo que indica una mayor eficiencia en el uso de la precipitación para producir biomasa durante la fase de establecimiento.

Los índices de superioridad estadística reflejan que el tratamiento con mayor adaptabilidad y estabilidad durante la fase de establecimiento correspondió a *Brachiaria* híbrido Caimán.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a la empresa Grupo Papatlola por el suministro de la semilla de los materiales genéticos evaluados en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arriojas, L.; E. Chacón. 1989. Producción de materia seca, valor nutritivo y valor alimenticio de las pasturas introducidas en las sabanas venezolanas. En Plasse, D. y N. Peña de Borsotti (Eds). V Cursillo sobre Bovinos de Carne. Maracay, Venezuela. pp. 231-280.
- Canchila, E.; M. Soca; F. Ojeda; R. Machado; N. Canchila. 2010. Dinámica de crecimiento de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. Pastos y Forrajes 33(4): 1-6.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Toledo J.M. (Ed). Cali, Colombia. 170 p.
- Cruz Hernández, A.; A. Hernández, Garay; F. Enríquez Quiroz; A. Gómez Vásquez; E. Ortega Jiménez; N. Maldonado García. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. Rev. Mex. Cien. Pec. 2(4): 429-443.
- Espinoza F.; J. Gil; E. Chacón. 2012. Situación de las pasturas en Venezuela y su relación con la carga animal. Revista Alcance de la Fac. Agron. Alcance de la UCV (Edición Especial): 41-56.
- Espinoza, F.; P. Argenti; J. Gil; L. León; E. Perdomo. 2001. Evaluación del pasto King grass (*Pennisetum purpureum* cv King grass) en asociación con leguminosas forrajeras. Zoot. Trop. 19(1): 59-71.
- Grané A. Análisis de conglomerados (Cluster Analysis). Universidad Carlos III de Madrid. Dept. Estadística. Madrid, España. Disponible en http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/agrane/ficheros_docencia/MULTIVARIANT/slides_cluster_reducido.pdf. Consultado 28/02/2016
- Lin C.S.; M.R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. Can. J. Plant Sci. 68: 193-198.
- Pardos, J. 2004. Respuestas de las plantas al anegamiento del suelo. Inv. Agrar: Sist. Recur. For, Fuera de serie: 101-107. [http://www.inia.es/gcontrec/pub/101-107-\(05\) Respuestas 1162210193281.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/101-107-(05) Respuestas 1162210193281.pdf). Consultado el 7/12/2016.
- Rodríguez L.; V. Torres; R. Martínez; O. Jay; A. Noda; M. Herrera. 2011. Modelos para estimar la dinámica de crecimiento de *Pennisetum purpureum* vc Cuba CT-169. Rev. Cub. Cien. Agr. 45(4): 349-354.
- Ruiz S.C., J. Urdaneta, J. Borges y O. Verde. 2009. Respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero a diferentes intervalos de corte en Yáracuy, Venezuela. Zoot. Trop. 27(2): 143-150.
- Santana, G. 2015. Estos son los factores que influyen en la germinación de semillas. Agrogiova. Disponible en <https://agrogiova.wordpress.com/2015/12/07/estos-son-los-factores-que-influyen-en-la-germinacion-de-semillas/>. Consultado el 7/12/2016.