

DESEMPEÑO AGRONÓMICO DE GENOTIPOS DE *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

AGRONOMIC PERFORMANCE OF *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt GENOTYPES IN THE MEXICAN HUMID TROPICS

Pedro I. Cruz López¹, Alfonso Hernández Garay^{1*}, Javier F. Enríquez Quiroz², Sergio I. Mendoza Pedroza¹,
Adrián R. Quero Carrillo¹ y Bertín M. Joaquín Torres³

¹ Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México
² Sitio Experimental Papaloapan, Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Isla, Veracruz, México. ³ Universidad del Papaloapan. Loma Bonita, Oaxaca.

*Autor para correspondencia (hernan@colpos.mx)

RESUMEN

En la región tropical de México, donde la producción bovina se basa en sistemas de pastoreo extensivos, los pastos del género *Brachiaria* son de importancia debido a su alto rango de adaptación, buen rendimiento y calidad nutricional. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento total anual, composición morfológica y tasa de crecimiento de 23 genotipos de *Brachiaria humidicola*, más un híbrido de *Brachiaria*. El estudio se efectuó de junio 2006 a mayo de 2007 en Isla, Veracruz, México. Los tratamientos fueron evaluados cada 28 d en la época de lluvias y cada 42 d en las épocas de nortes y de seca, y distribuidos aleatoriamente en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. En rendimiento total hubo diferencias entre genotipos ($P \leq 0.05$), con el genotipo CIAT 679 cv. 'Chetumal' (17 353 kg MS ha⁻¹) con la mayor producción, y el genotipo CIAT 26159 el de menor rendimiento (11 104 kg MS ha⁻¹). La distribución estacional del rendimiento total, en promedio de los 24 genotipos, fue: 83 % en lluvias, 9 % en nortes y 8 % en sequía. La mayor tasa de crecimiento se presentó en el mes de junio con un promedio de 189 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, que se redujo gradualmente hasta 4 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en mayo. El componente con mayor contribución al rendimiento fue el de hojas, con la siguiente tendencia estacional: nortes > seca > lluvias ($P \leq 0.05$), con promedios de 77.6, 71.7 y 57.6 %, respectivamente.

Palabras clave: *Brachiaria* sp., rendimiento de forraje, tasa de crecimiento.

SUMMARY

In the Mexican tropical region, where animal production is based on extensive grazing systems, the grasses of *Brachiaria* genus are important due to their good adaptation, high forage yield and nutritive value. The aim of this study was to evaluate forage yield, morphological composition and growth rate of 23 genotypes of *Brachiaria humidicola* plus one hybrid of *Brachiaria*. The study was carried out from June 2006 to May 2007, at Isla, Veracruz, México. Treatments were measured every 28 d during the rainy season and every 42 d during the dry and northern cold-front seasons, and distributed in a completely randomized block design with three replicates. There were significant differences in total forage yield ($P \leq 0.05$), with genotype CIAT 679 cv. 'Chetumal' being the highest with 17 353 DM kg ha⁻¹ and CIAT 26159 the lowest with 11 104 kg DM ha⁻¹. The average seasonal forage yield distribution of the 24 genotypes was 83, 9 and 8 % during the rainy, northern cold-front and dry seasons, respectively. The highest average growth rate was

recorded in June with 189 kg DM ha⁻¹ d⁻¹, which gradually decreased to 4 kg DM ha⁻¹ d⁻¹ in May. Leaves contributed most to forage yield, and the seasonal trend was northern cold-front > dry > rainy seasons, with averages of 77.6, 71.7 y 57.6 %, respectively.

Index words: *Brachiaria* sp. forage yield, growth rate.

INTRODUCCIÓN

En la ganadería que se practica en el trópico de México, los pastos son la base de la alimentación animal. En esta región hay diversos factores que limitan la producción y persistencia de los forrajes, como son: suelos con pH ácido, niveles altos de aluminio y manganeso intercambiables, baja disponibilidad de nutrientes y de materia orgánica y deficiente manejo de las praderas, factores que en conjunto provocan baja persistencia en la mayoría de las especies forrajeras introducidas. En la zona tropical, los pastos introducidos como 'Guinea' (*Panicum maximum* Jacq.), 'Pangola' (*Digitaria decumbens* Stent.) y 'Estrella africana' (*Cynodon nlenfuensis* Vanderyst) están siendo sustituidas por gramíneas de introducción reciente, como las variedades 'Mombasa' y 'Tanzania' (*Panicum maximum* Jacq.), así como variedades del género *Brachiaria* como 'Senal' (*B. decumbens* Stapf.), 'Insurgente' (*B. brizantha* (Mochst) Stapf.) y 'Humidicola' (*B. humidicola* (Rendle) Schweickt) (Enríquez, 1999).

Los pastos del género *Brachiaria* ofrecen nuevas expectativas para la ganadería tropical de Centro y Sudamérica (Keller-Grein *et al.*, 1996). En Brasil hay 197 millones de hectáreas de pastizales de las cuales más de 60 % están cubierta por especies cultivadas en las que predominan especies del género *Brachiaria* (FAO, 2006). En México las especies de *Brachiaria* se han expandido rápidamente y se

estima que representan 6.5 % del área cubierta por pastos (2.6 millones de hectáreas) (Argel, 2005).

Las variedades 'Insurgente' y 'Chontalpo' están ampliamente difundidas por su amplio rango de adaptación, buen rendimiento y aceptable valor nutritivo (Keller-Grein *et al.*, 1996). En particular, *B. humidicola* presenta amplio potencial para el trópico húmedo mexicano por su buena adaptabilidad a suelos anegados o inundados, soporta alta carga animal debido a su hábito de crecimiento estolonífero, tolera el ataque de la mosca pinta (*Aeneolamia postica*) y se adapta fácilmente a suelos ácidos de baja fertilidad (Enríquez, 1999).

Sin embargo, la variación de las condiciones climáticas a través del año interfiere en la estacionalidad de la producción, productividad y la calidad del forraje (Cruz y Boval, 2000). Así, en la región costera del Golfo de México el crecimiento de las plantas es determinado por tres épocas en el año: 1) Época de lluvias, de junio a octubre, cuando la precipitación y temperatura favorecen el crecimiento de las plantas; 2) Época de nortes, de noviembre a febrero, en la que disminuye el crecimiento de la mayoría de las especies forrajeras, por la alta nubosidad y baja temperatura; y 3) Época seca, de marzo a mayo, cuando la productividad de las plantas se reduce drásticamente por la escasez de lluvia (Hernández *et al.*, 1990; Martínez *et al.*, 2005).

En Isla, Veracruz, Martínez *et al.* (2008) reportaron la siguiente distribución estacional de *B. dactyloides*: 70, 13 y 8 %, para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente. En el trópico húmedo de México, Cab *et al.* (2008) registraron 65, 21 y 14 % del rendimiento anual, en los pastos *B. brizantha* y *B. dactyloides*, para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente. Al evaluar tres frecuencias de corte (3, 5 y 7 semanas) en el pasto 'Mombaza' en el trópico seco de México, Ramírez *et al.* (2009) consignaron que la acumulación de forraje fue de 83 y 17 % para las épocas de lluvias y de secas, respectivamente.

En los últimos años se han seleccionado varios genotipos de *B. humidicola* aptos para ser incorporados a los sistemas de producción animal. Sin embargo, antes de ser recomendados es necesario evaluar su potencial productivo mediante la determinación de sus características morfológicas. Al respecto, se ha indicado que las características como altura de planta, relación hoja:tallo, tasa de crecimiento, dinámica de ahijamiento (amacollamiento), expansión foliar, entre otras, presentan una relación directa con la productividad y calidad del forraje (Costa *et al.*, 2009).

Dada la relevancia de contar con genotipos sobresalientes de esta especie en el trópico mexicano, es necesario estudiar sus patrones estacionales de crecimiento y su respuesta a los

factores climáticos y de manejo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento total, composición morfológica y tasa de crecimiento de 23 genotipos de *Brachiaria humidicola* y de un híbrido de *Brachiaria* en las condiciones del trópico húmedo del Estado de Veracruz en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el Sitio Experimental "Papaloapan", ubicado en el km 66 de la carretera Cd. Alemán-Sayula, en el Municipio de Isla, Veracruz, a 18° 06' LN y 95° 31' LO, a una altitud de 65 m. El clima de la zona es Aw_0 , que corresponde al más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y una precipitación promedio anual de 1000 mm de la cual 85 % se distribuye de junio a noviembre, y con temperatura media anual de 25.7 °C (García, 1988). El suelo es acrisol órtico, franco arenoso, pH ácido (de 4 a 4.7), con bajos niveles de materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio, y niveles de medios a altos de fósforo y magnesio (Enríquez y Romero, 1999).

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron 24 genotipos: 21 de *B. humidicola* procedentes del banco de germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ubicado en Cali, Colombia, más tres variedades comerciales: CIAT 679 cv. 'Chetumal' y CIAT 6133 cv. 'Isleño' y el Híbrido 16 generado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (Cuadro 1). Los 24 genotipos se sembraron con material vegetativo en 2005, en parcelas de 4 m². Una vez establecidos (tres meses después de la siembra), a las parcelas se les hizo un corte de uniformización a 8 cm de altura (en octubre) y posteriormente se mantuvieron bajo un régimen de cortes cada 35 d hasta el inicio del experimento.

Los 24 tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, con los bloques ubicados en forma perpendicular a la pendiente del terreno que era de aproximadamente 10 %. El experimento se condujo de junio 2006 a mayo 2007, y abarcó las tres épocas del año (lluvia, nortes y seca), de acuerdo con la clasificación de estaciones del año propuestas por Hernández *et al.* (1990) y Martínez *et al.* (2005). Durante la época de lluvias los tratamientos se cosecharon cada 28 d (5 cortes) y en las épocas de nortes (2 cortes) y seca se cortaron cada 42 d (3 cortes). Debido a una infestación generalizada de *Aeneolamia postica* (mosca pinta o salivazo), en octubre se dio un corte a 5 cm para eliminar la plaga, por lo que la tasa de crecimiento de noviembre no se incluyó en resultados.

Cuadro 1. Relación de los genotipos evaluados de *Brachiaria humidicola*.

No	Número CIAT
1	6369
2	16866
3	16867
4	16870
5	16879
6	16884
7	16885
8	16891
9	16894
10	26145
11	26151
12	26155
13	26159
14	26407
15	26413
16	26415
17	26425
18	26427
19	26430
20	679 (cv. 'Chetumal')
21	'Híbrido 16' (INIFAP)
22	6133 (cv. 'Isleño')
23	6705
24	26149

Variables medidas

Rendimiento de forraje y composición morfológica. La producción de materia seca (MS), estacional y anual, se midió por parcela experimental y se transformó a rendimiento por hectárea (kg ha^{-1}), mediante cortes efectuados cada 28 d durante la época de lluvias (26 de junio a 26 de octubre de 2005) y cortes cada 42 d en las épocas de nortes y seca (5 de diciembre 2005 al 1 de marzo de 2006, y del 10 de abril al 24 de mayo, respectivamente). En las dos frecuencias se cortó a 8 cm de altura sobre el nivel del suelo, todo el material vegetal incluido, en un marco fijo de 1 m^2 que se colocó en el centro de cada parcela. El material fresco se pesó con una balanza granataria Ohaus® (triple brazo) con capacidad de 610 g; se obtuvo una muestra de aproximadamente 100 g en la cual se separaron los componentes: hojas, tallos, inflorescencias y material muerto. Las fracciones se secaron a 55°C por 48 h en una estufa de aire forzado Riossa® de $62 \times 52 \times 42 \text{ cm}$, y se pesaron. Con los datos de peso fresco del total cosechado y el peso seco de los componentes morfológicos, se determinó el peso en gramos de materia seca, y se calculó el rendimiento en kg MS ha^{-1} .

Tasa de crecimiento. A los datos de peso seco registrados en cada corte se les aplicó la siguiente fórmula para calcular la tasa de crecimiento (Velasco *et al.*, 2005):

$$TC = \frac{FC}{T}$$

Donde: TC = tasa de crecimiento ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$); FC = forraje cosechado en cada corte (kg MS ha^{-1}); T = días transcurridos entre un corte y el siguiente.

Características climáticas durante el periodo experimental. La precipitación anual fue de 1542 mm y la temperatura promedio de 26°C ; la máxima temperatura ocurrió en el mes de mayo (36.3°C) y la mínima en el mes de enero (16.1°C), como se ilustra en la Figura 1. La precipitación ocurrió en 74.8 % durante la época de lluvias (junio a octubre), 23.7 % en la época de nortes (noviembre a febrero), y 1.5 % en la época seca (marzo a mayo).

Análisis estadístico

Se efectuó un análisis de varianza para cada variable, de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar, y las medias se compararon con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988; SAS Institute, 2003). Los datos de rendimiento, tasa de crecimiento y composición morfológica, se agruparon por época del año y también se analizaron con el paquete estadístico de SAS (SAS Institute, 2003). El análisis se efectuó por intervalo entre cortes (28 y 42 d), por época (lluvia, nortes y seca) y anual total (lluvias + nortes + seca). El modelo empleado fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = variable de respuesta del i -ésimo ecotipo en el j -ésimo bloque; μ = media general; B_i = efecto del i -ésimo bloque; T_j = efecto del j -ésimo tratamiento; E_{ij} = error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje

El mayor y el menor rendimiento de forraje ($P \leq 0.05$) lo registraron dos variedades, el testigo cv. 'Chetumal' y el genotipo CIAT 26159, con 17 353 y 11 104 kg MS ha^{-1} , respectivamente (Cuadro 2). Los mayores rendimientos ($P \geq 0.05$) se registraron en los testigos 'Chetumal' e 'Isleño', y en los genotipos CIAT 6705, 26425 y 26149 con 17 353, 16 222, 16 213, 15 732 y 15 093 kg MS ha^{-1} , respectivamente. La distribución estacional del rendimiento de MS anual promedio de los 24 genotipos fue: 83, 9 y 8 % en las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente.

En la estación de lluvias hubo diferencias ($P \leq 0.05$), entre genotipos en producción de forraje, donde el cv. 'Chetumal' y CIAT 26159 presentaron el máximo y mínimo rendimiento con 14 046 y 8 304 kg MS ha^{-1} , respectivamente. En esta época la temperatura mínima promedio diaria fue de 22°C y la máxima de 33°C , sin limitaciones de humedad

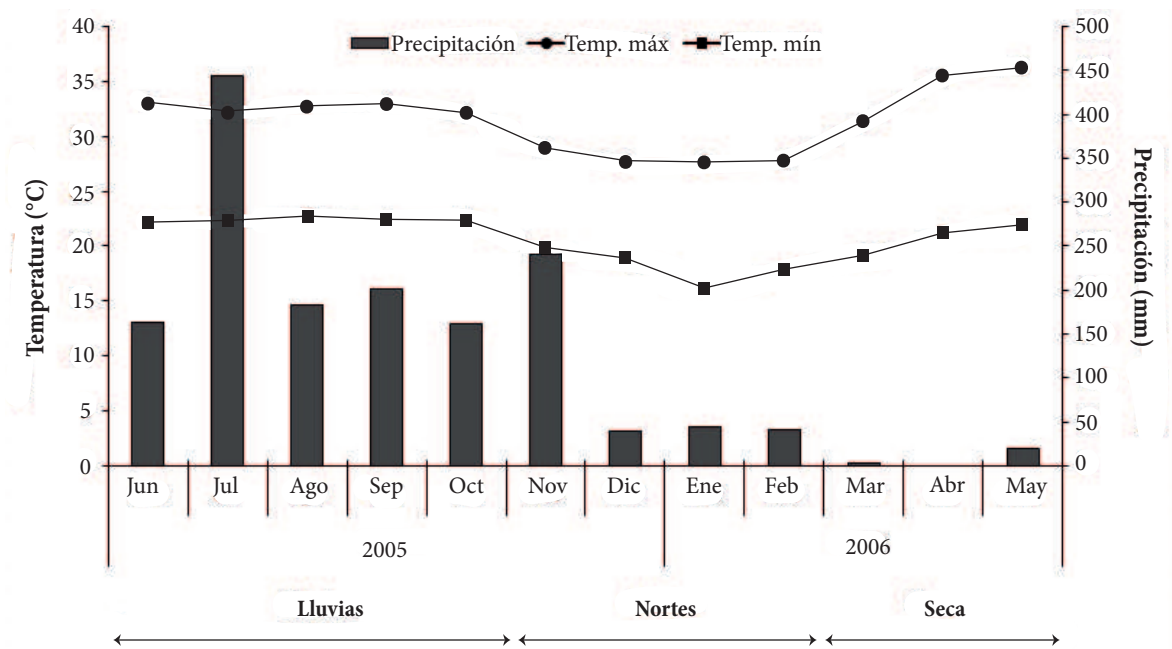


Figura 1. Características climáticas durante el periodo de estudio (junio 2005 a mayo 2006), en Isla, Veracruz.

Cuadro 2. Rendimiento anual y por época de materia seca (kg MS ha⁻¹), de genotipos de *Brachiaria humidicola* evaluados en Isla, Veracruz.

Genotipo	Época						Total
	Lluvias	%	Nortes	%	Seca	%	
679 +	14 046 a	81	1 908 a	11	1 399 abcdef	8	17 353
6133 ++	13 529 ab	83	1 366 cdefg	8	1 438 abcde	9	16 222
6705	13 529 abc	83	1 327 cdefg	8	1 357 abcdef	8	16 213
26425	12 656 abcd	80	1 444 bcdef	9	1 632 a	10	15 732
26149	11 697 bcde	78	1 844 ab	12	1 552 abc	10	15 093
26427	12 146 abcde	85	1 174 defgh	8	1 021 abcdefgh	7	14 341
26155	11 584 bcde	82	1 154 efghi	8	1 307 abcdefg	9	14 046
6369	11 960 abcde	87	963 ghijk	7	855 defghi	6	13 778
‘Híbrido 16’	11 360 cde	83	1 350 cdefg	10	1 032 abcdefgh	8	13 742
26151	10 432 efg	76	1 592 abcd	12	1 622 ab	12	13 646
16891	11 791 bcde	87	750 hijk	6	977 cdefghi	7	13 518
16885	11 970 bcde	89	707 jk	5	834 efghi	6	13 511
26407	10 926 defg	81	1 394 cdefg	10	1 191 abcdefgh	9	13 510
16894	10 613 defg	79	1 292 defg	10	1 554 abc	12	13 458
16867	11 996 abcde	89	634 jk	5	816 fghi	6	13 446
26413	10 796 defg	83	1 044 fghij	8	1 237 abcdefgh	9	13 077
26145	9 458 fgh	75	1 737 abc	14	1 458 abcd	12	12 653
16866	11 562 bcde	92	596 k	5	477 i	4	12 635
26430	9 153 gh	76	1 579 abcd	13	1 339 abcdef	11	12 071
26415	10 511 efg	88	681 jk	6	721 ghi	6	11 913
16884	10 202 efgh	88	728 ijk	6	696 hi	6	11 625
16879	10 173 efgh	90	659 jk	6	534 i	5	11 366
16870	10 214 efgh	90	598 k	5	548 i	5	11 360
26159	8 304 h	75	1 494 abcde	13	1 305 abcdefg	12	11 104
Promedio	11 275 A	83	1 167 B	9	1 121 B	8	13 559
EEM	176		51		47		210
SIG	*		*		*		*

Medias con letras minúsculas iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, y medias con la letras mayúsculas iguales en la misma hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); EEM = error estándar de la media; SIG = nivel de significancia; + ‘Chetumal’, ++ ‘Isleño’; 5, 2 y 3 = cortes, para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente.

(Figura 1), condiciones que favorecieron el crecimiento y permitieron el mayor rendimiento estacional de forraje. Algunos autores (McCluod y Bula, 1985; Hernández-Garay *et al.*, 2007; Festo *et al.*, 2003; Sage y Kubein, 2007; Ramírez *et al.*, 2009) consideran que el mayor crecimiento de las especies forrajeras ocurre entre 25 y 35 °C. Al tomar en cuenta que la temperatura también influye en la tasa de evaporación (Monteith, 1977), el crecimiento de las especies forrajeras en las regiones tropicales es mayor cuando la precipitación mensual excede en aproximadamente 150 mm a la tasa de evaporación (Enríquez *et al.*, 1999). Por tanto, la interacción de la precipitación con la temperatura es un factor que afecta el crecimiento de los pastos (Martínez *et al.*, 2008; Enríquez *et al.*, 1999); además, hay una relación positiva entre la cantidad de lluvia y el rendimiento de materia seca (Martínez *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2009).

En la época de nortes la variación del rendimiento entre genotipos también fue significativa ($P \leq 0.05$). La mayor acumulación de forraje la registró el cv. 'Chetumal' con 1908 kg MS ha⁻¹, y los menores los presentaron los genotipos CIAT 16870 y 16866, con 598 y 596 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 2). En esta época el rendimiento estuvo limitado por la incidencia de la plaga llamada "salivazo" al final de la época de lluvias (octubre 2006). La reducción de las horas luz y la alta nubosidad provocaron el descenso de la temperatura (Figura 1) y disminución de la radiación solar (Castillo *et al.*, 2005; Enríquez *et al.*, 1999), con temperaturas mensuales que oscilaron entre 18 a 28 °C. Según Festo *et al.* (2003), las plantas forrajeras tropicales restringen su crecimiento hasta el grado de llegar a detenerlo, en respuesta a una temperatura inferior a 18 °C. La cantidad de radiación fotosintéticamente activa incidente es afectada por la duración del día, la cual varía con las estaciones del año, latitud y altitud, y por otros factores ambientales de corta duración como la nubosidad (McKenzie *et al.*, 1999).

En la época seca también hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, época en la que el genotipo CIAT 26425 con 1632 kg MS ha⁻¹ registró el rendimiento más alto; en contraste, los genotipos de menor rendimiento fueron CIAT 16870, 16879 y 16866 con 548, 534 y 477 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Aunque la precipitación ocurrida en esta época sólo representó 1.5 % del total anual (Figura 1), el rendimiento promedio fue similar al de la estación de nortes (Cuadro 2). Al respecto, Monteith (1997) consignó que el crecimiento vegetal puede continuar por un tiempo cuando deja de llover, como resultado del agua almacenada en el suelo.

En un estudio realizado en Isla, Veracruz con el cv. 'Isleño', en el que Martínez *et al.* (2008) evaluaron tres frecuencias y tres alturas de corte, los autores detectaron que independientemente de la frecuencia y altura de

corte, la distribución estacional del rendimiento fue de 79, 13 y 8 % durante las épocas de lluvias, nortes y seca, con un rendimiento promedio anual de 11 154 kg MS ha⁻¹ cuando se cortó a la mayor altura (15 cm). Los regímenes de corte que dieron el mayor rendimiento fueron los que se efectuaron cada cinco semanas en época de lluvias, nortes y seca (9 362, 1 538 y 1 066 kg MS ha⁻¹). Con excepción de la época de nortes, los rendimientos reportados por Martínez *et al.* (2008) fueron inferiores a los registrados en el presente estudio. En praderas de *B. dictyoneura* pastoreadas cada cinco semanas (en épocas de nortes y seca) y cada cuatro semanas (en épocas de lluvias) a una altura promedio de 12 cm, Cab *et al.* (2007) registraron un rendimiento total de 15 160 kg MS ha⁻¹ con una distribución estacional de 20, 15 y 65 % en las épocas de nortes, seca y lluvias, respectivamente. Esta distribución difiere de la del presente estudio, probablemente debido a la diferencia en la distribución de la precipitación durante el año, a las bajas temperaturas en la época de nortes y a la alta evapotranspiración en la época de sequía (Cab *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2005).

En el mismo sitio y con los mismos genotipos utilizados en este experimento, Hernández-Garay *et al.* (2007) evaluaron el rendimiento de forraje durante las épocas de nortes y seca correspondientes al primer año de establecimiento, y registraron un rendimiento total promedio de 11 556 kg MS ha⁻¹, con una distribución estacional de 33 % en la época de nortes (2005) y de 67 % en la época de seca (2006); estos mismos autores señalaron que los genotipos más promisorios en rendimiento total fueron el 'Híbrido 16', CIAT 6133, CIAT 26245 y CIAT 26430, con 18 948, 16 682, 16 093 y 15 389 kg MS ha⁻¹, respectivamente, y que la mayor producción de forraje en la época de nortes correspondió al Híbrido 16 mientras que durante la época seca correspondió al genotipo CIAT 26430. Estos resultados difieren de los registrados en este estudio para las mismas épocas, debido a que en el mes de mayo de 2006 llovió en abundancia (111 mm), lo que estimuló el crecimiento de todos los genotipos.

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento (TC) tendió a descender en todos los genotipos conforme transcurrió cada época (Cuadro 3), pero con diferencias entre ellos ($P \leq 0.05$). Los valores máximos de TC se presentaron en el mes de junio con un promedio de 189 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, para luego disminuir gradualmente hasta alcanzar su valor menor en el mes de mayo con 4 kg MS ha⁻¹ d⁻¹.

En la época de lluvias la TC promedio de los genotipos fue de 5.8 y 9.1 veces mayor que las registradas en la época de nortes y seca, respectivamente (Cuadro 4). Durante

Cuadro 3. Tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) mensual y promedio anual, de genotipos de *Brachiaria humidicola* evaluados en Isla, Veracruz.

Genotipo	2005						2006			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Diciembre	Enero	Marzo	Abril	Mayo
679 +	232 a	82 bcd	73 abc	61 a	54 c	22 ab	24 a	16 a	13 abc	4 bc
6705	188 abc	124 a	39 efghi	58 b	75 a	16 bcd	16 bc	13 ab	15 ab	4 bc
6133 ++	224 ab	102 abc	88 a	30 efg	35 de	16 bcd	17 bc	11 abc	15 ab	8 a
26425	235 a	85 bcd	50 defgh	39 def	43 d	19 abc	10 fe	17 a	19 a	3 c
26149	178 abc	125 a	41 ghi	41 cdef	46 cd	25 a	19 ab	17 a	15 ab	5 bc
26427	161 c	67 cd	87 a	50 bcæ	69 ab	16 bcd	12 de	10 bc	11 bcd	3 c
26155	199 abc	81 bcd	54 cdefg	40 def	39 d	14 cde	14 cde	12 ab	12 bcd	7 a
6369	205 abc	108 ab	37 fghi	39 def	38 de	12 def	11 de	8 c	8 cde	5 bc
16885	221 ab	88 abcd	54 cdefg	38 def	26 ef	10 ef	8 f	9 c	8 cde	3 c
16867	229 ab	72 bcd	57 cde	38 def	32 e	8 fg	7 f	8 c	9 cde	3 c
'Híbrido 16'	153 c	80 bcd	80 ab	47 bc	44 d	18 abc	14 cde	10 bc	10 bcd	4 bc
16891	202 abc	77 bcd	63 abcd	35 def	43 d	10 ef	8 f	9 c	10 bcd	4 bc
26407	190 abc	82 bcd	39 efghi	45 ced	35 de	18 abc	15 cde	13 ab	13 abc	3 c
26151	187 abc	68 bcd	28 ghi	25 fg	64 bc	21 ab	17 bc	17 a	14 ab	8 a
16894	178 abc	71 bcd	56 bcde	30 efg	43 d	16 bcd	15 bcd	13 ab	18 a	7 a
26413	154 c	101 abc	42 efghi	42 cde	47 cd	12 def	13 cde	11 abc	14 ab	5 bc
16866	209 abc	81 bcd	67 abc	39 def	17 g	8 fg	7 f	4 e	5 e	2 d
26145	161 c	65 cd	20 i	36 def	56 c	21 ab	20 ab	16 a	14 ab	5 bc
26415	189 abc	71 bcd	38 fghi	47 bcd	30 e	6 h	12 de	7 cd	8 cde	2 d
16884	176 abc	68 bcd	52 cdefg	45 bcde	23 f	8 fg	9 ef	8 c	6 de	3 c
26430	152 c	78 ncd	26 ghi	29 efg	41 d	20 ab	18 ab	13 ab	14 ab	5 bc
16870	172 bc	98 abc	43 efghi	34 def	17 g	6 h	8 f	5 d	6 de	2 d
16879	182 abc	66 cd	52 cdefg	30 efg	32 e	6 h	10 ef	6 d	5 e	2 d
26159	161 c	51 d	21 hi	17 g	46 cd	21 ab	14 cde	14 ab	13 a	4 bc
Promedio	189 A	83 B	50 C	39 C	42 C	14 D	13D	11D	12 D	4 E
EEM	3.5	2.1	2.4	1.3	1.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.2
SIG	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Medias con letras minúsculas iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, y medias con la letras mayúsculas iguales en la misma hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EEM = error estándar de la media; SIG = nivel de significancia; + = 'Chetumal', ++ = 'Isleño'; 5, 2 y 3 = cortes para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente.

el periodo de lluvias el cv. 'Chetumal' presentó la mayor TC (100 kg MS ha⁻¹ d⁻¹), mientras que CIAT 26159 tuvo la menor con 59 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ ($P \leq 0.05$). También hubo diferencias entre genotipos en las épocas de nortes y seca ($P \leq 0.05$), donde el cv. 'Chetumal' (23 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) y CIAT 26425 y 26151 (13 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) registraron las mayores tasas. Las diferencias en TC entre épocas se atribuyen a diferencias climáticas y a diferencias de manejo del pastizal durante la fase experimental, ya que estos factores afectan la productividad de la planta, especialmente a la actividad fotosintética (Hodgson *et al.*, 1999).

Al evaluar 16 genotipos de *Brachiaria* en Isla, Veracruz, Enríquez y Romero (1999) obtuvieron tasas promedio de 72 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en la época de lluvias, de 7 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en la de nortes y de 27 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en la época seca, valores que son diferentes a los reportados en el presente estudio. Por su parte, Martínez *et al.* (2008) registraron tasas promedio de 58, 12 y 9 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ para las épocas de lluvias, nortes y seca, en el genotipo CIAT 6133 cosechado a tres frecuencias y tres alturas de corte; en las tres

épocas la mayor TC se presentó en la mayor altura de corte porque quedó más tejido foliar remanente. En otro estudio efectuado en el mismo sitio durante las épocas de nortes y seca, Hernández-Garay *et al.* (2007) reportaron tasas promedio de 42 y 65 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, valores muy superiores a los aquí encontrados, lo cual pudiera atribuirse a que en el presente periodo de evaluación las condiciones climáticas fueron atípicas, particularmente en la época seca cuando llovió 111 mm a principios de mayo. Cab *et al.* (2008) compararon la TC de *B. dictyoneura* en unicultivo vs. la asociación *B. dictyoneura*-*Arachis pintoi*, durante las tres épocas del año (lluvias, nortes y seca); observaron que la pradera de *B. dictyoneura* tuvo una TC 50 % mayor que la asociación, en las tres estaciones.

Composición morfológica

La composición morfológica varió ($P \leq 0.05$) entre genotipos dentro de cada época, y también entre épocas del año (Figura 2). Las hojas fueron los órganos que más contribuyeron al rendimiento en todas las épocas,

Cuadro 4. Tasa de crecimiento estacional (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) de genotipos de *Brachiaria humidicola* evaluados en Isla, Veracruz.

Genotipo	Época		
	Lluvias	Nortes	Seca
679 +	100 a	23 a	11 abcde
6705	97 ab	16 cdefg	11 abcde
6133 ++	96 abc	16 cdefg	11 abcde
26425	90 abcd	14 bcdef	13 a
26149	86 bcde	22 ab	12 ab
26427	87 abcde	14 defg	8 bcdefg
26155	83 bcde	14 defgh	10 abcdef
6369	85 abcde	11 ghijk	7 defgh
16885	85 abcde	9 ijk	7 defgh
16867	86 abcde	8 jk	6 fgh
'Híbrido 16'	81 cdef	16 cdefg	8 bcdefg
16891	84 bcde	9 ijk	8 bcdefg
26407	78 defg	17 bcdefg	9 abcdefg
26151	75 efg	19 abcd	13 a
16894	76 defg	15 cdefg	12 ab
26413	77 defg	12 fghij	10 abcdef
16866	83 bcde	7 k	4 h
26145	68 fgh	21 abc	12 ab
26415	75 defg	9 jk	6 fgh
16884	73 efgh	9 ijk	6 fgh
26430	65 gh	19 abcde	11 abcde
16870	73 efgh	7 k	4 h
16879	73 efgh	8 jk	4 h
26159	59 h	18 abcde	10 abcdef
Promedio	81 A	14 B	9 C
EEM	1.3	0.6	0.4
SIG	*	*	*

Medias con letras minúsculas iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, y medias con letras mayúsculas iguales en la misma hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EEM = error estándar de la media; SIG = nivel de significancia; + = 'Chetumal'; ++ = 'Isleño'; 5, 2 y 3 = cortes para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente.

y la aportación en las épocas varió en el siguiente orden descendente ($P \leq 0.05$): nortes > seca > lluvias, con promedios de 77.6, 71.7 y 57.6 %, respectivamente. Similares resultados fueron reportados por Martínez *et al.* (2008), quienes registraron la mayor proporción de hojas en la época de lluvias, lo que atribuyeron a la mayor tasa de recambio de tejido, como reportaron Ramírez *et al.* (2010). La mayor contribución de los tallos se registró en la época de lluvias (28.9 %), en tanto que el material muerto (MM) fue más abundante en la época seca (21.1 %). La escasa contribución de tallos y MM al rendimiento durante la época de nortes pudo deberse a la baja temperatura registrada, mientras que en la época seca el aumento de MM puede atribuirse a que la escasez de agua incrementó la senescencia de tejidos (Ramírez *et al.*, 2009).

En la época de lluvias la proporción de hojas varió de 46

a 70 %, valores que corresponden al genotipo CIAT 6705 y al 'Híbrido 16' (Figura 2). La proporción relativa de tallos en esta época fluctuó de 17 a 39 %, y el genotipo CIAT 6705 superó ($P \leq 0.05$) al resto. El porcentaje de material muerto varió entre genotipos ($P \leq 0.05$), donde CIAT 16879 registró el valor mayor (22 %). Esta época fue la que más afectó el comportamiento de las características morfológicas y es cuando hubo la mayor contribución de tallos y de MM al rendimiento, atribuible a la mayor tasa de generación de estos tejidos, como ocurre en especies tropicales (Ramírez *et al.*, 2010). Al evaluar el efecto del pastoreo cada 28 d vs. 100 y 95 % de intercepción luminosa (IL) en *B. brizantha*, Pedreira *et al.* (2009) obtuvieron mayores rendimientos de forraje con cortes cada 28 d y 100 % IL, pero recomendaron cosechar las praderas cuando intercepten 95 % de la radiación que es cuando aumenta el porcentaje de tallos y MM, particularmente durante el verano (época de lluvias).

En la época de nortes también hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre genotipos en cuanto a la contribución de componentes del rendimiento, aunque los valores fueron menores a los registrados en la época de lluvias. En hojas la diferencia entre genotipos fue de 17 %, donde el menor valor fue para CIAT 16884 (66 %) y el mayor para CIAT 16891 y CIAT 26407 (ambos con 86 %). La aportación de tallos fue diferente entre los genotipos CIAT 26151 y 16867, con valores de 21 y 3 %; el resto de genotipos tuvieron valores intermedios (11 %, en promedio). En material muerto, los genotipos con mayor contribución ($P \leq 0.05$) fueron CIAT 16886 y CIAT 16870 (21 %), y los menores fueron CIAT 16891 y CIAT 26413 (6 %), mientras que en el resto no hubo diferencias (promedio de 11 %). El alto porcentaje de hojas y la escasa presencia de tallos se debe a que en especies tropicales la elongación del tallo resulta inhibida por las bajas temperaturas (Martínez *et al.*, 2008), como las que aquí se registraron en la época de nortes (Figura 1).

En la época seca el 'Híbrido 16' y CIAT 16879 tuvieron la mayor aportación de MM (30 %), y CIAT 26155 y cv. 'Isleño' presentaron los menores (11 y 12 %, respectivamente). En este periodo los tallos contribuyeron menos ($P \leq 0.05$) al rendimiento, con valores de 2 y 14 % para el 'Híbrido 16' y CIAT 26151, respectivamente; en el resto de los genotipos no hubo diferencias, con un promedio de 7 %. El porcentaje de hojas varió de 60 a 82 %; los genotipos CIAT 6705 y CIAT 26155 presentaron el mayor y menor valor ($P \leq 0.05$), respectivamente. Durante este periodo hubo la menor tasa de regeneración de tejido, como también reportaron Ramírez *et al.* (2010), debido al estrés hídrico (Figura 1); en cambio, eso favoreció al MM (Figura 2).

Los cambios observados en la composición morfológica respondieron a la interacción de los genotipos con las condiciones climáticas ocurridas en el transcurso del estudio.

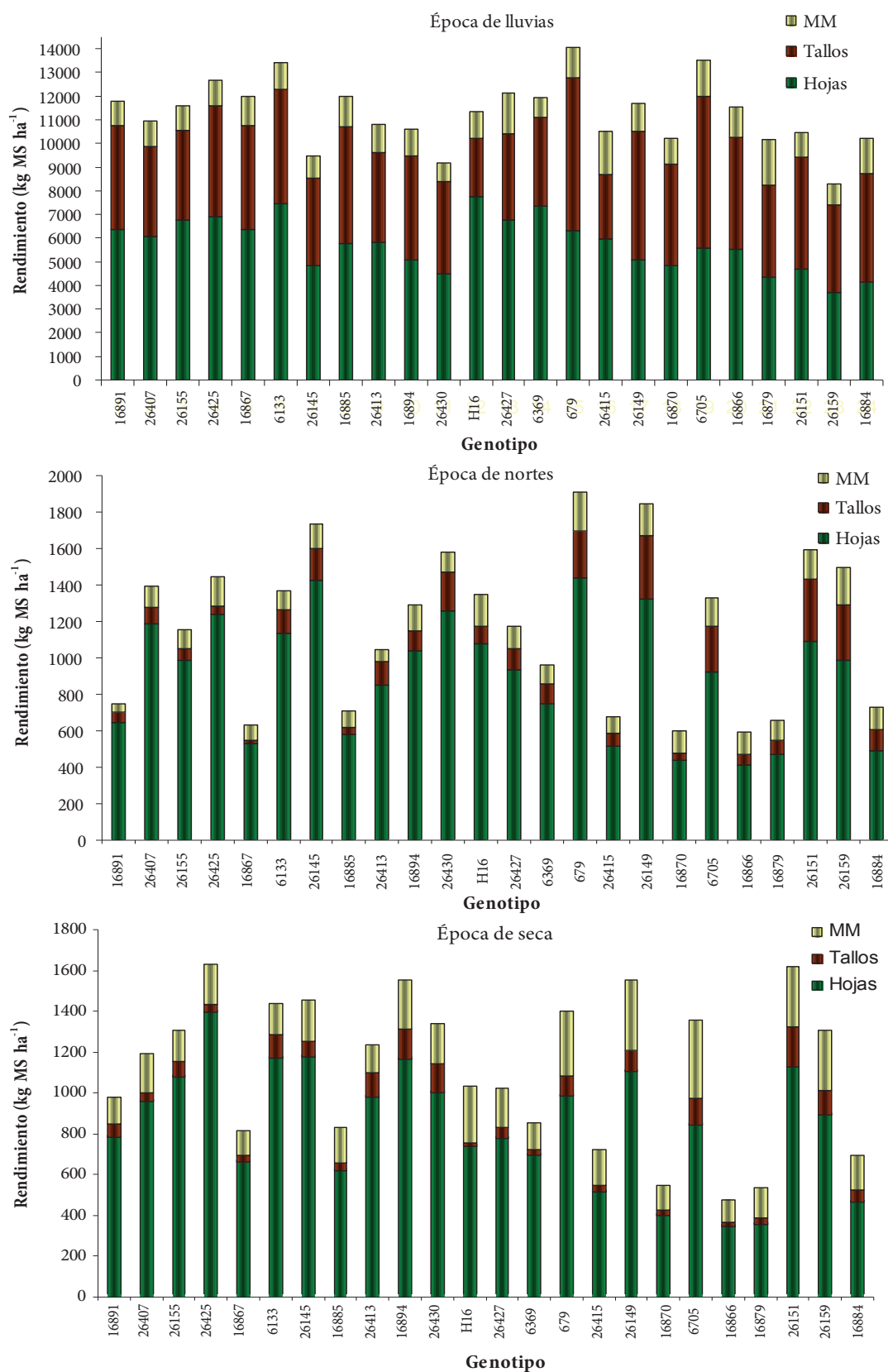


Figura 2. Composición morfológica y su variación estacional del rendimiento (en kg MS ha⁻¹), de genotipos de *Brachiaria humidicola* evaluados en Isla, Veracruz.

Durante la época de lluvias, con mayor temperatura y disponibilidad de humedad, hubo un crecimiento acelerado de las partes vegetales y ello se reflejó en abundante producción de tallos. Esto concuerda con lo descrito por McCluod y Bula (1985) quienes mencionaron que la temperatura óptima para el crecimiento de tallos de gramíneas tropicales oscila entre 30 y 35 °C, que se asocia con una disminución en la proporción de hojas cuyo crecimiento óptimo ocurre entre 20 y 25 °C (Robson *et al.*, 1988).

CONCLUSIONES

Los genotipos que registraron los mayores rendimientos anuales de forraje fueron el *cv.* 'Chetumal' y CIAT 6133 y CIAT 6705. La distribución promedio a través de estaciones fue de 83, 9 y 8 % para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente. En la época de lluvias los genotipos *cv.* 'Chetumal' y CIAT 26159 presentaron los mayores rendimientos. En la época de nortes el *cv.* 'Chetumal' fue el más tolerante al frío. El genotipo CIAT 26425, con 1 632 kg MS ha⁻¹, fue el más tolerante a sequía. Las hojas fueron el componente morfológico que más contribuyó al rendimiento de todos los genotipos, en las tres épocas del año.

BIBLIOGRAFÍA

- Argel P J (2005) Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *In: XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. Tampico, Tamaulipas, México. pp:42-50.
- Cab J F E, Q J F Enríquez, P J Pérez, G A Hernández, H J G Herrera, J E Ortega, C A R Quero (2008) Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoi* en Isla, Veracruz. *Téc. Pecu. Méx.* 46:317-332.
- Castillo G E, B Valles de la Mora, L Mannettje, S A Aluja (2005) Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables del suelo de pasturas de gramas nativa del trópico húmedo mexicano. *Téc. Pecu. Méx.* 43:287-295.
- Costa N L, V T Paulino, C R Townsend, J A Magalhães, J R C Oliveira (2007) Desempenho agronómico de genotipos de *Brachiaria brizantha* em diferentes idades de corte em Porto Velho, Rondônia, Brasil. *Rev Electron Vet* 8:1-5. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807/080704.pdf>. (Mayo, 2009).
- Cruz P, M Boval (2000) Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. *In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. G Lemaire, J Hogson, A de Moraes, C Nabinger, P C de F Carvalho (eds). CAB International, Wallingford Oxon OX10 8DE, UK. pp:151-168.
- Enríquez Q J F, N F Meléndez, A E D Bolaños (1999) Tecnología para la Producción y Manejo de Forrajes Tropicales en México. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz México. 262 p.
- Enríquez Q J F, M Romero (1999) Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33:141-148.
- FAO (2006) <http://apps.fao.org/PAGE/COLLECTIONS/SUBSET/AGRICULTURE>. (Marzo, 2010).
- Festo J M, N A Sabed, A R Jeremy (2003) The impact of temperature on leaf appearance in bamba groundnut landraces. *Crop Sci.* 43:1375-1379.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Hernández T, B Valles, E Castillo (1990) Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Trop.* 12:29-33.
- Hodgson J, N P Matthews, C Matthew, J R Lucas (1999) Pasture measurements. *In: New Zealand Pasture and Crop Science*. J White, J Hodgson (eds). Auckland, N.Z. Oxford University. pp:59-65.
- Keller-Grein G, L B Maass, J Hanson (1996) Natural variation in *Brachiaria* and existing germoplasm collections. *In: Brachiaria: Biology, Agronomy and Improvement*. J W Miles, B L Maass, C B do Valle (eds). CIAT and Embrapa. CIAT publication 259. Cali, Colombia. pp:6-42.
- Ludlow M M (1980) Stress physiology of tropical pasture plants. *Trop. Grassland* 12:136-145.
- Martínez M D, A Hernández-Garay, Q J F Enríquez, P J Pérez, M S S González, H J G Herrera (2008) Producción de forraje y componentes del rendimiento de pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de defoliación. *Téc. Pecu. Méx.* 46:427-438.
- McCloud D E, R J Bula (1985) Climatic factors in forage production. *In: The Science of Grassland Agricultural*. M E Heat, R F Barnes, B Metcalfe (eds). Iowa State University. Iowa, U.S.A. pp:33-42.
- McKenzie B A, P D Kemp, D J Moot, C Matthew, R L Lucas (1999) Environmental effects on plant growth and development. *In: New Zealand Pastures and Crop Science*. J White, J Hodgson (eds). Oxford University Press. pp:29-44.
- Monteith L J (1997) Climate. *In: Ecophysiology of Tropical Crops*. P T Alvim T T Kozłowski (eds). Academic Press, New Cork, U.S.A. pp:1-28.
- Pedreira B C, C G S Pedreira, S C Da Silva (2009) Acumulo de forragem durante a rebrotacao de campim-xaraes submetido a tres estrategias de desfolhação. *Rev. Brás. Zoot.* 34:618-625.
- Ramírez R O, A Hernández-Garay, C S Da Silva, P J Pérez, Q J F Enríquez, C A R Quero, H J G Herrera, N A Cervantes (2009) Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Téc. Pecu. Méx.* 47:203-213.
- Ramírez R O, A Hernández-Garay, C S Da Silva, P J Pérez, S J Souza jr, R R Castro, Q J F Enríquez (2010) Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 12:303-311.
- Robson M J, G J A Ryle, J Woledg (1988) The grass crop. *In: The Physiological Basis of Production*. M B Jones, A Lazenby (eds). Chapman and Hall Ltd. London, Great Britain. pp:37-38.
- Sage F R, S D Kubein (2007) The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. *Plant Cell Environ.* 30:1086-1106.
- SAS Institute (2003) SAS language: Release 8.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 956 p.
- Steel R G D, J H Torrie (1988) Bioestadística, Principios y Procedimientos. 2a ed. Mc Graw Hill. pp:368-386.
- Velasco Z M E, A Hernández-Garay, H V A González (2005) Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc. Pecu. Méx.* 43:247-258.