

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA EN 21 GENOTIPOS DEL PASTO HUMIDÍCOLA *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick

Dry matter production and protein concentration in 21 genotypes of the humidicola grass *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick

A Reyes-Purata, ED Bolaños-Aguilar ✉, D Hernández-Sánchez, EM Aranda-Ibañez, F Izquierdo-Reyes

(EDBA) Programa de Forrajes, INIFAP. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas. 86400 Huimanguillo, Tabasco, México.
bolanos.eduardo@inifap.gob.mx
(ARP)(DHS)(EMAI)(FIR) Colegio de Postgraduados. Tabasco

Artículo recibido: 14 de junio de 2007, **aceptado:** 13 de noviembre de 2009

RESUMEN. El objetivo del presente estudio fue evaluar la variabilidad disponible en 21 genotipos de *Brachiaria humidicola* en cuanto a la concentración de proteína y producción de materia seca, durante la época seca del año. El estudio se realizó durante los meses de marzo, abril y mayo de los años 2004 y 2005, sin aplicar riego ni fertilizante al suelo. Se realizaron tres cosechas por genotipo en cada año, con un tiempo de rebrote de cada cosecha que varió de 33 a 35 d. El experimento fue establecido bajo un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas subdivididas. Los resultados mostraron una importante variabilidad entre los genotipos ($p \leq 0.0001$) para la concentración de proteína dentro del año, la cual varió de 101.1 a 119.5 g kg⁻¹ de MS, valores que corresponden a los genotipos 26 160 y 26 413. Los genotipos 26 413 y 16 891 fueron los que presentaron las concentraciones de proteína más elevadas pero, sin ser significativamente superiores ($p > 0.05$) al genotipo 679 (Humidicola comercial). Además, la concentración de proteína mostró una estabilidad importante al ambiente al no interactuar ni con el año ni con la fecha de corte ($p > 0.05$). Por otra parte, la concentración de proteína mostró una relación inversa con la producción de materia seca, razón por la cual se observó una disminución en la concentración de proteína en los cortes con mayor producción de materia seca, explicada esta disminución por un decremento de la proporción de hojas en la biomasa aérea total de la planta.

Palabras clave: Concentración de proteína, materia seca, variabilidad, época seca, *B. humidicola*.

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the available variability in 21 *Brachiaria humidicola* genotypes with respect to protein concentration and dry matter production, during the dry season of the year. The study was carried out during the March, April and May months of the years 2004 and 2005, with neither watering nor fertilising of the soil. Three harvests were obtained per genotype each year, with a regrowth period that varied from 33 to 35 d between harvests. The experiment was established under a completely randomised design in a split split-plot arrangement. Results showed an important among-genotype variability ($p \leq 0.0001$) for protein concentration within the year, that varied from 101.1 to 119.5 g kg⁻¹ of MS, for the 26 160 and 26 413 genotypes, respectively. The 26 413 and 16 891 genotypes recorded the greatest protein concentrations although not significantly above ($p > 0.05$) those of the 679 genotype (commercial Humidicola). Moreover, protein concentration presented an important stability in the environment with no interaction with the year or the harvest date ($p > 0.05$). On the other hand, an inverse relationship was observed between protein concentration and dry matter production: For this reason, a decrease in protein concentration was observed in the harvest material with the greatest dry matter production. This decrease is explained through a decrease in the proportion of leaves in the total aerial biomass of the plant.

Key words: Protein concentration, dry matter, variability, dry season, *B. humidicola*.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con una superficie ganadera de

175.750 millones de hectáreas, de las cuales el 64 % pertenece a la región tropical (Anónimo 2007), con una población ganadera bovina superior a los 20

millones de cabezas (Anónimo 2005). Tabasco es el estado representativo del trópico húmedo por contar con el 100% de su territorio con este clima, y la ganadería bovina es una de las principales actividades económicas, desarrollada con más de 20 000 productores que han generado el 54% del ingreso del sector pecuario (De Dios 2001). En esta entidad federativa, la producción animal se realiza principalmente en pastoreo, con una población de 1.416 millones de cabezas de ganado bovino (Anónimo 2005) repartidas en una superficie de 2.140 millones de hectáreas (Anónimo 2007), de las cuales el 50.14% está formada por praderas inducidas. Por lo anterior, el conocimiento del manejo y de la calidad de los pastos es importante para obtener los mayores logros en la producción animal en pastoreo. Entre los pastos más explotados en Tabasco destacan las especies *Andropogon spp.*, *Axonopus spp.*, *Paspalum spp.* y gramíneas introducidas como *Panicum spp.*, *Brachiaria spp.*, *Cenchrus spp.*, *Cynodon spp.*, *Digitaria spp.*, *Echinochloa spp.*, *Hemarthria spp.*, *Hyparrhenia spp.*, y *Pennisetum spp.* (Enríquez et al. 1999), las cuales presentan diferente calidad, y en consecuencia, generan desigual producción animal (Abaunza et al. 1991). La calidad de los pastos está representada por el contenido de nutrientes, en donde la proteína ha sido la de mayor atención en los estudios bromatológicos. Sin embargo, una mayor producción de materia seca (MS) es el objetivo principal de toda especie forraje, por lo que no debe ser descuidada en estudios de calidad de pastos. El género de las *Brachiaria* ha abierto nuevas expectativas en la ganadería tropical por su amplio rango de adaptación, principalmente a suelos ácidos de baja fertilidad que son comunes en los ecosistemas de Sabana, en donde los pastos nativos presentan menor producción de forraje y menor calidad, con respecto a la mayoría de los pastos pertenecientes a este género. Dentro del género de las *Brachiarias*, el pasto Humidícola (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick) es el de mayor explotación por los ganaderos de Tabasco, ya que presenta importantes atributos como resistencia a altas presiones de pastoreo y al ataque de la mosca pinta (principalmente la del género *Aeneolamia*), alta tolerancia a suelos con problemas moderados de drenaje

(Genni et al. 2004), formación de praderas densas, debido a su crecimiento estolonífero, e importante adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad. Estos atributos explican que tan solo en Tabasco se ha estimado una superficie superior a 237 000 ha como áreas de alto potencial para el cultivo de este pasto (Olivera & Meléndez 1997). Sin embargo, las cualidades arriba mencionadas se ven mitigadas por su bajo contenido de proteína (Keller-Grein et al. 1996; Juárez & Bolaños-Aguilar 2003; Juárez & Bolaños-Aguilar 2004), lo que finalmente induce a una producción animal inferior a la obtenida por la mayoría de los pastos introducidos. Por ejemplo, en Tabasco los pastos tropicales a las cuatro semanas de crecimiento después del corte de uniformidad, tienen una concentración de proteína que varía de 100 a 140 g kg⁻¹ de MS al pasar de la época lluviosa a la época seca del año, mientras que el pasto Humidícola tiene valores más bajos en razón de 70 a 130 g kg⁻¹ de MS durante el mismo período (Juárez & Bolaños-Aguilar 2004; Juárez et al. 2006). Sin embargo, debido a la mayor producción de MS en la época lluviosa, existe una mayor síntesis de proteína en la pradera en esta época en razón de 2.45 t d⁻¹, con respecto a 0.452 t d⁻¹ en la época seca (Juárez et al. 2006), dado que la cantidad de proteína en la pradera está en función de la cantidad de MS presente en ella. Por tanto, resulta importante realizar estudios en la época seca del año.

Dado lo anterior, la valoración de la diversidad natural y el mejoramiento genético del pasto *Brachiaria humidicola*, son una opción para incrementar su calidad; Sin embargo, todo programa de mejoramiento inicia con la evaluación de la variabilidad genética disponible del componente de interés, en este caso, de la concentración de proteína. En estudios realizados en otra especie forrajera, se ha demostrado que existe una amplia variabilidad Interespecífica (Bolaños-Aguilar et al. 2000), por lo que hace pensar que pudiera existir también una importante variabilidad genética al interior de la especie *B. humidicola*. El objetivo del presente estudio fue evaluar la variabilidad disponible en 21 genotipos de *B. humidicola* en cuanto a la concentración de proteína y producción de MS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones Ambientales y Especies Forrajeras

El presente estudio fue realizado en condiciones de campo durante la época seca del año en los meses de marzo, abril y mayo de los años 2004 y 2005, en el Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP-Tabasco, cuyas coordenadas corresponden a los paralelos 17° 50' de latitud Norte y 93° 23' de longitud Oeste. Durante la época seca de los dos años de evaluación se registraron datos de precipitación pluvial (Figura 1). Se trabajó en un suelo franco con 41.1 % de arena, 24.5 % de arcilla y 34.4 % de limo con pH 7 y 5.2 % de materia orgánica, con 21.55 me 100 g⁻¹ de capacidad de intercambio catiónico efectiva, producto de la suma de los valores de los cationes Calcio, Magnesio y Potasio; 0.25 % de nitrógeno total, 5.9 ppm de fósforo; 14.7, 6.6 y 0.25 me 100 g⁻¹ de Calcio, Magnesio y Potasio, respectivamente. El suelo no fue fertilizado debido a que no existe efecto del nivel de fertilidad del suelo en la concentración de proteína de los pastos en la época seca, demostrado en un estudio realizado por Juárez *et al.* (2006). Del programa de forrajes tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se recibieron aproximadamente 100 semillas de cada uno de los 21 genotipos estudiados de *B. humidicola* (Tabla 1), de los cuales el genotipo 679 corresponde al pasto *Humidicola* comercial explotado en Tabasco.

El establecimiento de estos genotipos se realizó en un diseño de bloques al azar en arreglo de parcelas subdivididas. Los pastos fueron sembrados en parcelas de 1 x 1.5 m, se plantaron a 50 x 50 cm de distancia y fueron establecidos en forma aleatoria en cada una de las parcelas o unidades experimentales. Tres repeticiones se utilizaron por genotipo. La preparación del terreno y siembra de estos genotipos se realizó en el mes de noviembre del año 2003.

Edades de corte y variables de respuesta

Las fechas de corte de uniformidad de las parcelas, cosechas y períodos de rebrote en los dos años de estudio, se muestran en la Tabla 2. De esta manera se realizaron tres muestreos por genotipo por año.

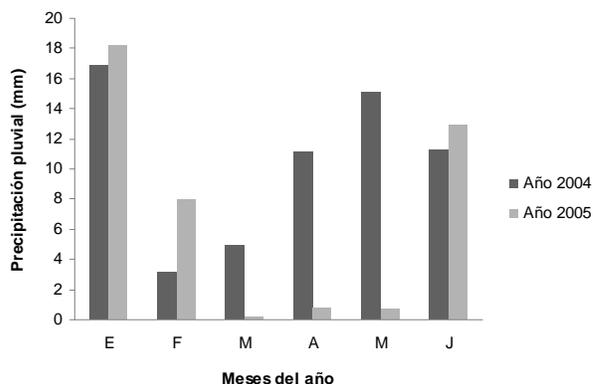


Figura 1. Precipitación pluvial registrada en el área experimental durante 2004 y 2005.

Figure 1. Rainfall recorded in the experimental area during 2004 and 2005.

Evaluación de las Variables de Respuesta

Las principales variables de respuesta estudiadas fueron la concentración de proteína y la producción de MS. Sin embargo, los valores de fibra detergente neutro (%), digestibilidad *in situ* (%), proporción de hoja en la biomasa aérea total (hoja / hoja + tallo) y altura de la planta (cm) se obtuvieron con la finalidad de poder explicar mejor las posibles variaciones de proteína, que es la variable de importancia de este estudio. La materia verde de la totalidad de cada parcela (1 x 1.5 m) se cosechó a una altura de corte de la planta de 7 cm, con respecto al suelo, según el método de propuesto por Toledo & Schultze-Kraft (1982). El forraje cosechado se pesó en báscula con capacidad para 20 kg ± 5 g. La toma de altura de los pastos se realizó antes de cosechar las parcelas para la determinación de materia verde, y se obtuvo con el apoyo de una cinta de madera graduada en centímetros, y tomando la medida del nivel del suelo a la altura promedio de la doblez de la última hoja de las plantas de cada parcela. Para determinar la producción de MS (t ha⁻¹ d⁻¹) por genotipo, se procedió a recolectar submuestras de 200 g de la materia verde, pesada en báscula granataria, las cuales fueron secadas en estufas de aire forzado a 65 °C por 48 h. La producción de MS total se calculó en base al rendimiento en materia seca de los 200 g de materia verde y en

Tabla 1. Origen de los 21 genotipos de *Brachiaria humidicola* estudiados. *Dato faltante.

Table 1. Origin of the 21 *Brachiaria humidicola* genotypes under study. *Missing data.

Genotipo	País de Origen	Altitud
1. 679 (comercial)	*	*
2. 6133	Zambia	242
3. 6705	*	*
4. 6709	Zimbabue	*
5. 16866	Zimbabue	310
6. 16867	Zimbabue	360
7. 16868	Zimbabue	440
8. 16870	Zimbabue	50
9. 16871	Zimbabue	490
10. 16877	Zimbabue	170
11. 16878	Zimbabue	500
12. 16879	Zimbabue	500
13. 16891	Zimbabue	240
14. 26151	Burundi	780
15. 26152	Burundi	700
16. 26159	Burundi	*
17. 26160	Burundi	*
18. 26407	Tanzania	560
19. 26413	Tanzania	900
20. 26415	Tanzania	860
21. 26427	Tanzania	630

Tabla 2. Fecha de corte de uniformidad, cosecha y duración de los intervalos de rebrote para 21 genotipos de *B. humidicola* durante la época seca de los años 2004 y 2005.

Table 2. Uniformisation cutting date, harvest and sprouting interval duration for 21 *B. humidicola* genotypes during the 2004 and 2005 dry seasons.

Corte de uniformidad	Año 2005			Año 2004		
	Cosecha	Duración del rebrote (d)		Corte de uniformidad	Cosecha	Duración del rebrote (d)
14-Feb	21-Mar	36		13-Feb	18-Mar	33
21-Mar	25-Abr	35		18-Mar	22-Abr	35
25-Abr	30-May	35		22-Abr	27-May	35

base al rendimiento de materia verde total cosechada en campo. Posteriormente, la producción diaria se calculó como la relación entre la MS cosechada y el número de días transcurridos entre cosecha y cosecha (intervalo de rebrote).

Después del secado, la concentración de proteína cruda (g kg^{-1} MS) se determinó por el método de Kjeldhal (Horwitz & Latimer 2005), y se calculó Nitrógeno \times 6.25 (factor de conversión). Para la determinación de la proporción de hojas en la biomasa aérea total, se utilizó una segunda submuestra de 100 g (independiente de la tomada para la determi-

nación de MS de forraje verde), la cual se separó en sus componentes hojas y tallos. Así, la proporción de hojas (g) / hojas (g) + tallos (g) fue determinada en base seca, de acuerdo a Duru (1994). La digestibilidad *in situ* de la MS fue determinada a 48 h de incubación de acuerdo a la técnica de las bolsas de nylon (Orskov *et al.* 1980), para lo cual se emplearon toros de cruzas *Bos taurus* \times *Bos indicus* con fistula ruminal.

Análisis de Datos

El análisis de varianza, aplicado a todas las

variables de respuesta presentadas en la sección anterior, fue realizado en base al procesador GLM del SAS (Anónimo 1995). El experimento se analizó como en un Diseño de Bloques al Azar en arreglo de Parcelas Subdivididas en el tiempo (Split-split-plot in time). Considerándose como parcela grande a los dos años, parcela media a los 21 genotipos y parcela chica a los tres cortes. A causa de algunos datos faltantes registrados en algunas de las variables estudiadas, la comparación entre medias fue por el método de Student-Keuls-Newman ($p \leq 0.05$) para todas las variables de respuesta. Se realizaron correlaciones entre las variables de respuesta, las cuales fueron calculadas a partir de las medias de los datos obtenidos en campo, para cada combinación genotipo x corte dentro de cada año. Lo anterior se realizó con el procesador CORR del programa SAS (Anónimo 1995).

RESULTADOS

En la Tabla 3 se presenta el análisis de varianza (ANDEVA) para las diferentes variables evaluadas de los 21 genotipos de *B. humidícola* en los dos años de estudio.

Rendimiento de Materia Seca

El año de evaluación no tuvo efecto significativo ($p > 0.05$) en el rendimiento promedio de MS de los genotipos de *B. humidícola*. En los dos años, los 21 genotipos promediaron $112.74 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de MS, con rendimiento en el primer año de $122.76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, el cual tuvo rango de variación de 50.11 a $240.55 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ valores pertenecientes a los genotipos 26 413 del primer corte y 6 709 del tercero, y con un rendimiento en el segundo año de $102.73 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de MS, con rango de variación de 42.2 a $226.36 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ para los genotipos 26 413 y 16 870, ambos del primer corte. Por el contrario, la fecha de corte sí tuvo un efecto importante ($p \leq 0.001$) en el rendimiento de MS de los genotipos, aún cuando los tres cortes se realizaron en la misma época seca de los dos años. El tercer corte, realizado en el mes de mayo, fue el de mayor rendimiento promedio de los dos años con $129.64 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, siendo este promedio superior ($p \leq$

0.05) a los obtenidos en el primer y segundo corte, con valores promedio de los dos años de 96.36 y $112.23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, respectivamente, y sin existir diferencias significativas ($p > 0.05$) entre estos dos cortes (Figura 2, Tabla 4).

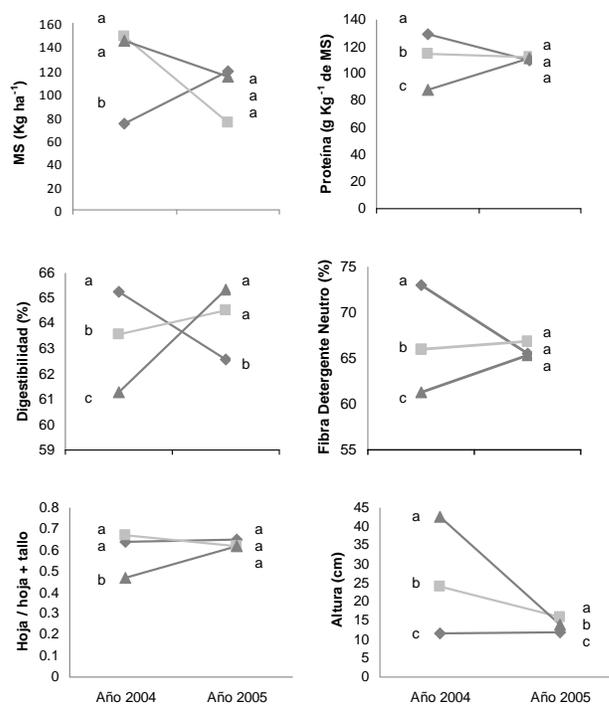


Figura 2. Valores promedio para las variables evaluadas del primero (X), segundo (X) y tercer corte (X) durante la época seca de 2004 y 2005. Valores promedio con letras distintas difieren significativamente ($p < 0.05$).

Figure 2. Mean values of the evaluated variables for the first (X), second (X) and third (X) harvests during the 2004 and 2005 dry seasons. Average values with different letters differ significantly ($p < 0.05$).

En cuanto a la interacción año x corte, ésta fue alta ($p \leq 0.001$), originada por las diferencias de humedad en el suelo entre uno y otro corte dentro de la misma época seca. Se observó que dicha interacción estuvo generada principalmente por el primer corte por tener una tendencia creciente en el rendimiento de MS al pasar de $74.22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ del primer año a $118.51 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ del segundo, siendo esta variación en el rendimiento de MS contraria a la observada en el segundo y tercer corte

Tabla 3. Promedios y cuadrados medios de diferentes fuentes de variación y variables de respuesta, para 21 genotipos de *B. humidicola* durante la época seca de 2004 y 2005. * ($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$), *** ($p \leq 0.001$).

Table 3. Means and mean squares of different variation sources and response variables of 21 *B. humidicola* genotypes during the 2004 and 2005 dry seasons. * ($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$), *** ($p \leq 0.001$).

Fuente de Variación	GL	Materia Seca (kg ha ⁻¹ d ⁻¹)	Proteína (%)	Digestibilidad (%)	Fibra Detergente Neutro (%)	Proporción de hoja	Altura (cm)
Año (A)	1	37895.66	0.078	57.751	147.219 ***	0.1194 ***	14183.96 ***
Corte (C)	2	34898.86 **	128.846 ***	19.89	627.513 ***	0.4278 ***	8662.71 ***
A x C	2	112619.05 ***	148.845 ***	357.761 ***	944.049 **	0.2967 ***	6998.004 ***
Genotipo (G)	20	3661.105	3.362 ***	12.348	21.816 ***	0.0302 ***	557.970 ***
A x G	20	2843.97	1.0187	11.886	11.915	0.0126	82.027 ***
C x G	40	2909.604	1.3913	11.219	12.074 **	0.0177 **	57.143 ***
A x C x G	40	2188.747	1.005	7.6407	8.703	0.0116	53.379 ***
Media		112.747	11.125	63.773	66.868	0.616	20.054

Tabla 4. Producción de materia seca y variación de la calidad forrajera para 21 genotipos de *B. humidicola* durante la estación seca de 2004 y 2005.

Table 4. Dry matter production and fodder quality variation of 21 *B. humidicola* genotypes during the 2004 and 2005 dry seasons.

Caracteres	Año 2004			Caracteres	Año 2005		
	Fechas de muestreo	Promedio	Desviación Estándar		Fechas de muestreo	Promedio	Desviación Estándar
Materia Seca, kg ha d ⁻¹	21 de Marzo	74.22	25.16	Materia Seca, kg ha d ⁻¹	18 de Marzo	118.51	67.23
	25 de Abril	149.19	44.65		22 de Abril	75.26	19.64
	30 de Mayo	144.85	50.91		27 de Mayo	114.42	69.37
Proteína, %	21 de Marzo	12.98	1.33	Proteína, %	18 de Marzo	10.97	0.98
	25 de Abril	11.5	1.08		22 de Abril	11.28	1.38
	30 de Mayo	8.84	1.15		27 de Mayo	11.16	1.01
Digestibilidad, %	21 de Marzo	65.27	3.35	Digestibilidad, %	18 de Marzo	62.59	3.33
	25 de Abril	63.57	3.03		22 de Abril	64.54	3.32
	30 de Mayo	61.29	2.73		27 de Mayo	65.34	3.24
Fibra Detergente Neutro	21 de Marzo	63.45	2.92	Fibra Detergente Neutro	18 de Marzo	65.27	3.35
	25 de Abril	66	3.01		22 de Abril	63.57	3.03
	30 de Mayo	73.01	2.75		27 de Mayo	61.29	2.73
Hoja / (Hoja + Tallo)	21 de Marzo	0.64	0.1	Hoja / (Hoja + Tallo)	18 de Marzo	0.65	0.1
	25 de Abril	0.67	0.1		22 de Abril	0.62	0.09
	30 de Mayo	0.47	0.11		27 de Mayo	0.62	0.13
Altura, cm	21 de Marzo	11.74	4.54	Altura, cm	18 de Marzo	11.77	5.65
	25 de Abril	24.03	9.23		22 de Abril	16.07	6.52
	30 de Mayo	42.76	12.28		27 de Mayo	13.92	5.59

(Figura 2). Los rendimientos de MS del segundo y tercer corte fueron más estables por mantener tendencias decrecientes al pasar del primero al segundo año, con una tasa de decrecimiento promedio diario para el corte dos de 2.11 kg ha⁻¹ al pasar de mediados de marzo a mediados de abril, y para el

corte tres de 0.885 kg ha⁻¹, al pasar de mediados de abril a mediados de mayo en ambos años. Asimismo, pudo observarse que el menor rendimiento de MS se obtuvo en el primer corte del segundo año en el genotipo 26 407, con un valor de 42.20 kg ha⁻¹ d⁻¹, y el mayor rendimiento se obtuvo en el tercer

corte del primer año y en el genotipo 6 705 con un rendimiento de 240.55 g ha⁻¹ d⁻¹ de MS.

Contenido de Proteína

La concentración de proteína en los genotipos no estuvo afectada por el año de evaluación ($p > 0.01$), ya que la concentración promedio de los dos años y al término de 35 días de crecimiento fue de 111.25 g kg⁻¹ de MS, con un valor promedio en el primer año de 111.1 g, con rango de variación de 75.7 a 143.23 g kg⁻¹ de MS para los genotipos 26 407 y 26 152 del tercer y primer corte, respectivamente. En el segundo año, la concentración promedio de proteína fue de 111.4 g kg⁻¹ de MS, con rango de variación de 87.43 a 124.36 g kg⁻¹ de MS para los genotipos 26 160 del primer corte, y 16 870 del segundo corte, respectivamente. En cambio la fecha de corte, al igual que en el rendimiento de MS, tuvo un efecto importante ($p \leq 0.0001$) en las variaciones de la concentración de proteína. Los valores promedio de los dos años fueron de 1 119.7, 113.9 y 100.0 g kg⁻¹ de MS para el primero, segundo y tercer corte, respectivamente. El rango de variación de la concentración de proteína para el primer corte fue de 117.73 a 143.23 g kg⁻¹ de MS el cual se observó en el primer año y correspondieron a los genotipos 26 160 y 26 152, en su orden. Para el segundo corte, la concentración de proteína varió de 98.03 a 125.43 g kg⁻¹ de MS, también observado en el primer año, y los valores correspondieron a los genotipos 26 407 y 16 867. Finalmente, el rango de variación del tercer corte fue de 75.7 a 119.93 g kg⁻¹ de MS con respecto al primer y segundo año, y fueron para los genotipos 26 407 y 679, respectivamente. La interacción año x corte ($p \leq 0.001$) para esta variable estuvo originada por el primer corte (Figura 2) al pasar la proteína de una mayor concentración (129.8 g kg⁻¹ de MS) en el primer año, a una menor concentración (109.7 g kg⁻¹ de MS) en el segundo año, causando por ello un entrecruzamiento con las concentraciones de proteína de los dos cortes restantes. La mayor concentración de proteína se registró en el primer corte, realizado en el mes de marzo del primer año en el genotipo 26 152, con una concentración promedio de 143.23 g kg⁻¹ de MS. Por el contrario, la menor concentración fue

de 75.70 g kg⁻¹ de MS registrado en tercer corte, realizado en el mes de mayo, también en el primer año y registrado en el genotipo 26 407.

Por otra parte, dentro de cada año, el genotipo tuvo un efecto muy importante ($p \leq 0.001$) en la variación de la concentración de proteína, por registrarse valores que oscilaron de 101.16 g kg⁻¹ de MS para el genotipo 26 160, a 119.56 g kg⁻¹ de MS para el genotipo 26 413 (Figura 3). De esta manera, los genotipos con mayor concentración de proteína fueron el 26 413 y 16 891, y los genotipos con la menor concentración fueron 26 407 y 26 160, siendo este último el de mayor mayor producción de MS. Sin embargo, los dos genotipos de mayor concentración de proteína no presentaron una diferencia importante ($p > 0.05$) con el resto de los genotipos estudiados, incluido el genotipo 679 (Humidicola comercial), el cual mostró una concentración promedio de 112 g kg⁻¹ de MS. Finalmente, las variaciones en la concentración de proteína entre los genotipos mantuvieron su estatus entre años y entre cortes, al no presentarse las interacciones correspondientes ($p > 0.05$). Esta estabilidad también convierte a la proteína, dentro de las variables de calidad, en un carácter importante a considerar en estudios de selección por no interactuar o depender de las condiciones ambientales.

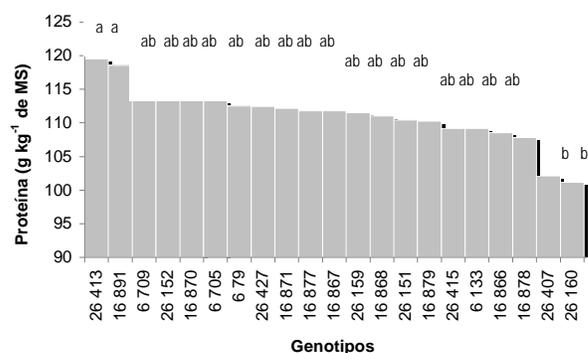


Figura 3. Variación en la concentración de proteína de 21 genotipos de *B. humidicola* en la época seca de los años 2004 y 2005. Promedios de los dos años. Columnas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0.05$).

Figure 3. Protein concentration variation in 21 *B. humidicola* genotypes during the 2004 and 2005 dry seasons. Averages for the two years. Columns with different letters differ significantly ($p < 0.05$).

Tabla 5. Coeficientes de correlación de diferentes fuentes de variación para 21 genotipos de *B. humidicola* durante la época seca de los años 2004 y 2005. * ($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$), *** ($p \leq 0.001$).

Table 5. Correlation coefficients of different sources of variation for 21 genotypes of *B. humidicola* during the 2004 and 2005 dry seasons. * ($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$), *** ($p \leq 0.001$).

Caracteres	Materia Seca	Proteína	Digestibilidad	FDN	H / (H + T)
Proteína	- 0.407 ***				
Digestibilidad	- 0.368 ***	0.518 ***			
Fibra Detergente Neutro	0.307 ***	- 0.854 ***	- 0.465 ***		
H / (H + T)	- 0.174 *	0.420 ***	0.265 **	- 0.515 ***	
Altura	0.559 ***	- 0.679 ***	- 0.454 ***	0.721 ***	- 0.480 ***

Correlación de Caracteres

Las correlaciones entre los diferentes caracteres evaluados a nivel fenotípico, se presentan en la Tabla 5. La concentración de la proteína de la planta estuvo inversamente relacionada con el incremento de rendimiento de MS, con la fibra detergente neutro y con la altura de la planta. Lo anterior indica que los genotipos con mayor producción de MS serán aquellos con mayor altura, pero tendrán mayor cantidad de FDN y menor concentración de proteína. La disminución de la concentración de proteína con el incremento de la MS estuvo también relacionada con el decremento de la proporción de hojas dentro de la biomasa aérea total de los genotipos conforme aumenta la producción de MS ($p \leq 0.05$). Por ello, el incremento en el rendimiento de MS en los cortes, con valores de 96.36, 112.23 y 129.64 kg ha⁻¹ d⁻¹, con respecto al primero, segundo y tercer corte, estuvo acompañado de disminuciones en la concentración de proteína, con valores de 119.7, 113.9 y 100.0 g kg⁻¹ de MS, respectivamente. Así mismo, los genotipos 26 160, 6 133 y 26 407 que presentaron las mayores alturas con 32.63, 32.55 y 27.94 cm, respectivamente, fueron los que presentaron menor concentración de proteína, con valores de 101.1, 109.2 y 102.1 g kg⁻¹ de MS, respectivamente. El incremento en la concentración de la proteína estuvo también acompañada con el incremento en la digestibilidad y ésta con el incremento de la proporción de hoja en la biomasa aérea total; sin embargo, aún cuando hubo variaciones en la concentración de proteína y en la proporción de hoja en la biomasa aérea total entre los genotipos, la digestibilidad fue semejante ($p > 0.05$) entre los 21 genotipos evaluados.

DISCUSIÓN

La condición de déficit de humedad del suelo presente en el período de evaluación (época seca del año), limitó la expresión del potencial de producción de MS de los genotipos en estudio. Así, el año no fue un factor de variación en el rendimiento promedio de MS de los 21 genotipos de *B. humidicola*. Esta baja disponibilidad de humedad genera que las plantas no expresen su potencial productivo, en este caso, en la producción de MS. Lo anterior fue también reportado por Bolaños-Aguilar *et al.* (2002) en un trabajo semejante pero en alfalfa, realizado en 46 condiciones ambientales diferentes, en el que se observó que cuando las variedades crecían en condiciones limitantes de humedad del suelo, éstas mostraban entre sí muy poca variación en producción de MS y de semilla, que cuando se desarrollaban en condiciones favorables de humedad. Según Machado (1996), el déficit de humedad del suelo, influye negativamente en el crecimiento de los pastos, provocando reducción del área foliar, de la actividad fotosintética y, por consiguiente, de la producción de MS. Sin embargo, se ha observado que las raíces presentan menor reducción en su producción de MS con respecto a la parte aérea de la planta, cuando existen problemas de estrés hídrico (Bolaños-Aguilar & Huyghe 2005).

El no haberse presentado una variación significativa en la producción promedio de MS de los genotipos entre años tuvo como consecuencia, que tampoco hubiese una variación importante entre años en concentración de proteína. Lo anterior ha sido documentado por Bogdan (1997) quien señala que la concentración de proteína en la planta está

en función directa de la producción de la MS de la misma. Por otra parte, el factor corte sí mostró un efecto importante tanto en la producción promedio de MS como en la concentración promedio de proteína de los genotipos. Lo anterior indica que el corte estimula el rebrote de la planta, y en consecuencia la producción de MS de la misma, ya que se observa un incremento significativo de MS al pasar del primero al tercer corte. En la literatura existe suficiente información que explica el efecto del estímulo del corte (Lemaire 2001; Fernández *et al.* 2004; Velasco-Zebadúa *et al.* 2007) o del pastoreo (Bolaños-Aguilar *et al.* 1994; Venuto *et al.* 2003; Hernández-Garay *et al.* 2004) en la producción de MS de los pastos. La disminución en la concentración promedio de proteína de los genotipos al pasar del primero al tercer corte, puede ser explicado por un efecto de dilución de la proteína con el incremento en la producción promedio de la MS en la planta (y no necesariamente por avance de la edad de la planta), fenómeno que ha sido explicado tanto en forrajes de zonas templadas por Cruz & Lemaire (1996), Cruz & Guillaume (1999), como en forrajes tropicales por Juárez *et al.* (2006) y Juárez & Bolaños-Aguilar (2007). Estas variaciones en la producción promedio de MS entre cortes de los genotipos en su conjunto fueron producto del efecto ambiental (distribución heterogénea de la precipitación pluvial dentro de la misma época seca), más que por efectos del genotipo mismo ($p > 0.05$). Al respecto, existen estudios que demuestran que los efectos ambientales con frecuencia son más importantes que los efectos del genotipo sobre los caracteres productivos de las plantas forrajeras (Charmet *et al.* 1993, Desclaux 1996, Bolaños-Aguilar *et al.* 2002).

Por otra parte, la variación entre genotipos observada dentro del mismo año para la concentración de proteína, estuvo originada por los bajos valores de los genotipos 26 413 y 16 891 (valor promedio de ambos de 119.0 g kg^{-1} de MS), los cuales fueron superiores ($p \leq 0.05$) a los obtenidos por los genotipos 26 407 y 26 160 (101.5 g kg^{-1} de MS en promedio) (Figura 3). Sin embargo, la concentra-

ción de proteína de estos dos últimos genotipos no fue diferente ($p > 0.05$) a la observada en el resto de los genotipos evaluados. Por el contrario, los valores de digestibilidad entre genotipos no mostraron variación significativa ($p > 0.05$).

El presente estudio demuestra que es posible seleccionar genotipos de *B. humidicola* en base a su concentración de proteína bajo condiciones de déficit de humedad, y no así por valores de digestibilidad, debido que ésta última variable no presenta variación entre genotipos (Tabla 3). No obstante, resulta interesante deducir, en base a estos resultados, que al seleccionar genotipos de *B. humidicola* con mayor concentración de proteína, significaría también estar seleccionando para mayor digestibilidad y menor FDN por estar la proteína y la digestibilidad relacionados positivamente, y la proteína con la FDN de manera inversa (Tabla 5). A diferencia de la baja variación observada entre genotipos para las variables evaluadas durante la época seca del año en éste estudio, Juárez (2005) observó una alta variación en la producción de MS y en la concentración de proteína entre estos mismos genotipos de *B. humidicola* evaluados en la época lluviosa del año. Así, en esta época del año donde la humedad del suelo no es un factor limitante, el mencionado autor observó que los genotipos 26 160 y 6 705 fueron los de mayor productividad por tener mayor concentración de proteína por unidad de MS acumulada, en comparación con el resto de los genotipos, incluido el genotipo comercial. Es necesario la realización de estudios que evalúen la respuesta de los genotipos 6 705, 26 160 y 26 413 al pastoreo durante el año, para conocer su potencial de producción animal en términos de carne y leche en el trópico.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACYT por el soporte financiero para el desarrollo de este estudio. También agradece al Colegio de Postgraduados por permitirle realizar sus estudios de maestría en el seno de sus aulas y al INIFAP por permitirle trabajar en una de sus líneas de investigación del programa de forrajes.

LITERATURA CITADA

- Abaunza MA, Lascano CE, Giraldo H, Toledo JM (1991) Valor nutritivo y aceptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13: 2-9.
- Anónimo (1995) SAS User's guide. Statistical Analysis System. Version 7. Institute Inc. Cary, North Carolina, U.S.A. 956 pp.
- Anónimo (2005) Población ganadera. SIAP. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Anónimo (2007) Censo agropecuario 2007, IX Censo Ejidal. INEGI. Aguascalientes, Ags. 2008.
- Bogdan AV (1997) Pastos tropicales y Plantas de forraje. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F. 461 pp.
- Bolaños-Aguilar ED, González HVA, Pérez PJ (1994) Intensidad de pastoreo, rendimiento y tasa de crecimiento de ballico perenne. *Rev. Fitotec. Mex.* 18: 35-42.
- Bolaños-Aguilar ED, Huyghe C (2005) Crecimiento y distribución de la materia seca entre órganos vegetativos y reproductores en alfalfa. *Agricultura Técnica en México.* 31: 65-72.
- Bolaños-Aguilar ED, Huyghe C, Julier B, Ecalte C (2000) Genetic variation for seed yield and its components in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations. *Agronomie* 20: 333-345.
- Bolaños-Aguilar ED, Huyghe C, Ecalte C, Hacquet J, Julier B (2002) Effect of cultivar and environment on seed yield in alfalfa. *Crop Science* 42: 45-50.
- Charmet G, Balfourier F, Ravel C, Denis JB (1993) Genotype x environment interactions in a core collection of French perennial ryegrass populations. *Theor. Appl. Genet.* 86: 731-736.
- Cruz P, Lemaire G (1996) Diagnosis of the nitrogen status of grass stands. *Tropical Grasslands* 30(1): 166-173.
- Cruz P, Guillaume P (1999) Croissance et nutrition minérale de la canne à sucre au cours de repousses sucesives. *Cahiers Agricole* 8: 101-107.
- De Dios VOO (2001) Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Colección José N. Roviroso: Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 376 pp.
- Desclaux D (1996) De l'intérêt de génotypes révélateurs de facteurs limitants dans l'analyse des interactions génotypes*milieu chez le soja (*Glycine* mx. L. Merrill), Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse. 227 p.
- Duru M (1994) Mineral nutrition status and botanical composition of pastures. II. Effects on nitrogen concentration and digestibility of herbage. *Eur. J. Agron.* 3 (2): 125-133.
- Enríquez QF, Melendez NF, Bolaños-Aguilar ED (1999) Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico Número 7. Isla (Veracruz): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz. 262 pp.
- Fernández JL, Benítez DE, Gómez I, de Souza A, Espinosa R (2004) Rendimiento de MS y contenido de proteína bruta del pasto *Panicum maximum* vc likoni en un suelo vertisol de la provincia Granma. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola.* 38 (4): 417-421.
- Gastal F, Lemaire G (2002) N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal Experimental Botany* 53:789.
- Genni O, Baruch Z, Marin D (2004) Respons to drought of five *Brachiaria* species. II. Water relations and leaf gas exchange. *Plant and Soil* 258: 249-260.

- Hernández-Garay A, Sollenberger LE, McDonald DC, Rueggsegger GJ, Kalmbacher RS, Mislevy P (2004) Nitrogen fertilization and stocking rate affect stargrass pasture and cattle performance. *Crop Sci.* 44: 1348-1354.
- Horwitz W, Latimer G.W. Jr (2005). AOAC Official Method 976.05. Protein (crude) in animal feed and pet food. Chapter 4 p. 27. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. 18 th Edition. AOAC International, Gaithersburg, Maryland. USA.
- Juárez HJ (2005) Estudio agrofisiológico y nutricional de la producción de materia seca y contenido de proteína en pastos tropicales. Tesis de Doctorado. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara, Cuba. 109 pp.
- Juárez HJ, Bolaños-Aguilar ED (2003) Contenido de proteína por unidad de material seca acumulada en pastos tropicales. Memorias de la XVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias: 194-201.
- Juárez HJ, Bolaños-Aguilar ED (2004) Producción de materia seca y contenido de proteína en pastos tropicales en condiciones diferentes de fertilidad. Memorias de la XVII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Noviembre 4 y 5. Villahermosa (México): Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. 139-145.
- Juárez HJ, Bolaños-Aguilar ED (2007) Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. *Universidad y Ciencia. Trópico húmedo.* 23(1): 81-90.
- Juárez HJ, Bolaños-Aguilar ED, Vargas VLM, Medina PS (2006) Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en diferentes especies de pastos tropicales. En: Barradas LH, Esqueda EV, Tosquy VOH y Rueda MB. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBR y UNAM. Veracruz: 299-320.
- Keller-Grein G, Maass BL, Hanson J (1996) Natural variation in *Brachiaria* and existin germplasm collections. In: Miles JW, Maass BL & Do Valle CB (editors). 1996. *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement.* Cali: CIAT-EMBRAPA. 16-42.
- Lemaire G (2001) Ecophysiology of grassland. Aspects of forage plant populations in grazed swards. In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congreso. Brazil Soc. Animal Husbandry. Sao Pedro, Sao Paulo - Brazil. pp: 29-37.
- Machado R (1996) Dinámica de algunos indicadores morfológicos y estructurales de *Andropogon gayanus* CIAT-621, bajo condiciones de manejo intensivo. Efecto de la época y el año. *Pastos y Forrajes* 19: 121-127.
- Olivera SA, Meléndez NF (1997) diagnóstico edafoclimático del potencial productivo del pasto Humidícola (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schewerckerdt) en Tabasco, México. X Reunión Científica. 27-28 de Noviembre. Villahermosa, Tabasco.
- Orskov ER, DeB Hovell FD, Mould F (1980) The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5(2): 195 - 213.
- Toledo JM, Schultze-Kraft R (1982) Metodología para evaluación agronómica de pastos tropicales. Toledo JM (ed.). Manual para la evaluación agronómica. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical. 91-110.
- Velasco-Zebadúa ME, Hernández-Garay A, González-Hernández VA (2007) Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de ballico perenne, en frecuente a la respuesta de corte. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(1): 79-87.

Venuto BC, Burso BL, Hussey MA, Redfearn DD, Wyatt WE, Brown LP (2003) Forage yield, nutritive value, and grazing tolerance of Dallisgrass biotypes. *Crop Sci.* 43: 295-301.