

Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades

Yield, and ruminal dry matter and energy degradability of ten tropical grasses harvested at four ages

Braulio Valles de la Mora^a, Epigmenio Castillo Gallegos^a, Hugo Bernal Barragán^b

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el rendimiento de materia seca (RMS), y la degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) y la energía, de diez pastos de los géneros *Brachiaria*: *B. brizantha* (Insurgente), *B. decumbens* (Señal), *B. humidicola* (Chetumal), *B. brizantha* x *B. ruzieziensis* (Mulato I); *Panicum*: *P. maximum* cv. Mombasa, *P. maximum* cv. Guinea, *P. maximum* cv. Tanzania; y *Pennisetum*: *P. purpureum* cv. Taiwan, *P. purpureum* cv. Cuban king grass, *P. purpureum* cv. Purple king grass, a 3, 6, 9 y 12 semanas de rebrote, en tres ciclos de crecimiento. La degradabilidad ruminal de MS y energía se determinó a 48 h de incubación *in situ*. El RMS fue 3,037, 1,689 y 1,872 kg ha⁻¹, para *Pennisetum*, *Brachiaria* y *Panicum* ($P < 0.05$). La PC disminuyó de 11.6 a 6.9 % (3 a 12 semanas), sin diferencias entre géneros. Contenidos (%) de FDN, FDA y LIG fueron 72.1, 43.5 y 8.1 (*Brachiaria*); 73.0, 45.8 y 9.0 (*Panicum*); y 68.8, 44.4 y 9.1 (*Pennisetum*); así como 68.1, 40.1 y 8.2 (3 semanas); y 76.2, 49.7 y 9.5 (12 semanas). La degradabilidad *in situ* de MS fue 70.0 (*Brachiaria*), 65.8 (*Panicum*) y 72.9 % (*Pennisetum*); disminuyendo de 71.7 a 62.9 % de 3 a 12 semanas. La energía pre-incubada promedió: 3,802, 3,756, y 3,608 kcal kg⁻¹ MS, para *Brachiaria*, *Panicum*, y *Pennisetum*, sin cambios por edad de rebrote. La degradabilidad (% de la EB incubada *in situ* en el rumen) fue 55.6, 51.4 y 57.9, para *Brachiaria*, *Panicum* y *Pennisetum*. En conclusión, la edad de rebrote y género afectaron el valor nutritivo de los pastos evaluados.

PALABRAS CLAVE: Pastos tropicales, Edad de rebrote, Degradabilidad ruminal, Materia seca, Energía.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine dry matter yield (DMY), and *in situ* ruminal degradable dry matter and energy of ten grasses of the genera *Brachiaria*: *B. brizantha* (Insurgente), *B. decumbens* (Señal), *B. humidicola* (Chetumal), *B. brizantha* x *B. ruzieziensis* (Mulato I); *Panicum*: *P. maximum* cv. Mombasa, *P. maximum* cv. Guinea, *P. maximum* cv. Tanzania; and, *Pennisetum*: *P. purpureum* cv. Taiwan, *P. purpureum* cv. Cuban king grass, *P. purpureum* cv. Purple king grass, at 3, 6, 9 and 12 wk of regrowth, in three evaluation cycles. DMY for *Pennisetum*, *Brachiaria* and *Panicum* was: 3,037, 1,689 and 1,872 kg ha⁻¹ ($P < 0.05$). CP concentration decreased from 11.6 to 6.9 % (3 to 12 wk), without differences among genera. Concentration (%) of NDF, ADF and LIG were: 72.1, 43.5 and 8.1 (*Brachiaria*); 73.0, 45.8 and 9.0 (*Panicum*); and 68.8, 44.4 and 9.1 % (*Pennisetum*), values were 68.1, 40.1 and 8.2 (at 3 wk); and 76.2, 49.7 and 9.5 (at 12 wk). The *in situ* DM degradability was: 70.0 % (*Brachiaria*), 65.8 % (*Panicum*) and 72.9 % (*Pennisetum*) and decreased from 71.7 to 62.9 % (from 3 to 12 wk). Gross energy (GE) pre-incubation, was 3,802, 3,756, and 3,608 kcal kg⁻¹ DM, for *Brachiaria*, *Panicum*, and *Pennisetum*, with no changes due to age of regrowth. *In situ* ruminal energy degradability (as % of incubated GE) was: 55.6, 51.4, and 57.9 % for *Brachiaria*, *Panicum*; and *Pennisetum*. In conclusion, age of regrowth and genus affected the nutritive value of the evaluated grasses.

KEY WORDS: Tropical grasses, Regrowth age, Ruminal degradability, Dry matter.

Recibido el 10 de diciembre de 2014. Aceptado el 13 de abril de 2015.

^a Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, CEIEGT, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

^b Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Gral. Escobedo, N.L., México. hubernal05@yahoo.com.mx; hubernal05@gmail.com. Correspondencia al tercer autor.

INTRODUCCION

En las regiones tropicales, los sistemas de producción bovina están basados en el pastoreo de gramas nativas⁽¹⁾, cuya productividad varía en cantidad y calidad⁽²⁾, por lo que es importante la selección efectiva e introducción de pastos de alta calidad nutricional, y alta producción forrajera, adaptados a las condiciones locales de clima, suelo y manejo⁽³⁾.

La edad del pasto al corte o pastoreo afecta la calidad y digestibilidad de las pasturas^(4,5), debido a un incremento en la proporción de pared celular respecto al contenido celular, así como en mayor cantidad de tallos y material muerto en la planta conforme ésta madura. Los pastos con baja digestibilidad retardan el paso del alimento a través del tracto digestivo, reduciendo los niveles de consumo de alimento por el animal.

La digestibilidad de las pasturas está directamente relacionada con su contenido de proteína y energía, influyendo el comportamiento animal^(6,7,8), siendo los forrajes de baja calidad, generalmente deficientes en proteína y energía digestible^(9,10). El aporte proteico es limitante en el ganado que pastorea forrajes tropicales con menos de 7 % de proteína cruda⁽¹¹⁾, lo cual afecta el consumo y la digestibilidad del alimento, y se traduce en baja productividad animal⁽¹²⁾. Sin embargo, los estudios dirigidos a caracterizar el aporte energético y la degradación *in situ* de la materia seca de pastos tropicales son escasos. En la presente investigación se determinó la degradación *in situ* de la materia seca y la energía de pastos tropicales cosechados a diferentes edades, cultivados en condiciones climáticas contrastantes en diferentes épocas del año.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT, FMVZ-UNAM), en el municipio Tlapacoyan, Veracruz, México (114

INTRODUCTION

In the tropical regions, the most extended cattle production is the dual purpose system, based on grazing of native pastures⁽¹⁾, whose productivity varies in quality and quantity⁽²⁾. It is thereafter important to effectively select and to introduce grasses with high potential for forage yield and nutritional quality, adapted to the local conditions of climate, soils and management⁽³⁾. Age of regrowth at harvest affects quality and digestibility of grass pastures^(4,5), due to an increase in the proportion of cell wall, and dead material of the plant as maturity increases. Grasses with low digestibility slow the passage of feed through the animal's digestive system reducing intake levels.

Digestibility of pasture is directly related to its energy and protein content, and influences animal performance^(6,7,8), being low quality forages generally deficient in digestible protein and energy^(9,10). Protein supply is limiting in cattle consuming tropical forages with less than 7 % crude protein content⁽¹¹⁾, this affecting intake and digestibility, and animal productivity⁽¹²⁾. However, surveys dedicated to characterize energy supply and *in situ* degradability of dry matter of tropical grasses are scarce. In the present study, *in situ* degradability of dry matter and energy of tropical forages harvested at different ages, and growing under diverse climatic conditions in different seasons of the year, was assessed.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out at the Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical of the Facultad de Veterinaria of the Universidad Nacional Autónoma de México (CEIEGT, FMVZ-UNAM), located in Tlapacoyan, Veracruz, Mexico, at an altitude of 114 m. Soils are acidic (pH 4.5 to 5.2), clay-silt Ultisols (durustults), low in available P (3.5 ppm, Bray II) and cation exchange capacity (10.5 meq 100 g⁻¹). Soil has a 25 cm deep hardpan, causing a deficient drainage during rainy and

msnm), que posee suelos Ultisoles, con pH 4.5 a 5.2, P disponible: 3.5 ppm (Bray II), y CEC de 10.5 meq 100 g⁻¹. Los suelos son someros (25 cm) limitados por una capa de "tepetate", que ocasiona drenaje deficiente en épocas de lluvias e invierno. En época seca la humedad del suelo declina rápidamente.

El clima es cálido y húmedo, Af(m)w"(e)⁽¹³⁾, con temperatura promedio/día de 23.9 ± 0.5 °C, y precipitación anual de 1,931 ± 334 mm. La Figura 1 muestra las condiciones de lluvia y temperatura en las tres fases del periodo experimental: la primera, del 06/03 a 29/05 de 2008 (T_{min}=22.2, T_{max} =32.6 °C, 342 mm); la segunda, del 01/08 a 24/10 de 2008 (T_{min}=18.1, T_{max} =29.6 °C, 1,025 mm); y la tercera, del 30/01 a 24/04 de 2009 (T_{min}=18.2, T_{max}=30.2 °C, 217 mm). La precipitación del primero y tercer ciclo fue 33 y 20 % de la lluvia registrada en el segundo ciclo.

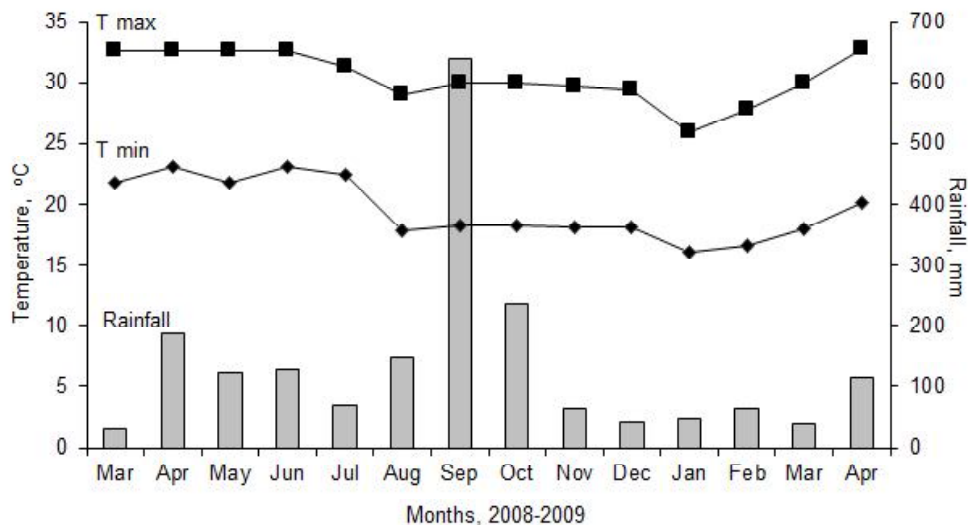
Las parcelas experimentales (5.0 x 2.0 m; 0.50 m entre surcos), se establecieron el 27/06 de 2007 en terreno barbechado y rastreado, sin fertilización. Para estandarizar el inicio del crecimiento, el pasto se cortó al inicio de cada ciclo en las siguientes fechas: 1°) 06/03, 2008;

winter seasons. In the dry season, water available to plants is rapidly depleted, because the soil does not hold much moisture. Climate is hot and humid, Af(m)w"(e)⁽¹³⁾. Yearly average daily temperature is 23.9 ± 0.5 °C, and rainfall is 1931 ± 334 mm. Figure 1 shows rainfall and temperatures registered during the three phases of the experimental period: first, from March 6 to May 29, 2008 (T_{min}= 22.2, T_{max}= 32.6 °C, 342 mm); second, from August 1 to October 24, 2008 (T_{min}= 18.1, T_{max}= 29.6 °C, 1,025 mm); and third, from January 30 to April 24, 2009 (T_{min}= 18.2, T_{max}= 30.2 °C, 217 mm). Rainfall in the first and third cycles was 33 and 20 %, respectively, of the rainfall registered during the second cycle.

Experimental grass plots (5.0 x 2.0 m; 0.5 m distance among furrows) were planted on June 27, 2007, utilizing rooted tillers, without fertilizer. To standardize plant regrowth, grass was cut down on the three following start dates, of each growth cycle: March 6, 2008, August 1, 2008, and January 30, 2009. Forage was harvested with "machete" at cutting heights of 10 cm for decumbent species of *Brachiaria*: Insurgente, Mulato, Chetumal, Chontalpo; and 20 cm for bunch-type species of *P. maximum*:

Figura 1. Condiciones climáticas durante el período experimental

Figure 1. Climatic conditions during the experimental period



2°) 01/08, 2008 y, 3°) 30/01, 2009, a 10 cm de altura para las especies decumbentes de *Brachiaria*: Insurgente, Mulato, Chetumal, Chontalpo; y a 20 cm para las semi-erectas (*Panicum maximum*): Tanzania, Guinea, Mombasa; y erectas (*Pennisetum*): Taiwan, King grass cubano y King grass morado. En cada parcela se cortó 1 m² dentro de las dos hileras centrales, a las 3, 6, 9 y 12 semanas de edad. El forraje fresco se pesó, y secó a 65 °C/72 h para calcular el rendimiento de materia seca (RMS).

Las muestras ya secas, se molieron (molino Wiley #4) con criba de 1 mm, para luego analizarlas por duplicado, para los contenidos (%) en base seca, de proteína cruda (PC; Kjeldahl⁽¹⁴⁾), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina (ADL = LIG)⁽¹⁵⁾, usando un analizador de fibra Ankom 2000 (Ankom Technology Corp., Macedon, NY). Por diferencia, se calcularon las concentraciones de hemicelulosa (NFD - ADF) y celulosa (ADF - LIG)⁽¹⁵⁾. Se determinó, por triplicado, y en tres vacas fistuladas, la desaparición *in situ* de la MS (ISDMD por sus siglas en inglés: *in situ* dry matter degradability) a 48 h de incubación ruminal⁽¹⁶⁾, utilizando la siguiente fórmula: {[Muestra incubada (g) - Residuo (g)]/Muestra incubada (g)}*100.

El contenido de energía bruta (EB kcal/kg DM) se determinó usando una bomba calorimétrica adiabática (Parr Oxygen Bomb Calorimeter, Parr Instrument Co. Inc., Moline, IL.), estandarizada con ácido benzoico. Los valores de EB en muestras de los pastos, tomadas antes y después de 48 h de incubación ruminal, se usaron para estimar el contenido de energía degradada en el rumen (EDeg, expresada en kcal kg⁻¹ MS), de acuerdo a la ecuación:

$$EDeg = \frac{[(MI \times EB \text{ de MI}) - (RM \times EB \text{ de RM})]}{MI}$$

Donde: MI, es la muestra incubada (g MS); RM, es el residuo de muestra después de Incubación (g MS); y EB = energía bruta (cal/g MS).

Tanzania, Guinea, Mombaza; and erect-type species of *Pennisetum*: Taiwan, King grass and Purple King grass. In each experimental plot, 1 m² subplots located within the two central furrows was cut down at 3, 6, 9 y 12 wk of regrowth. Fresh forage was weighed, and dried at 65 °C for 72 h in order to estimate dry matter yield (DMY).

Dried samples were ground on a Wiley #4 mill to pass a 1 mm screen. Duplicates of ground forage were analyzed for crude protein (CP) by the normal (macro) Kjeldahl procedure⁽¹⁴⁾, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL)⁽¹⁵⁾, using an ANKOM²⁰⁰⁰ Fiber Analyzer (Ankom Technology Corp., Macedon, NY). Concentrations of hemicellulose (NFD - ADF) and cellulose (ADF - Lig)⁽¹⁵⁾ were calculated. *In situ* DM disappearance after 48 h of ruminal incubation (ISDM), was also determined in triplicate on each of three fistulated cows⁽¹⁶⁾ after 48 h of ruminal incubation using the formula: {[Incubated sample (g) - Residue (g)]/Incubated sample (g)}*100.

Gross energy (GE, kcal/kg DM) content of oven-dried forage samples was determined using adiabatic bomb calorimeter (Parr Oxygen Bomb Calorimeter, Parr Instrument Co. Inc., Moline, IL.), using benzoic acid as standard. GE values of samples before and after 48 h of ruminal incubation, were used to estimate ruminal degradable energy content (DegE, expressed in kcal kg⁻¹ DM, using the following equation:

$$DegE = \frac{[(IS \times GE \text{ of MI}) - (RM \times GE \text{ of RM})]}{IS}$$

Where: IS, is incubated sample (g DM); RM, is residue of sample after incubation (g DM); y GE= Gross energy (cal/g DM).

Statistical analysis. Results of dry matter yield were analyzed for each cycle utilizing a randomized complete block experimental design, with three blocks (B) as replicates, in order to consider the effect of slope of the plot. Treatments were distributed in a split-plot arrangement, with grass (G) as main plot and

Análisis estadístico. Los resultados de RMS se analizaron por ciclo, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres bloques (B) como repeticiones, para considerar el efecto de la pendiente del terreno. Los tratamientos se distribuyeron en un arreglo de parcelas divididas, con la gramínea (G) como la parcela principal, y la edad de rebrote (A) como subparcela⁽¹⁷⁾, según el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_j + G_k + (B \cdot G)_{jk} + A_l + (G \cdot A)_{kl} + R_{ijkl}$$

Donde, B, G y A son los efectos principales para bloque, la gramínea (parcela principal), y la edad de rebrote (subparcela), respectivamente. La interacción B*G es el error en "a" empleado para probar los efectos de B y G; la interacción G*A indica si la respuesta a la edad de rebrote es la misma para cada pasto. R es el error en "b" usado para probar los efectos de A y G*A. Algunas de las variables de calidad del segundo ciclo (PC, FDN, FDA, LIG y DIS), fueron previamente reportadas⁽¹⁸⁾, sin embargo, aquí se presentan en un nuevo enfoque en conjunto con los ciclos primero y tercero.

También, se desarrollaron contrastes ortogonales para comparar géneros, y pastos dentro de géneros. En el caso de la degradabilidad *in situ* (DIS) de la energía, el efecto de bloque fue confundido con el efecto de las tres vacas usadas para la determinación *in situ*. El análisis de varianza se realizó con PROC GLM de SAS⁽¹⁹⁾. Los datos de RMS (y, kg/ha) se ajustaron a la ecuación exponencial $y = ae^{bx}$, donde "a" es la ordenada al origen que estima la cantidad de MS residual dejada después del corte de uniformización, "e" es la base de los logaritmos naturales y "bx" es la tasa relativa de crecimiento en kg MS/kg MS presente/día. A partir de ésta se calculó el tiempo medio para duplicar el rendimiento (SDR) como $\ln(2)/b$, en tanto que la pendiente se calculó como $b \cdot y$ ⁽²⁰⁾. El ajuste de los datos a los modelos se realizó con el software GraphPad Prism v5.04 para Windows (GraphPad Software, San Diego California USA)⁽²¹⁾. Para las restantes variables

age of regrowth (A) as subplot⁽¹⁷⁾, according to the following model:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_j + G_k + (B \cdot G)_{jk} + A_l + (G \cdot A)_{kl} + R_{ijkl}$$

Where, B, G and A are main effects for block, grass (main plot) and regrowth age (subplot), respectively. The interaction B*G is the error in "a", and indicates if the response of each genus is the same for each block; the interaction G*A indicates if the response to regrowth age is the same for each grass. R is the residual variation in "b", and is used to test effects of the subplot A and G*A. Some of the quality variables of the second cycle (CP, NDF, ADF, LIG and ISD) had been previously reported⁽¹⁸⁾, however they are presented here in a new approach together with the first and third cycles.

Orthogonal contrasts were also developed to compare genera, and grasses within genus. In the case of *in situ* degradability (ISD) of the energy, the effect of block was confounded with the effect of the three cows used for the *in situ* determination. The analysis of variance was performed with PROC GLM of SAS⁽¹⁹⁾. Values of DMY (y, kg/ha) were adjusted to the exponential equation $y = ae^{bx}$, where "a" estimates the amount of residual DM left after the standardization cut, "e" is the basis of natural logarithms and "bx" is the relative growth rate expressed as kg DM/kg DM present/day. From this value, average time needed to duplicate the yield was calculated as $\ln(2)/b$, whereas the slope was calculated as $b \cdot y$ ⁽²⁰⁾. Data adjustment to the models was made utilizing the GraphPad Prism v5.04 software for Windows (GraphPad Software, San Diego California USA)⁽²¹⁾. Analysis of variance for other variables was performed using SPSS program⁽²²⁾, and mean comparisons were done using Tukey test at $P=0.05$ level.

RESULTS

Dry matter yield (DMY)

Differences in DMY by genera of grasses is shown in Table 1, with highest ($P < 0.05$)

se empleó SPSS⁽²²⁾; las medias se compararon con la prueba de Tukey a $P=0.05$.

RESULTADOS

Rendimiento de materia seca (RMS)

El RMS por género de pastos, se muestra en el Cuadro 1. Estos difirieron en su producción ($P<0.05$), siendo más contrastantes *Brachiaria* y *Penisetum* en el primero ($P=0.0021$) y segundo ($P=0.0109$) ciclo. *Panicum* y *Pennisetum* fueron diferentes ($P=0.0331$) solamente en el primer ciclo. En el primer ciclo, los contrastes ortogonales para pastos dentro de géneros, indicaron que King grass (5,582 kg ha⁻¹) fue diferente ($P<0.05$) de Taiwán y de Purple King Grass (4,606 y 4,494 kg ha⁻¹). En el segundo y tercer ciclo el comportamiento fue similar. El RMS varió en el 2° ciclo, de 1,788 a 2,136, y en el tercero, de 893 a 1,889 kg ha⁻¹. En los tres periodos los pastos del género *Brachiaria* presentaron los menores RMS.

Los parámetros del modelo exponencial de crecimiento se presentan en el Cuadro 2. Para el género *Pennisetum* las ordenadas al origen (parámetro "a") tuvieron la variación más alta, desde 17.5 hasta 695.9 kg ha⁻¹ (ciclos 3 a 1). Las tasas relativas de crecimiento (parámetro "b") fueron menos variables, excepto *Pennisetum* spp (ciclo 3), que fue 2.5 veces superior a los demás valores. La variabilidad en "a" y "b" sugieren una interacción de acuerdo a la semana y el ciclo de crecimiento. El tiempo para duplicar el rendimiento (SDR), varió de 1.5 semanas (*Pennisetum* spp, ciclo 3) a 4.6 (*Brachiaria* spp, ciclo 2). Las tasas instantáneas de crecimiento (TC_{7.5}) a 7.5 semanas tuvieron alta variación: desde 127 kg ha⁻¹ semana⁻¹ (18.1 kg ha⁻¹ día⁻¹) en *Panicum* spp (ciclo 3), hasta 873 kg ha⁻¹ semana⁻¹ (124.7 kg ha⁻¹ día⁻¹) en *Pennisetum* spp (ciclo 1). La R² varió de 0.46 a 0.85, y la prueba de F indicó alta significancia ($P<0.0001$) en todos los casos.

Composición química

El Cuadro 3 presenta los promedios para las variables de calidad evaluadas. Purple King grass

differences between *Brachiaria* y *Penisetum* in the first ($P=0.0021$) and in the second ($P=0.0109$) cycle. *Panicum* y *Pennisetum* were different only in the first cycle ($P=0.0331$). During the first cycle, orthogonal contrasts for grasses among genera indicated that King grass (5,582 kg ha⁻¹) was different ($P<0.05$) from Taiwan and Purple King Grass (4,606 y 4,494 kg ha⁻¹). During the second and third cycles, DMY was similar ($P>0.05$). DMY varied in the second cycle from 1,788 until 2,136, and in the third cycle, from 893 until 1,889 kg ha⁻¹. During the three periods grasses of genus *Brachiaria* showed the lowest DMY.

Parameters of the growth exponential model are shown in Table 2. For genus *Pennisetum* the parameter "a" had the highest variation, with values ranging from 17.5 to 695.9 kg ha⁻¹ (cycles 3 to 1, respectively). The relative growth rates (parameter "b") were less variable, excepting *Pennisetum* spp (cycle 3) whose value was 2.5 times higher than other values. Variabilities in "a" and "b" suggest an interaction according to the week and the growth cycle. The time to duplicate yield (DMY) varied from 1.5 wk (*Pennisetum* spp, cycle 3) to 4.6 wk (*Brachiaria* spp, cycle 2). Growth rates (TC_{7.5}) at 7.5 wk were highly variable: from 127 kg

Cuadro 1. Medias de rendimiento de materia seca por género, corregidas a 7.5 semanas de crecimiento

Table 1. Least square means of dry matter yield by grass and by genus, corrected to 7.5 weeks of regrowth

Evaluation cycle:	First	Second (kg ha ⁻¹)	Third
Group:			
<i>Brachiaria</i>	2334 ^b	1788	944
<i>Panicum</i>	2848 ^b	1997	893
<i>Pennisetum</i>	4894 ^a	2136	1889
SE	203	295	279
P	0.0016	0.6875	0.1040

SE =Standard error; P= Calculated probability.

^{ab} Values of genus with distinct letters are different ($P<0.001$).

Cuadro 2. Respuesta exponencial tipo $y = ae^{bx}$, del rendimiento de materia seca (y , kg ha⁻¹) al avance en edad de rebrote (x , semanas) en tres géneros de gramíneas

Table 2. Exponential response type $y = ae^{bx}$, for dry matter yield (y , kg ha⁻¹) according to an increase in regrowth age (x , weeks) in three genera of tropical grasses

Cycle	Genus	DF	Parameters		Derived variables		Goodness of fit	
			a	b	SDR	TC _{7.5}	R ²	Sy,x
1	<i>Brachiaria</i> spp	46	426.2	0.200	3.5	383	0.76	898.0
	<i>Panicum</i> spp	34	605.5	0.185	3.7	451	0.61	1539.0
	<i>Pennisetum</i> spp	34	695.9	0.228	3.0	873	0.71	2489.0
2	<i>Brachiaria</i> spp	46	519.4	0.149	4.6	238	0.70	589.6
	<i>Panicum</i> spp	34	316.0	0.213	3.3	331	0.85	548.6
	<i>Pennisetum</i> spp	34	231.3	0.251	2.8	383	0.63	1252.0
3	<i>Brachiaria</i> spp	46	188.2	0.188	3.7	145	0.60	454.5
	<i>Panicum</i> spp	34	219.8	0.166	4.2	127	0.67	334.8
	<i>Pennisetum</i> spp	34	17.52	0.473	1.5	289	0.46	2084.0

DF= Degrees of freedom of the residual. The parameters of the exponential equation are: 'a', intercept; 'b', relative growth rate kg/kg/wk. The derivate variables are: 'SDR', weeks to duplicate the yield and TC_{7.5}, slope of the curve or relative growth rate at 7.5 wk of age in kg/ha/wk. The goodness of fit: 'R²', determination coefficient; Sy,x, standard deviation of the nonlinear regression.

mostró los valores más bajos ($P < 0.01$) de FDN y hemicelulosa, pero Chetumal y Guinea los más altos para FDN; y Chetumal el valor más alto para hemicelulosa. *Panicum* y *Pennisetum* mostraron las mayores concentraciones de PC ($> 10\%$). Aunque la degradabilidad *in situ* de la materia seca fue similar dentro de géneros, los pastos de *Panicum* presentaron los valores más bajos, en promedio 67.1 %.

El Cuadro 4 presenta la composición química para los géneros evaluados. *Brachiaria* mostró el valor más bajo de FDA (ciclo 1). Por edades, este valor se incrementó conforme avanzó el tiempo. También, los ciclos 2 y 3 registraron una interacción género x edad de crecimiento ($P < 0.05$). En el primer ciclo, la concentración de lignina fue similar entre géneros y entre edades de corte, a diferencia de los ciclos restantes. Los ciclos 2 y 3 mostraron una interacción género x edad ($P < 0.05$). Respecto a hemicelulosa, su contenido en *Brachiaria* (ciclos 1 y 2) fue mayor que en *Pennisetum* ($P < 0.05$), con una interacción género x edad ($P < 0.05$) en el ciclo 3. A 12 semanas, los contenidos en los tres géneros fueron similares. La concentración de celulosa fue mayor en

ha⁻¹ wk⁻¹ (18.1 kg ha⁻¹ d⁻¹) for *Panicum* spp (cycle 3), until 873 kg ha⁻¹ wk⁻¹ (124.7 kg ha⁻¹ d⁻¹) for *Pennisetum* spp (cycle 1). Determination coefficient R² varied from 0.46 to 0.85, and F Test was highly significant ($P < 0.0001$) in all the cases.

Chemical composition

Table 3 shows means for the evaluated quality variables. Purple King grass had the lowest values ($P < 0.01$) of NDF and hemicellulose, although Chetumal and Guinea had the highest values for NDF; and Chetumal had the highest value for hemicellulose. *Panicum* and *Pennisetum* showed the highest CP concentrations ($> 10\%$). Even though *in situ* dry matter degradability was similar among genera, grasses of genus *Panicum* showed the lowest values, in average 67.1 %.

Table 4 shows that *Brachiaria* had the lowest value for ADF (cycle 1). Among ages of regrowth, this value increased according to the time. Cycles 2 and 3 also showed a genus x age of regrowth interaction ($P < 0.05$). In the first cycle, lignin concentration was similar among genera and among ages of regrowth,

Cuadro 3. Composición nutricional de diez pastos tropicales en un clima cálido húmedo en Veracruz, México (%)

Table 3. Nutritional composition of ten tropical grasses in a hot and humid climate in Veracruz, Mexico (%)

Genus grass	NDF	ADF	Lig	Hemi	Cel	CP	ISDMD,	EDeg, %	EDeg, cal
Brachiaria:									
Insurgente	71.1 ab	42.8	8.2	28.3 bc	34.6	8.9 c	70.0	56.3	2140
Mulato	69.9 ab	41.4	8.6	28.5 bc	32.8	8.4 c	71.6	55.8	2084
Chetumal	75.4 a	43.1	7.5	32.3 a	35.6	9.1 b	68.7	53.0	2050
Chontalpo	72.1 ab	42.0	8.3	30.1 ab	33.7	8.6 c	71.0	56.5	2168
Panicum:									
Tanzania	72.6 ab	44.9	8.5	27.6 bcd	35.5	10.6 ab	68.4	50.3	1879
Guinea	73.7 a	47.1	9.3	26.6 bcde	37.7	10.3 ab	65.3	50.0	1938
Mombasa	72.7 ab	45.3	9.3	27.4 bcd	36.1	10.2 ab	67.7	51.9	1933
Pennisetum:									
Taiwan	79.5 ab	44.5	8.8	25.0 cde	35.7	11.0 a	72.1	59.9	2198
Cuban KG	70.3 ab	44.5	9.4	24.7 de	36.1	10.2 ab	73.5	59.6	2149
Purple KG	66.7 b	43.2	9.0	23.6 e	34.2	11.3 a	73.9	54.9	1951

NDF= neutral detergent fiber; ADF= acid detergent fiber; Lig= lignin; Hemi= hemicellulose; Cel= cellulose; CP= crude protein; ISDMD= *in situ* dry matter digestibility; EDeg,%= ruminal *in situ* degradable energy expressed as proportion of the incubated energy. EDeg, cal= expressed as calorie.

abcde Means with different letter in a column by each genus, are significant ($P<0.0001$).

Cuadro 4. Comparación de medias entre géneros y edades de crecimiento para características de composición química (%) de tres géneros de pastos tropicales cultivados en condiciones de clima cálido y húmedo

Table 4. Comparison of means among genera and regrowth ages for characteristics of chemical composition (%) of three genera of tropical grasses cultivated in conditions of hot and humid climate in Veracruz, Mexico

	Genus			SEM	P	Regrowth ages (weeks)				SEM	P	Interaction	
	Brach	Pani	Penni			3	6	9	12			SEM	P
First Cycle													
NDF	71.9 ab	73.9 a	69.8 b	0.793	0.005	64.4 c	70.2 b	74.5 a	78.4 a	0.793	0.0001	1.585	0.818
ADF	41.3 b	44.7 a	43.3 ab	0.634	0.001	33.8 c	42.8 b	45.1 b	50.6 a	0.7	0.0001	1.267	0.614
LIG	8.9 a	8.6 a	9.5 a	0.404	0.279	9.3 a	9.7 a	8.1 a	9.0 a	0.447	0.097	0.809	0.086
Hemi	30.7 a	29.2 a	26.5 b	0.51	0.0001	30.6 a	27.4 b	29.4 ab	27.8 b	0.564	0.001	1.020	0.205
Cel	32.4 b	36.0 a	33.8 ab	0.68	0.002	24.5 d	33.1 c	37.1 b	41.5 a	0.752	0.0001	1.360	0.756
CP	9.8 a	11.4 a	11.3 a	0.88	0.337	13.2 a	12.7 a	8.6 b	8.3 b	0.638	0.001	1.158	0.149
Second cycle													
NDF	72.9 a	73.8 a	68.2 b	0.776	0.0001	69.8 b	68.8 b	71.6 b	76.3 a	0.858	0.0001	1.552	0.823
ADF	42.8 b	47.5 a	44.0 b	0.431	0.0001	41.3 c	41.0 c	44.6 b	52.1 a	0.476	0.0001	0.862	0.003
LIG	6.7 b	8.4 a	7.7 ab	0.236	0.0001	7.0 b	7.2 b	7.1 b	8.9 a	0.261	0.0001	0.472	0.004
Hemi	30.1 a	26.4 b	24.2 b	0.659	0.0001	28.5 a	27.8 ab	27.0 ab	24.2 b	0.728	0.002	1.317	0.278
Cel	36.1 b	39.1 a	36.4 b	0.378	0.0001	34.3 c	33.8 c	37.4 b	43.2 a	0.418	0.0001	0.756	0.216
CP	7.6 c	8.7 b	9.6 a	0.274	0.003	9.8 a	9.7 a	8.7 b	6.0 c	0.270	0.001	0.508	0.054
Third cycle													
NDF	71.5 a	71.3 a	68.5 a	0.945	0.063	69.6 ab	67.3 b	71.0 ab	73.8 a	1.044	0.001	1.889	0.825
ADF	42.9 a	45.3 a	45.9 a	0.727	0.011	45.4 a	39.7 b	46.7 a	47.0 a	0.804	0.0001	1.455	0.032
LIG	8.9 a	10.1 a	10.0 a	0.320	0.009	8.3 b	8.1 b	11.4 a	10.9 a	0.354	0.0001	0.640	0.029
Hemi	28.6 a	26.0 a	22.6 b	0.751	0.0001	24.2 a	27.6 a	24.3 a	26.9 a	0.830	0.012	1.501	0.034
Cel	34.1 a	35.1 a	35.9 a	0.673	0.142	37.1 a	31.6 b	35.3 a	36.1 a	0.744	0.0001	1.346	0.423
CP	8.9 b	11.9 a	11.2 a	0.394	0.001	12.5 a	12.4 a	10.8 b	6.4 c	0.431	0.001	0.787	0.003

Brach= Brachiaria, Pani= Panicum, Penni= Pennisetum; SEM= standard error of the mean; NDF= neutral detergent fiber; ADF= acid detergent fiber; Lig= lignin; Hemi= hemicellulose; Cel= cellulose; CP= crude protein; P= probability of error $P>F$.

abc Means in a row with similar letter are not different ($P<0.05$).

Panicum (ciclos 1 y 2) que en los géneros restantes; mientras que por edades, la concentración fue mayor ($P<0.05$) a las 12 semanas en los ciclos 1 y 2. En el ciclo 3 el promedio a 6 semanas fue mayor ($P<0.05$). El valor de PC, varió de 7.6 a 11.9 % entre géneros; con diferencias significativas en los ciclos 2 y 3 ($P<0.001$). Por edades, la concentración fue también significativa ($P<0.001$) en los tres ciclos, con una caída en sus valores, de la semana 3 a la 12. Los valores más bajos se registraron en el segundo ciclo, tanto por género, como por edades.

Degradación in situ de la materia seca y de la energía

En los ciclos 1 y 2, la degradabilidad *in situ* de materia seca de los pastos del género *Panicum* fue menor ($P<0.0001$) a la de los pastos de *Brachiaria* y *Pennisetum* (Cuadro 5). Esta variable disminuyó, de forma significativa ($P<0.0001$), en los tres ciclos, conforme avanzó la edad al corte. La degradabilidad de las muestras cosechadas a tres semanas de edad fue mayor (81.0 %; $P<0.05$) a la de los pastos cortados a 12 semanas (67.0 %); en el segundo y tercer ciclo hubo una interacción significativa género x edad.

Los valores calóricos de las muestras pre-incubadas, mostraron diferencias significativas por género en los tres ciclos evaluados ($P<0.003$). El género *Pennisetum* mostró los valores más bajos, promediando 3,608 kcal kg⁻¹ MS, en comparación con *Brachiaria* y *Panicum* que promediaron 3,802 y 3,757 kcal kg⁻¹ MS, respectivamente. Por edades, solo en el segundo ciclo se encontraron diferencias significativas ($P<0.016$). La energía calórica post-incubación, fue estadísticamente significativa sólo en el segundo ciclo, para géneros, edades y su interacción.

La degradabilidad de la energía (kcal kg⁻¹ MS) en el rumen, fue mayor para *Panicum* en el segundo ciclo y diferente por edades al corte en segundo y tercer ciclo ($P<0.0001$). En el segundo ciclo, el pasto cortado a las 3 semanas

but this was different in the other two ones. Cycles 2 and 3 showed a genus x age interaction ($P<0.05$). Regarding hemicellulose, its content in *Brachiaria* (cycles 1 and 2) was higher than in *Pennisetum* ($P<0.05$), but in cycle 3 there was a genus x age interaction ($P<0.05$). At 12 wk, the content of hemicellulose was similar for all three genera. The concentration of cellulose was higher for *Panicum* (cycles 1 and 2) than for the other genera; whereas regarding ages, the concentration of cellulose was higher ($P<0.05$) at 12 wk in the cycles 1 and 2, but in cycle 3, the average value of cellulose at 6 wk was higher ($P<0.05$). Content of CP varied among genera from 7.6 to 11.9 %; with significant differences in cycles 2 and 3 ($P<0.001$). For ages, the concentration of CP was also statistically significant ($P<0.001$) in all the three cycles, with a reduction in the values from wk 3 to wk 12. Low values of CP were registered in the second cycle, by genera and by ages.

In situ degradation of dry matter and energy

In cycles 1 and 2, the *in situ* degradability of dry matter of grasses of genus *Panicum* was less ($P<0.0001$) than those of grasses *Brachiaria* and *Pennisetum* (Table 5). This variable decreased ($P<0.0001$), in all the three cycles, along with an increase in age at harvest. The degradability of samples harvested at 3 wk was higher (81.0 %; $P<0.05$) than when grasses were cut at 12 wk (67.0 %). For second and third cycle, there was a significant genus x age interaction.

GE content of the samples before ruminal incubation showed significant differences among genera in the three evaluated cycles ($P<0.003$). Genus *Pennisetum* had the lowest values, averaging 3,608 kcal kg⁻¹ DM, compared to *Brachiaria* and *Panicum*, which averaged 3,802 y 3,757 kcal kg⁻¹ DM, respectively. By ages, only in the second cycle there were significant differences ($P<0.016$). The GE values of samples after the ruminal incubation was statistically significant only in the second cycle, for genera, ages and its interaction.

Cuadro 5. Energía bruta (GE, kcal kg⁻¹ DM) pre- y postincubación, degradación ruminal (ISDMD, %) y energía degradada (DegE, % y cal) de diez pastos tropicales agrupados por género, y edad de rebrote

Table 5. Gross energy (GE, kcal kg⁻¹ DM) before and after incubation, *in situ* ruminal dry matter degradability (ISDMD, %) and degradable energy (DegE, % and cal) of ten tropical grasses grouped by genus, and regrowth ages

	Genus			SEM	P	Regrowth ages (weeks)				SEM	P	Interaction	
	Brach	Pani	Penni			3	6	9	12			SEM	P
First cycle													
GEpre	3779 a	3753 a	3604 b	31.8	0.001	3742 a	3714 a	3731 a	3661 a	35.1	0.378	63.46	0.670
GEpost	7213 a	6341 a	6675 a	357.0	0.318	7598 a	6548 a	6978 a	6268 a	488.9	0.222	757.4	0.499
ISDMD	74.2 a	63.4 b	76.1 a	1.641	0.0001	81.0 a	73.3 ab	69.5 b	67.0 b	75.14	0.002	2.631	0.339
ResDM	25.8 b	36.6 a	23.9 b	1.641	0.0001	19.0 b	26.7 ab	30.5 a	33.0 a	1.641	0.002	3.222	0.339
DegE,%	51.5 ab	39.6 b	55.4 a	4.213	0.098	61.8 a	53.0 a	43.0 a	44.9 a	5.341	0.109	5.341	0.191
DegE,cal	1953 a	1468 a	2002 a	156.26	0.126	2309 a	1957 a	1607 a	1639 a	156.3	0.094	156.3	0.277
Second cycle													
GEpre	3900 a	3836 a	3671 b	28.01	0.0001	3883 a	3733 b	3783 ab	3810 ab	3798	0.016	56.03	0.432
GEpost	3942 a	3914 a	3762 b	24.36	0.0001	3879 a	3786 a	3841 b	3984 ab	26.93	0.0001	48.72	0.019
ISDMD	65.1 b	59.7 c	69.3 a	0.647	0.0001	68.5 a	70.0 a	66.6 a	53.8 b	68.04	0.0001	1.295	0.014
ResDM	34.9 b	40.3 a	31.0 c	0.647	0.0001	31.5 b	30.0 b	33.4 b	46.2 a	0.716	0.0001	1.295	0.014
DegE,%	64.6 b	58.8 c	68.4 a	0.686	0.0001	68.5 a	69.5 a	66.0 a	51.7 b	67.42	0.0001	1.371	0.011
DegE,cal	2519 a	2255 b	2498 a	31.79	0.0001	2658 a	2592 ab	2478 b	1967 c	35.14	0.0001	63.57	0.027
Third cycle													
GEpre	3727 a	3681 ab	3550 b	35.54	0.003	3648 a	3587 a	3717 a	3661 a	39.29	0.162	71.09	0.801
GEpost	6592 a	6767 a	6723 a	262.6	0.86	7193 a	6885 a	6520 a	6179 a	297.6	0.085	606.6	0.115
ISDMD	71.7 a	73.8 a	73.3 a	1.242	0.425	70.0 bc	76.2 ab	77.9 a	67.7 c	1.493	0.0001	3.043	0.006
ResDM	28.3 a	26.2 a	26.7 a	1.242	0.425	30.0 ab	23.8 bc	22.1 c	32.3 a	1.493	0.0001	3.043	0.006
DegE,%	49.2 a	52.1 a	49.3 a	2.912	0.714	40.1 b	54.1 ab	61.0 a	45.5 ab	3.299	0.001	6.724	0.071
DegE,cal	1831 a	1928 a	1759 a	114.13	0.585	1470 b	1939 ab	2276 a	1672 b	129.3	0.001	263.57	0.136

Brach= *Brachiaria*; Pani= *Panicum*; Penni= *Pennisetum*; SEM= standard error of mean; P= significance P>F; GEpre= gross energy before incubation; GEpost= gross energy post incubation, ISDMD= *in situ* ruminal dry matter degradability (%); ResDM= residual dry matter, DegE,%= degradable energy expressed in terms of %. DegE,cal= degradable energy expressed in terms of calories (cal).

abc Means in a row with same letter are not different (P<0.05).

mostró un mayor contenido de energía degradable en el rumen (2,658 kcal kg⁻¹ MS) que en las otras edades (P=0.001). En el tercer ciclo, el pasto cortado a las 9 semanas tuvo un contenido de energía degradable en el rumen (2,276 kcal kg⁻¹ MS; P<0.001) mayor al de las otras edades al corte.

DISCUSIÓN

Rendimiento de materia seca

En los trópicos, la estacionalidad en el crecimiento de los forrajes conduce a fluctuaciones en producción⁽²³⁾ y calidad a través del año. En este estudio, los pastos del género *Pennisetum* (hábito erecto), fueron diferentes a los pastos de *Brachiaria* y *Panicum*. Resultados similares fueron obtenidos por Valerio et al⁽²⁴⁾ quienes mencionan que las especies

Ruminal energy degradability (kcal kg⁻¹ DM) was higher for *Panicum* in the second cycle, and was different by ages of harvesting during the second and the third cycles (P<0.0001). In the second cycle, grass harvested at 3 wk had a higher content of ruminal degradable energy (2,658 kcal kg⁻¹ DM) than in other ages (P=0.001). In the third cycle, grass harvested at 9 wk had a higher ruminal degradable energy content (2,276 kcal kg⁻¹ DM; P<0.001), than in others harvest ages.

DISCUSSION

Dry matter yield

The seasonality of forage production, a common fact under tropical conditions, leads to fluctuations in the production⁽²³⁾ and quality of forage throughout the year. In the present study, grasses of Genus *Pennisetum*, (erect growth

erectas Merkeron, Tanzania y Guinea, tuvieron mejores datos productivos que las gramíneas decumbentes *B. humidicola*, *Cynodon* spp y *Digitaria* spp, debido a que las primeras acumulan mayor cantidad de forraje, en función de una mayor altura y área foliar.

En el estado de Guerrero, México⁽²⁵⁾ encontraron interacciones significativas de especie x edad de corte, en seis cultivares de *Brachiaria* spp (Toledo, Insurgente, Señal, HBA-4062, HBA-2094, Mulato) y dos de *Panicum* (Tanzania y Mombasa), así como edades al corte desde 3 hasta 12 semanas ($P < 0.01$), teniendo Tanzania y Mombasa, rendimientos mayores a los del género *Brachiaria*. En el presente trabajo, durante el primer ciclo (época menos lluviosa), *Pennisetum* mostró un rendimiento mayor respecto de los otros géneros.

En este estudio, el modelo de crecimiento exponencial describió apropiadamente el aumento cuantitativo en biomasa aérea a través del tiempo. La ordenada al origen positiva determinada por el modelo, es un estimador del residuo de biomasa dejado después del corte de uniformización (semana = 0) al inicio de cada ciclo de corte. El parámetro "c" estima la eficiencia con la cual la materia seca presente produce más materia seca, pronosticando en este caso, que por cada kilo de MS presente se produjeron entre 149 y 473 g de nueva biomasa por semana, lo cual llevó a tener tiempos de 1.5 a 4.6 semanas para duplicar la cosecha de forraje. La tasa de crecimiento ($\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) es la tangente de la curva en un punto dado de la misma, que arrojó valores desde 127 a 873 $\text{kg ha}^{-1} \text{ semana}^{-1}$, equivalentes a 18.1 y 124.7 $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Estas cifras superan a las tasas de crecimiento obtenidas previamente en el mismo Centro Experimental para varias gramíneas cultivadas en parcelas pequeñas, cuyos valores (medias de 4 años) fluctuaron de 24.6 a 52.1 $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ⁽²⁶⁾, y son muy superiores a las obtenidas en el mismo lugar con pastos nativos en pastoreo rotacional intensivo, con promedio anual de $13.7 \pm 12.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ⁽²⁷⁾. Se considera que las

habit), were different compared with species of *Brachiaria* and *Panicum*. Similar facts were observed by Valerio *et al*⁽²⁴⁾. They found that erect-type growing grass species Merkeron grass, Tanzania and Guinea grass, performed better than decumbent ones (*B. humidicola*, *Cynodon* spp and *Digitaria* spp), since erect-type grasses accumulate more forage, as a function of a higher size and leaves area.

In the state of Guerrero, Mexico, Peralta *et al*⁽²⁵⁾ found significant grass species x age of regrowth interactions in six cultivars of *Brachiaria* spp (Toledo, Insurgente, Señal, HBA-4062, HBA-2094, Mulato) and two of *Panicum* (Tanzania and Mombasa), and in regrowth ages of 3 to 12 wk ($P < 0.01$). They mentioned that, cultivars Tanzania and Mombasa had higher yields than those achieved by *Brachiaria*. In the present study, in the first cycle (dry season), *Pennisetum* yielded more DM than the other grass.

The exponential growth model described properly the quantitative increase in aerial biomass throughout the time. The positive intersection determined by the model is an estimator of the biomass residue left after the standardization cut (week = 0) at the beginning of each cycle. Parameter "c" estimates the efficiency by which the present dry matter produces more dry matter. This parameter predicts that for every kilo of DM present produced between 149 and 473 g of new biomass per week. This means that between 1.5 and 4.6 wk are needed in order to duplicate the amount of grass harvested. Growth rate ($\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) is the tangent of the curve in a determined point, which resulted in values varying from 127 to 873 $\text{kg ha}^{-1} \text{ wk}^{-1}$, equivalent to 18.1 and 124.7 $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Table 2). These estimates of growth rates are higher than those measured in the same Experimental Station in several grasses cultivated in small plots, whose values (average of 4 yr) varied from 24.6 to 52.1 $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ⁽²⁶⁾, and are clearly higher than those obtained in the same place for native grasses in intensive rotational grazing, with

diferencias en crecimiento entre parcelas pequeñas y potreros se deben a microambientes creados por los distintos manejos que reciben las plantas, provocado por el apacentamiento mismo de los animales. En este trabajo, el género *Pennisetum* spp, fue superior en crecimiento en el ciclo 3, con tasa de crecimiento instantáneo a 7.5 semanas, de 873 kg ha⁻¹ semana⁻¹, 2.5 veces superior al promedio de las demás. La capacidad de las especies de este género para producir grandes cantidades de forraje ha sido verificada en estudios realizados en el trópico mexicano⁽²⁸⁾ y del mundo⁽²⁹⁾.

Los rendimientos de MS para los tres ciclos de evaluación, variaron entre 13.9 y 29.8 t MS ha⁻¹. Los valores fueron 15.4 (*Brachiaria*), 18.7 (*Panicum*) y 35.5 (*Pennisetum*) t MS ha⁻¹. En Brasil⁽³⁰⁾ reportaron producciones de entre 43.2 y 66.4 t MS ha⁻¹ para tres pastos del género *Brachiaria* (*B. decumbens*, cv Basilisk; *B. brizantha*, cv Marandu; *B. brizantha*, cv Xaraes) y dos pastos de *Panicum* (*P. maximum*, cv Mombasa; *P. maximum*, cv Tanzania), cosechados cada 30 días durante 10 meses, aplicando 45 y 80 kg ha⁻¹ de N y KCl, después de cada corte, y con irrigación. En Tailandia⁽²⁹⁾ reportaron diferencias significativas entre los cultivares de *Pennisetum*: Napier, Merkeron, Tangashima, Dwarf Napier y Taiwan A-25, que produjeron, en ese orden: 31.3, 28.0, 30.3, 26.1 y 26.1 t MS ha⁻¹, rendimientos similares a los aquí obtenidos, para Taiwan, pero menores para Cuban King grass y Purple King grass, que registraron, 29.8, 41.4 y 35.5 t MS ha⁻¹, respectivamente.

Composición química

El contenido de FDN de *Brachiaria* y *Panicum* (71.5 a 73.9 %), fue superior al de *Pennisetum* (68.2 a 69.8 %). Hare et al^(31,32), informaron que el FDN de pastos del género *Brachiaria* (cultivares Mulato II, Cayman y la línea BRO2/1794), y de *Panicum* (Mombasa y Tanzania), fertilizados con NPK, evaluados a 4, 6, 9 y 12 semanas variaron entre 51.9 a 63.3 y 62.3 a

yearly average of 13.7 ± 12.8 kg⁽²⁷⁾. It is considered that growth differences between plants in small plots and grasslands are due to microenvironments originated by the different managements that are applied to the plants as a consequence of the grazing activity of the animals. In the present work, the genus *Pennisetum* spp, showed the highest growth during cycle 3, with growth rate at 7.5 wk, of 873 kg ha⁻¹ wk⁻¹, 2.5 times superior than the average of all other genera. The capacity of the species of this genus to produce huge quantities of forage has been verified in studies realized in the tropics of Mexico⁽²⁸⁾ and in the world⁽²⁹⁾.

Considering the dry matter yields for the three evaluation cycles (Table 2), mean annual yields ranged from 13.9 to 29.8 DM t ha⁻¹. Averages by genus were: 15.4 (*Brachiaria*), 18.7 (*Panicum*) and 35.5 (*Pennisetum*) DM t ha⁻¹. In Brazil, Aparecida et al⁽³⁰⁾ reported a range of 43.2 to 66.4 DM t ha⁻¹. For three grasses of genus *Brachiaria* grasses (*B. decumbens*, cv Basilisk; *B. brizantha*, cv Marandu; *B. brizantha*, cv Xaraes) and two *Panicum* grasses (*P. maximum*, cv Mombasa; *P. maximum*, cv Tanzania), harvested monthly during 10 mo, with application of 45 and 80 kg ha⁻¹ of N and KCl, respectively, after every harvest, and irrigation when needed. In Thailand⁽²⁹⁾ reported significant differences between *Pennisetum* cultivars, Napier (31.3 DM t ha⁻¹), Merkeron (28.0 DM t ha⁻¹) and Tangashima (30.3 DM t ha⁻¹) on the one side, and Dwarf Napier (26.1 DM t ha⁻¹) and Taiwan A-25 (26.1 DM t ha⁻¹). These findings agree with results of the present study for annual dry matter for Taiwan, but were lower for Cuban King grass and for Purple King grass, with values of 29.8, 41.4 and 35.5 DM t ha⁻¹, respectively.

Chemical composition

Content of NDF for *Brachiaria* and *Panicum* (71.5 to 73.9 %), was higher than for *Pennisetum* (68.2 to 69.8 %). Hare et al^(31,32), reported that, NDF of *Brachiaria* (cultivares Mulato II,

68.0 %, respectivamente. En el presente estudio, el contenido de FDN se incrementó de la semana 3 a 12 en: 21.7, 9.3 y 6.0 %, en los ciclos 1 a 3. Esta variación es menor, respecto de los materiales evaluados por los autores citados previamente^(31,32).

El mayor contenido de FDA registrado en el segundo y tercer ciclo, se debieron a que en esos periodos, los tallos entran en una etapa con una mayor proporción de tejido estructural, alto en fibra. Hare *et al*^(31,32) reportaron valores de FDA menores a los del presente estudio para pastos *Brachiaria* (26.2 a 31.6 %) y *Panicum* (34.6 a 40.1 %); y probablemente las diferencias se debieron a la aplicación de fertilizante en el experimento citado.

El contenido más bajo de lignina se registró en el segundo ciclo, asociado a temperaturas más bajas (18.1 a 29.6 °C) y precipitación de 1,025 mm. Sin embargo, esos bajos valores son mayores que los reportados por Euclides *et al*⁽³³⁾, para tres cultivares de *Brachiaria brizantha* (Marandú, Piatá y Xaraes), que promediaron 3.35 %, con diferencias en lignina en hojas (3.2 a 3.6 %) y en tallos (4.6 a 5.9 %). Los pastos cortados a edades tempranas mostraron altos valores de calidad, porque en esta fase de crecimiento, el efecto del clima no influye significativamente en la calidad de la planta⁽³⁴⁾. Se han mencionado⁽³⁵⁾ contenidos de lignina menores a los del presente trabajo (entre 2.7 y 4.6 %) para tres cultivares de *Brachiaria* (líneas 3401, 3413 y 3451) y una de *P. maximum* (línea 3616), a 3, 6 y 9 semanas de crecimiento. Para hemicelulosa, encontraron valores mayores (27.9 a 33.7 %) a los obtenidos en el presente trabajo (24.2 a 30.6 %) a las mismas edades de crecimiento. La concentración de celulosa de las muestras de *Panicum* se incrementó a mayor edad al corte, lo que se asocia con una disminución del valor nutricional.

El contenido de proteína cruda (PC) en pastos tropicales disminuye rápidamente al avanzar la madurez de la planta. En el presente trabajo, las altas concentraciones de PC de *Pennisetum*

Cayman and line BRO2/1794) and *Panicum* (Mombaza and Tanzania) grasses evaluated at 4, 6, 9 and 12 wk, and varied in ranges from 51.9 to 63.3 % and 62.3 to 68.0 %, respectively. In the present study, content of NDF increased by increasing cutting age from 3 to 12 wk, 21.7 % (first cycle), 9.3 % (second cycle) and 6.0 % (third cycle). This variation is less than that found by previously cited researchers^(31,32).

The highest ADF content registered in the second and third cycle, were probably due to the fact that stems are building a major proportion of structural tissue, high in fiber content. Hare *et al*^(31,32) reported lower values for ADF content on the dates *Brachiaria* (26.2 to 31.6 %) and *Panicum* (34.6 to 40.1 %) grasses; and probably differences were due, to fertilizer effect.

The lowest content of lignin was determined during the second cycle, which had the lowest temperatures, (18.1 to 29.6 °C); and 1,025 mm of rainfall. However even these low values, are still higher than those reported by others⁽³³⁾, for three *Brachiaria brizantha* cultivars (Marandú, Piatá and Xaraes), (average 3.35 %). Differences in lignin content were found between leaves (3.2 to 3.6 %) and stems (4.6 to 5.9 %) in these grasses. Pastures harvested at early ages, normally showed high quality values, because at this growth stage (vegetative stage), the effect of the climate is not still detrimental to plant quality⁽³⁴⁾. Rodrigues *et al*⁽³⁵⁾ reported lignin content lower than values reported in the present study (varying from 2.7 to 4.6 %) for three cultivars of *Brachiaria* (accessions 3,401, 3,413 and 3,451) and one *P. maximum* (3,616), at 3, 6 and 9 wk of regrowth. In the case of hemicellulose, they found values (27.9 to 33.7 %), higher than results of the present study (24.2 to 30.6 %) at same regrowth ages. Cellulose values of *Panicum* were increased, as expected, when regrowth age increased, thus, declining the forage quality.

In tropical pastures the crude protein content (CP) falls rapidly by advancing pasture maturity.

y *Panicum* disminuyeron conforme avanzó la edad de los pastos. En Brasil⁽³⁶⁾ reportaron para 24 genotipos de *P. maximum*, fertilizados (N y K: 250 y 207 kg ha⁻¹ año⁻¹), contenidos promedio de 15.7 y 13.5 % de PC para dos años. Estos valores ligeramente superiores a los del presente trabajo, se debieron a la fertilización aplicada. En Etiopía, se evaluó el efecto de la frecuencia de defoliación (60, 90, y 120 días) de pasto Napier (*P. purpureum*) y reportando contenidos de PC decrecientes desde 12.1 % (a los 60 días), hasta 8.0 % (a los 120 días)⁽³⁷⁾.

En Florida, en una evaluación con cultivares de Mulato II (*B. ruziziensis* clon 44-6 x *B. brizantha* cv Marandu) y Cayman (*Brachiaria* líneas híbridas BR02/1794 y BR02/1752) fertilizados con 144 kg N, y 112 kg K ha⁻¹, se tuvieron concentraciones decrecientes de PC (17.4, 14.2, y 11.8 %), a 2, 4 y 6 semanas de corte, respectivamente⁽³⁸⁾, estimando que la fertilización favoreció valores de PC mayores que los del presente trabajo.

Degradabilidad in situ de la materia seca (DIMS)

En el presente estudio, las muestras de *Pennisetum* registraron los valores más altos de DIMS en cada ciclo de evaluación. Estos valores disminuyeron a medida que se incrementó la edad al corte, a razón de 17.3, 21.5 y 3.3% en los ciclos 1, 2 y 3, respectivamente. En Indonesia (Sumatra Occidental, 2,289 mm anual) la DIMS de *B. decumbens*, *P. purpureum* y *A. compressus* a 72 h de incubación, durante las épocas de lluvia y seca fue de: 60.5 y 57.4 %, 63.3 y 63.5 %, y 58.3 y 57.6 %, respectivamente⁽³⁹⁾, siendo, estos valores, en general, más bajos a los aquí obtenidos, pero sin encontrar una explicación para esta diferencia. En Tabasco, México⁽⁴⁰⁾ reportaron que la estación y la edad de la planta (21, 28 y 35 días) afectaron la DIMS de *B. humidicola* después de 48 h de incubación. Los valores más altos se registraron en época seca (59.0), seguida de la estación lluviosa (57.3) e invierno (55.7). En el caso de la edad de la planta, la mayor DIMS se registró a 28 días

In this experiment, the high protein concentrations of *Pennisetum* and *Panicum* showed a reduction by increasing age of regrowth. In Brazil, Duarte et al⁽³⁶⁾ reported for 24 genotypes of *P. maximum*, fertilized with 250 and 207 kg/ha/yr of N and K, average contents of CP of 15.7 and 13.5 % for 2 yr. These values were slightly superior to the results of the present study, probably due to fertilizer. In Ethiopia, the effect of defoliation frequency (60, 90 and 120 d) of Napier grass (*P. purpureum*) was evaluated; these authors reported that CP concentration decreased from 12.1 (60 d) to 8.0 % (120 d)⁽³⁷⁾.

In Florida evaluating the cultivars Mulato II (*B. ruziziensis* clone 44-6 x *B. brizantha* cv Marandu) and Cayman (*Brachiaria* hybrids lines BR02/1794 and BR02/1752) fertilized with 144 kg N, and 112 kg K ha⁻¹, had decreasing CP content, (17.4, 14.2, and 11.8 %) were observed as regrowth interval increased from 2, to 4 and 6 wk, respectively⁽³⁸⁾, estimating that these values higher than those of the present study, could be probably due to fertilization.

In situ dry matter degradation (ISDMD)

In the present study, samples of *Pennisetum* had always higher ISDMD in each evaluation cycle. It decreased as the cutting age increased, in a proportion of 17.3, 21.5 and 3.3 %, at cycle 1 to 3, respectively. In Indonesia (West Sumatra, 2,289 mm year⁻¹), ISDMD of *B. decumbens*, *P. purpureum* and *A. compressus*, after 72 h of incubation during both, rainy and dry season was 60.5 and 57.4 %, 63.3 and 63.5 %, and 58.3 and 57.6 % respectively⁽³⁹⁾, being these values in general lower than the findings of the present experiment; however, there is not an explanation of this fact.

In Tabasco, México, Jimenez et al⁽⁴⁰⁾ reported that season and age (21, 28 and 35 d) of regrowth affected significantly the DM degradation of *B. humidicola* after 48 h of incubation. Highest values were detected during the dry season (59.0 %) followed by rain

(59.2), seguida del valor a 35 (56.8) y 21 (55.5) días. Estos resultados son menores a los encontrados en el presente trabajo, los cuales variaron de 81.0 a 53.8, en muestras de entre 3 y 12 semanas. Por épocas, el reporte de Jiménez *et al*⁽⁴⁰⁾ coincide con los resultados aquí presentados, en los que valores más altos correspondieron a los ciclos primero y tercero de menor precipitación (Cuadro 5).

Energía bruta (preincubación) y (postincubación)

El contenido de energía bruta fue mayor para los géneros *Brachiaria* y *Panicum*, que para *Pennisetum*. En el caso de las edades al corte, no se pudo identificar una tendencia clara de los valores. En el norte de Veracruz, México⁽⁴¹⁾ determinaron la energía bruta en las gramíneas *P. maximum* (Guinea), *P. maximum* (Tanzania), *Digitaria decumbens* (Pangola) y *Cynodon dactylon* (Bermuda), colectadas al inicio de la floración, resultando en 3,940, 3,930, 4,090 y 4,070 kcal kg⁻¹ MS, respectivamente.

Energía degradable en el rumen

En el primero y segundo ciclos de evaluación, *Pennisetum* mostró los valores más altos de energía degradada en el rumen (en términos porcentuales, o kcal kg⁻¹ de MS). En los dos primeros ciclos, se redujo la energía degradable en el rumen, al incrementar la edad del pasto. En Indonesia, se reportó un valor de 2.6 Mcal ED kg⁻¹ MS para muestras de *B. brizantha* en estado vegetativo (tejido en crecimiento), durante la estación de lluvias (1,800 mm anuales)⁽⁴²⁾, siendo este valor similar al registrado en el presente trabajo para muestras de género *Brachiaria* (2.52 Mcal kg⁻¹ DM) durante el segundo ciclo (época de lluvias). En la India, otros investigadores encontraron que la digestibilidad de la energía del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) declinó con la madurez, desde la época de lluvias hasta el verano (54.6 a 37.1 %)⁽⁴³⁾. Este comportamiento es similar al reportado en el presente trabajo para energía degradable en el rumen, cuyo valor más alto (64.0 %) se registró en la estación de lluvias;

(57.3 %) and winter (55.7 %) period. By regrowth age, they reported largest degradation at 28 d (59.2 %), followed by 21 (55.5 %) and 35 d (56.8 %). These results were lower than the values recorded for 3 to 12 wk, which varied from 81.0 to 53.8 %. Respect to cycle, report of Jiménez *et al*⁽⁴⁰⁾ agrees with the results of the present experiment, when also highest values of ISDMD were recorded during first and third cycles with low rainfall.

Gross energy (pre and post incubation)

In the present experiment, total gross energy content was higher for *Brachiaria* and *Panicum*, than for the *Pennisetum* grasses; however, not a clear trend was observed considering regrowth ages. In north of Veracruz, Mexico, Juárez-Reyes *et al*⁽⁴¹⁾ evaluated four representative tropical pastures, *P. maximum* (Guinea), *P. maximum* (var Tanzania), *Digitaria decumbens* (Pangola) and *Cynodon dactylon* (Bermuda), at beginning of flowering, and reported a gross energy content of 3,940, 3,930, 4,090 and 4,070 kcal kg⁻¹ DM, respectively.

Ruminal degradable energy

At first and second cycle of evaluation in the present study, *Pennisetum*, had the highest values of degraded energy, both in terms of percentage and of kcal kg⁻¹ de DM). During the two first cycles, a decreasing value of degraded energy was observed as age increased. In Indonesia, a value of 2.6 Mcal ED kg⁻¹ DM was reported for samples of *B. brizantha* (vegetative stage), evaluated during the rainy season (1,800 mm rain/yr)⁽⁴²⁾. This figure is close to the value for *Brachiaria* genus (2.52 Mcal kg⁻¹ DM) reported for the second cycle (rainy season). In India other researchers found that digestibility of gross energy of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*), declined with maturity, from monsoon (rainy season) to summer (54.6 to 37.1 %)⁽⁴³⁾. This performance is similar to the results of the present study for ruminal degradable energy, where the highest value (64.0 %) was recorded during the rainy season, and lower values were registered during

en tanto, valores menores se obtuvieron durante el primero (49.9 %) y el tercero (50.1 %), ambos con menos precipitación.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El modelo de crecimiento exponencial que describió el rendimiento forrajero en función del tiempo, identificó el género *Pennisetum* spp como el más productivo, presentando este género, junto con *Brachiaria* los valores más altos de PC, en un rango de 10.2 a 11.3 %, a los de otros pastos tropicales (7 a 9 %). La degradabilidad *in situ* de la materia seca se considera satisfactoria para los materiales evaluados. Se sugiere que el manejo más apropiado bajo pastoreo para estos géneros es utilizarlos entre 6 y 9 semanas de edad. Por otra parte, las mejores condiciones de crecimiento y calidad para los géneros en estudio se presentaron cuando la precipitación osciló entre 200 a 350 mm.

AGRADECIMIENTOS

A los Programas PAPIIT y PASPA, de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, de la Universidad Nacional Autónoma de México. El primero apoyó al proyecto IN213910 *Potencial forrajero de gramíneas introducidas en un clima cálido húmedo del estado de Veracruz*, responsabilidad del segundo autor. El segundo financió la estancia sabática del primer autor en la Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, en 2014. Lucía R. Lozano Caro y Nydia Vázquez Aguilar apoyaron en el laboratorio.

LITERATURA CITADA

1. Améndola R, Castillo E, Martínez PA. Capítulo: México Pasture/Forage Resource Profile. Grassland and Pasture Crops Group. FAO, Rome. 2005. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/mexico/mexico.html>. pdf. Accessed Aug 13, 2014.

the first (49.9 %) and third (50.1 %) cycles, both with dry conditions.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The exponential growth model that described the dry matter yield of forage in terms of time, identified the genus *Pennisetum* spp as the most productive one. *Pennisetum* and *Brachiaria* had better values of crude protein, varying in a range of 10.2 a 11.3 %, than the other tropical grasses (7 a 9 %). The *in situ* dry matter degradability is in general satisfactory for the evaluated materials. For an ideal grazing management of these genera, it is recommended that they are harvested between 6 and 9 wk of age. These genera also had better growth periods, when precipitation oscillated between 200 to 350 mm.

ACKNOWLEDGEMENTS

Part of this research was supported by the "Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica" (PAPIIT) through grant to the Project IN213910 *Potencial forrajero de gramíneas introducidas en un clima cálido húmedo del estado de Veracruz*, responsibility of the second author. The Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico (PASPA) of the Universidad Nacional Autónoma de México supported a sabbatical stay of the first autor at the Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, in 2014. MVZ Lucía del Rayo Lozano Caro and MC Nydia Vázquez Aguilar for their technical assistance in laboratory.

End of english version

2. Humphreys LR. Tropical pasture utilization. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press; 2005.

3. Toledo J, Schultze-Kraft R. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Toledo JM editor.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE DIEZ PASTOS TROPICALES

- Manual para la evaluación agronómica. Red Int Evaluación de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. CIAT; 1982:91-110.
4. Minson DJ. Forage in ruminant nutrition. New York: Academic Press; 1990.
 5. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ithaca, NY, USA: Cornell University Press; 1994.
 6. Macoon B, Sollenberger LE, J. Moore E, Staples CR, Fike JH Portier KM. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *J Anim Sci* 2003;81:2357-2366.
 7. Deaville ER, Flinn PC. Near-infrared spectroscopy: An alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. In: Givens DI, *et al.* editors. Forage evaluation in ruminant nutrition. Wallingford, Oxon, UK: CABI Publishing; 2000:301-320.
 8. Ball DM, Collins M, Laceyfield GD, Martin NP, Mertens DA, Olson KE, *et al.* Understanding forage quality. Park Ridge, IL., American Farm Bureau Federation Publication 1-01, 2001.
 9. Leng R. Factors affecting the utilization of poor-quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr Res Rev* 1990;3(1):277-303.
 10. Reihardt MS, Foote AP, Lambert BD, Muir JP. Effects of protein or energy supplementation on *in situ* disappearance of low- and high-quality Coastal Bermudagrass hay in goats. *Texas J Agric Nat Resources* 2011;24:97-105.
 11. Lazzarini I, Detmann E, Batista CS, Fonseca MP, Valadares SCF, de Souza MA, Oliveira FA. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Rev Bras Zootec* 2009;38(10):2021-2030.
 12. Stobbs TH. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Trop Grasslands* 1975;9(2):141-150.
 13. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2nd ed. México, DF, Instituto de Geografía, UNAM. 1973.
 14. AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists. 1990.
 15. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74(10):3583-3597.
 16. Ørskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agric Sci Cambridge* 1979;92:499-503.
 17. Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book; 1980.
 18. Ortega-Gómez R, Castillo-Gallegos E, Jarillo-Rodríguez J, Escobar-Hernández R, Ocaña-Zavaleta E, Valles-de la Mora B. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and Ultisol soil. *Trop Subtrop Agroecosystems* 2011;13:481-491.
 19. SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Chapter 39: The GLM Procedure (Book Excerpt). Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010.
 20. Motulsky H, Christopolous A. Fitting models to biological data using linear and non linear regression: A practical guide to curve fitting. GraphPad Prism® Version 4.0. 2003. 2nd printing with minor corrections. San Diego, CA. GraphPad Software. URL://www.graphpad.com.
 21. Silvert W. Practical curve fitting. *Limnology and oceanography* 1979;24:767-773.
 22. SPSS. Statistical Package for Social Sciences. User's Manual (Release 17.0). Chicago, IL, USA: IBM Corp. 2008.
 23. Thornton PK, van de Steeg J, Notenbaert A, Herrero M. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agric Systems* 2009;101:113-127.
 24. Valerio D, Soto Y, Matos F. Evaluación y selección de once gramíneas forrajeras en la provincia de La Vega. *Rev Agropecu Forestal APF* 2013;2(1):23-30.
 25. Peralta A, Carrillo-Pita S, Hernández-Hernández H, Porfirio-Poblano N. Características morfológicas y productivas, en etapa de producción, para ocho gramíneas forrajeras tropicales [Abstract]. *Arch Latinoam Prod Anim* 2007;15(Supl 1):425.
 26. Valles MB, Lucía GR de, Fernández JA. Producción de gramíneas tropicales en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales* 1987;9(1):32-33.
 27. Valles B, Castillo E, Barragán J, Jarillo J, Ocaña E. Dinámica de una pastura mixta bajo apacentamiento intensivo en el trópico húmedo veracruzano. *Rev Avances en Invest Agropecu* 2010;14:3-21.
 28. Calzada-Marín JM, Enríquez-Quiroz JF, Hernández Garay A, Ortega-Jiménez E, Sergio I. Mendoza-Pedroza SI. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Rev Mex Cienc Pecu* 2014;5:247-260.
 29. Tudsri S, Jorgensen ST, Riddach P, Pookpakdi A. Effect of cutting height and dry season closing date on yield and quality of five Napier grass cultivars in Thailand. *Trop Grasslands* 2002;36:248-252.
 30. Aparecida ES, da Silva WJ, Barreto AC, de Oliveira AB, Valente JM, Mendes JR, Queiroz DS. Dry matter yield, thermal sum and base temperatures in irrigated tropical forage plants. *Rev Bras Zootec* 2012;41(3):574-582.
 31. Hare MD, Phengphet S, Songsiri T, Sutin N, Stern E. Effect of cutting interval on yield and quality of three *Brachiaria* hybrids in Thailand. *Trop Grasslands – Forr Trop* 2013;1:84-86.
 32. Hare MD, Phengphet S, Songsiri T, Sutin N, Stern E. Effect of cutting interval on yield and quality of two *Panicum* maximum cultivars in Thailand. *Trop Grasslands – Forr Trop* 2013;1:87-89.
 33. Euclides PBA, Motta MC, Borges C, dos Santos G, Amorim R, Ronaldo E. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. *Pesqui Agropecu Bras* 2009;44(1):98-106.
 34. Moore K, Jung HG. Lignin and fiber digestion. *J Range Manage* 2001;54:420-430.
 35. Rodrigues ALP, Sampaio IBM, Carneiro JC, Tomich TR, Martins RGR. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2004;56(5):658-664.
 36. Duarte FF, Braga AK, Jank L, Carvalho MA, Martha GB, Braga GJ. Forage yield and nutritive value of *Panicum* maximum genotypes in the Brazilian Savannah. *Sci Agric* 2014;71(1):23-29.

37. Thessem ZK, Mihret J, Solomon M. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). *Grass Forage Sci* 2010;65:421-430.
38. Vendramini JMB, Sollenberger L, Soares AB, Da Silva WL, Sanchez JMD, Valente AL, Aguiar AD, Mullenix MK. Harvest frequency affects herbage accumulation and nutritive value of *Brachiaria* grass hybrids in Florida. *Trop Grasslds – For Trop* 2014;2(2):197-206.
39. Evitayani M, Fariani A, Warly L, Itani T, Fujihara T. Dry matter and macro mineral disappearance of selected grass in West Sumatra, Indonesia. *J Stored Prod Postharv Res* 2011;2(5):104-109.
40. Jiménez OMM, Granados L, Oliva J, Quiroz J, Barrón M. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. *Arch Zootec* 2010;59(228):561-570.
41. Juárez-Reyes AS, Cerrillo MA, Gutiérrez OE, Romero EM, Colín J, Bernal BH. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Tec Pecu Mex* 2009;47:55-67.
42. Merkel RC, Pond KR, Burns JC, Fisher DS. Intake, digestibility and nitrogen utilization of three tropical tree legumes I. As sole feeds compared to *Asystasia intrusa* and *Brachiaria brizantha*. *Anim Feed Sci Technol* 1999;82:91-106.
43. Shinde AK, Karim SA, Sankhyan SK, Bhatta R. Seasonal changes in biomass growth and quality and its utilization by sheep on semiarid *Cenchrus ciliaris* pasture of India. *Small Ruminant Res* 1998;30:29-35.