

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FORRAJE DE PASTOS CULTIVADOS DURANTE LA ÉPOCA SECA EN DURANGO, MÉXICO

FORAGE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF GRASSES GROWN DURING THE DRY SEASON IN DURANGO, MEXICO

Cynthia A. Nava-Berumen¹, Rigoberto Rosales-Serna², Francisco O. Carrete-Carreón³, Rafael Jiménez-Ocampo², Pablo A. Domínguez-Martínez^{2*}, Osvaldo Reyes-Estrada³

¹Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). km 4.5 Carretera Durango-El Mezquital. Durango, Durango, México. C. P. 34170. (dominguez.pablo@inifap.gob.mx). ³Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. km 11.5 Carretera Durango-El Mezquital. Durango, Durango, México. C. P. 34170.

RESUMEN

En Durango, México, se requieren pastos de productividad y calidad de forraje altas para alimentar el ganado bovino. El objetivo de este estudio fue determinar la productividad y calidad de forraje de pastos cultivados durante la época seca del año en Durango. La hipótesis fue que los pastos evaluados mostrarían valores iguales de productividad y calidad de forraje. El estudio se realizó en otoño-invierno 2013-2014 (Ciclo 1) y 2014-2015 (Ciclo 2). Las variedades sembradas fueron Hércules y Maximus (*Lolium multiflorum*), mezcla de pastos perennes (*L. perenne* Green Perenne) y pasto bromo (*Bromus willdenowii* cv. Matua) en un diseño completamente aleatorio y cuatro a ocho repeticiones. Las variables fueron rendimiento de forraje verde y seco, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina y degradación *in vitro* de la materia seca (DIVMS). La productividad fue mayor en el Ciclo 1, con valores máximos en rendimiento acumulado de forraje verde de 242 t ha⁻¹ (Maximus) y forraje seco de 39 t ha⁻¹ (Matua). En ambos ciclos PC y DIVMS disminuyeron entre cortes y FDN, FDA y lignina aumentaron en los meses cálidos. PC fue mayor en el primer corte del Ciclo 1 (21.8 %) (Matua) y en el Ciclo 2 (33.2 %) (Green Perenne). La fibra detergente neutro en el último corte del Ciclo 1 fue 60.7 % y llegó a 64.0 % en el Ciclo 2; FDA fluctuó de 34.3 % (Ciclo 1) a 36.9 % (Ciclo 2). La lignina varió de 5.5 a 6.3 % entre ciclos y DIVMS fue 69.2 a 74.2 % en el primer corte y 51.8 a 62.8 % al final. Los pastos mostraron diferencias en productividad y calidad. Los pastos evaluados son recomendables y la reducción del

ABSTRACT

In Durango, Mexico, high forage productivity and quality grasses are required to feed cattle. The objective of this study was to determine the forage productivity and quality of grasses cultivated during the dry season in Durango. The hypothesis was that the evaluated grasses would show equal forage productivity and quality values. The study was carried out during two periods: Cycle 1 (autumn-winter 2013-2014) and Cycle 2 (autumn winter 2014-2015). The varieties sown were Hercules and Maximus annual ryegrass (*Lolium multiflorum*), a perennial ryegrass mix (*L. perenne* Green Perennial), and prairie grass (*Bromus willdenowii* cv. Matua), using a random design and four to eight replicates. The variables were dry and green forage yield; crude protein (CP); neutral detergent fiber (NDF); acid detergent fiber (ADF); lignin; and *in vitro* dry matter degradation (IVDMD). Productivity was higher in Cycle 1, with a maximum cumulative yield value of 249 t ha⁻¹ green forage (Maximus) and 40 t ha⁻¹ dry forage (Matua). PC and IVDMD diminished between harvests in both cycles and NDF, ADF, and lignin increased during warm months. Crude protein was higher during the first harvest of Cycle 1 (21.8 %) (Matua) and in Cycle 2 (33.2 %) (Green Perenne). In the last harvest of Cycle 1, NDF was 60.7 % and reached 64.0 % in Cycle 2; FDA ranged from 34.3 % (Cycle 1) to 36.9 % (Cycle 2). Lignin ranged from 5.5 % to 6.3 % between cycles and IVDMD showed 69.2 % to 74.2 % during the first harvest and 51.8 % to 62.8 % in the final stage. There were differences in forage productivity and quality between types of grasses. The evaluated grasses are recommended and, during the warm months, reducing the period between harvests is necessary to keep the forage quality.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: mayo, 2017. Aprobado: octubre, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 803-816. 2018.

Key words: forage, yield, chemical composition, digestibility, environment.

periodo entre cortes, en los meses cálidos, es necesaria para mantener la calidad de forraje.

Palabras clave: forraje, rendimiento, composición química, digestibilidad, ambiente.

INTRODUCCIÓN

En Durango, México, especies y variedades de pastos con productividad y calidad de forraje mayores a los pastos en uso actual son necesarias para satisfacer la demanda por forraje señalada en el inventario ganadero estatal, especialmente en la época seca del año (invierno a inicio del verano) (Rosales *et al.*, 2016). En Durango se ha retomado la evaluación de las especies de pastos, con productividad forrajera (>27 t de forraje verde por ha por corte; INFOSIAP, 2017) y calidad forrajera altas [proteína cruda >12 %, fibra detergente neutro (FDN)=55 % y digestibilidad >50 %] (Ball *et al.*, 2001). Es el caso de ballico anual (*Lolium multiflorum*), ballico perenne (*L. perenne*) y bromo (*Bromus willdenowii*) de la variedad Matua principalmente (Jiménez *et al.*, 2014).

Entre las especies más usadas en Durango están ballico perenne y ballico anual (Reyes *et al.*, 2000). Evaluar adaptación, calidad de forraje y contenido proteico de los pastos en Durango es necesario porque la proteína es el insumo de mayor costo en los suplementos suministrados durante el crecimiento y finalización de bovinos. Con variedades y mezclas de pastos que muestran contenido alto de proteína es posible reducir los costos alimenticios relacionados con las dosis altas de suplemento, requeridas por bovinos en crecimiento (16.0 % de proteína) (NRC, 2001), que se alimentan principalmente con forrajes pobres en proteína en la temporada seca del año. También se recomienda analizar la calidad (composición química y digestibilidad) y sus componentes [proteína cruda, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina y digestibilidad de la materia seca] porque se pueden usar para la selección de los forrajes mejores. El análisis de calidad forrajera determina el valor nutritivo mediante el contenido de proteína, grasa, cenizas y componentes estructurales (Van-Soest *et al.*, 1991) y la digestibilidad (Giraldo *et al.*, 2007).

La digestibilidad del forraje disminuye con el incremento de la temperatura y maduración de la planta (Wilson y Minson, 1983; Ball *et al.*, 2001), ya que la

INTRODUCTION

In Durango, Mexico, grass species and varieties—with higher forage productivity and quality than those of currently used grasses—are needed to meet the forage demand mentioned in the State's cattle inventory, particularly during the dry season (from winter to early summer) (Rosales *et al.*, 2016). In Durango, the evaluation of species has been taken up again, for grasses with the following characteristics: forage productivity (>27 t of green forage per ha per harvest; INFOSIAP, 2017) and high quality (crude protein >12 %, neutral detergent fiber (FDN)=55 % and digestibility >50 %) (Ball *et al.*, 2001). This is the case of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*), perennial ryegrass (*L. perenne*), and prairie grass (*Bromus willdenowii*), mainly of the Matua variety (Jiménez *et al.*, 2014).

Perennial and annual ryegrass are two of the most frequently used species in Durango (Reyes *et al.*, 2000). Evaluating grass adaptation, forage quality, and protein content in Durango is important, because protein is the most expensive ingredient of the supplements fed to cattle during their growth and final stages. Using different varieties and mixtures of grasses with high protein content can reduce the costs of feeding growing cattle which require high doses of supplementary protein (16.0 %) (NRC, 2001). During the dry season, cattle are mainly fed low protein forage. In order to select better forage, the quality (chemical composition and digestibility) and its components (raw protein, NDF, ADF, lignin, and dry matter digestibility) must be analyzed. The forage quality analysis determines its nutritional value, based on its protein, fat, ashes, and structural component content (Van-Soest *et al.*, 1991), as well as its digestibility (Giraldo *et al.*, 2007).

Forage digestibility diminished as temperature increased and plants ripened (Wilson and Minson, 1983; Bal *et al.*, 2001), as a result of changes to the blade-stem ratio and the increase of senescent tissue (Wilson *et al.*, 1986). Hence, forage digestibility is usually higher during winter and gradually diminishes in spring and summer (Mueller and Orloff, 1994).

Forage yield and quality depend on the phenological stage at harvest time, botanical composition of the population sown, soil fertility, weather, and agronomical crop management (Ball *et al.*, 2001; Anganga *et al.*, 2004). In Durango, the aim is to make

relación hoja/tallo se afecta y el tejido senescente incrementa (Wilson *et al.*, 1986). Por ello, la digestibilidad del forraje tiende a ser mayor en invierno y a reducirse gradualmente hacia la primavera y verano (Mueller y Orloff, 1994).

El rendimiento y calidad del forraje dependen de la etapa fenológica al momento del corte, composición botánica de la población cultivada, fertilidad del suelo, clima y manejo agronómico del cultivo (Ball *et al.*, 2001; Aganga *et al.*, 2004). En Durango, se busca aprovechar el balance entre la productividad de biomasa y la calidad de forraje en los pastos, especialmente del contenido de proteína. El objetivo de esta investigación fue evaluar la productividad y calidad de forraje en variedades y una mezcla comercial de pastos cultivados en la época seca en Durango. La hipótesis del estudio fue que las variedades y la mezcla de pastos muestran productividad y calidad del forraje similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó dos años consecutivos. El primero se sembró en el ciclo otoño-invierno 2013-2014 (Ciclo 1) y el segundo en el ciclo otoño-invierno 2014-2015 (Ciclo 2). Los tratamientos fueron las variedades Hércules y Maximus de pasto ballico anual (*L. multiflorum*), una mezcla comercial de variedades de ballico perenne (*L. perenne*; Mezcla Green Perenne) y la variedad Matua de pasto bromo (*B. willdenowii*). En ambos ciclos se sembró el 4 de octubre en el Campo Experimental Valle de Guadiana, INIFAP, Durango, km 4.5 carretera Durango-El Mezquital (23° 59' 21" N, 104° 37' 33" O y 1877 m de altitud).

El suelo es franco-arenoso con capacidad de campo 30 %, punto de marchitez permanente 16 %, densidad aparente de 1.3 g cm⁻³, capacidad intermedia para retener humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH 7.9 y pobre en materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima de la región es templado semiárido extremo, con régimen de lluvias en verano 476 mm de lluvia anual, concentrada entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005) y temperatura media anual de 17.4 °C, con la fórmula climática BS₁ kw (w) (e) (García, 1987).

En el Ciclo 1 la siembra de cada tratamiento se hizo en franjas apareadas de 100 m de longitud y 10 m de anchura (parcela experimental de 1000 m²), con hileras de plantas cada 15 cm y densidad de siembra de 35 kg de semilla ha⁻¹, y se usó una sembradora (Aitchinson GrassFarmer 1414C®). La dosis de fertilización 180-60-00 (N-P₂O₅-K₂O) se distribuyó en tres aplicaciones: en la siembra (60-60-00), 94 d después de la siembra (DDS) (60-00-00) y 168 DDS (60-00-00). Además de la lluvia

the most of the balance between biomass productivity and forage quality of grasses (particularly, protein content). The objective of this research was to evaluate the forage productivity and quality of several varieties of grass and of a commercial mix of the grasses grown during the dry season in Durango. The hypothesis of this study was that grass varieties and mixes have similar forage productivity and quality.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out for two consecutive years. The sowing was carried out in the 2013-2014 autumn-winter cycle (Cycle 1) and in the 2014-2015 autumn-winter cycle (Cycle 2), on the first and the second year, respectively. Hercules and Maximus grass of annual ryegrass (*L. multiflorum*), a commercial mix of perennial ryegrass (*L. perenne*; perennial green mix), and Matua prairie grass were the varieties used as treatments. In both cycles, grasses were sown on October, 4th in the Campo Experimental Valle de Guadiana, INIFAP, Durango, located in km 4.5 carretera Durango-El Mezquital 23° 59' 21" N, 104° 37' 33" W and 1877 m height).

The soil type was sandy loam, with a 30 % field capacity, 16 % permanent wilting point, 1.3 g cm⁻³ apparent density, intermediate humidity retention capacity, average depth, 0 to 2 % slope, 7.9 pH, and low organic matter, phosphorus, and nitrogen content. The regional weather is temperate, semiarid, and extreme; it has an annual rainfall of 476 mm —mainly between June and September (Medina *et al.*, 2005)—; and an annual average temperature of 17.4 °C. Its weather formula was BS₁ kw (w) (e) (García, 1987).

In Cycle 1 of each treatment, the sowing was carried out in 100 m long and 10 m wide paired strips (1000-m² experimental plot), with rows of plants every 15 cm and a sowing density of 35 kg of seed ha⁻¹. An Aitchinson GrassFarmer 1414C® sowing machine was used for this purpose. The 180-60-00 doses (N-P₂O₅-K₂O) were distributed in three applications: at sowing (60-60-00), 94 days after the sowing (DAS) (60-60-00) and 168 DAS (60-00-00). Besides rainfall (102 mm) (Table 1), nine auxiliary irrigations were applied throughout this study. A 2, 4-D (dimethylamine salt of the 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid) herbicide was applied to control weeds.

In Cycle 2 the sowing density was 40 kg of seed ha⁻¹ and a Brillion SSPT 604-5® was used. The fertilization dose was 96-70-00, distributed in two applications: one during the sowing (27-70-00) and the second after the second harvest (69-70-00) at 177 DAS. The experimental plot was 2 m wide and 100 m long (200 m²), with eight replicates per treatment. Weed control was carried out with 2, 4-D.

durante el estudio (102 mm) (Cuadro 1), se aplicaron nueve riegos de auxilio. Para el control de maleza se aplicó herbicida 2,4-D (sal dimetilamina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético).

En el Ciclo 2 la densidad de siembra fue 40 kg de semilla ha^{-1} con el equipo Brillion SSPT 604 5[®]. La dosis de fertilización fue 96-70-00, distribuida en dos aplicaciones: una durante la siembra (27-70-00) y otra después del segundo corte (69-70-00) a los 177 DDS. La parcela experimental fue una franja de 2 m de anchura y 100 m de longitud (200 m^2), con ocho repeticiones por tratamiento. El control de la maleza se realizó con 2,4-D amina.

Cuatro riegos de auxilio se aplicaron y la lluvia acumulada en el ciclo fue 333 mm (Cuadro 1). La humedad fue mayor que en el Ciclo 1. La combinación del riego y lluvias continuas entre la siembra y los cortes uno y dos dificultaron la fertilización y aplicación de herbicida.

La productividad se determinó mediante evaluaciones del rendimiento de forraje en cada corte, con muestras dentro de un cuadro metálico de 50 cm $\times$ 50 cm (2500 cm^2). Las plantas se cortaron a 5 cm del suelo. Las muestras de forraje verde y seco se pesaron en bolsa de papel en balanza con precisión de 0.01 g. El forraje se secó a 60 °C en estufa con circulación de aire forzado. Los rendimientos de forraje se expresaron en t ha^{-1} . El resto del pasto de cada parcela experimental se cosechó (a 5 cm del suelo) luego del muestreo, con la máquina segadora (John Deere 530[®]), y se dejó rebrotar libremente hasta la siguiente fecha de corte.

En el Ciclo 1 se realizaron seis cortes de forraje, entre 75 y 241 DDS y en el Ciclo 2 solo cinco. Lo anterior se debió a la aplicación de

Four auxiliary irrigations were applied and the cumulative rainfall in the cycle reached 333 mm (Table 1). Humidity was higher than in Cycle 1. The irrigation-constant rainfall mix between sowings and in the first and second harvests hindered the application of fertilizers and herbicides.

Productivity was determined using forage yield evaluations in each harvest; a 50 cm $\times$ 50 cm metallic frame (2500 cm^2) was used to determine the sample area. Plants were cut 5 cm above the ground. Green and dry forage samples were weighted in a paper bag, using a scale with an accuracy of 0.01g. Forage was dried at 60 °C, using a forced air circulation system stove. Forage yield was expressed in t ha^{-1} . The remaining grass of each experimental plot was harvested (cut 5 cm above the ground), after the sampling stage, using a John Deere 530[®] harvester. The grass was left to sprout freely again until the following harvest.

Forage was harvested six and five times in cycle 1 (between 75 and 241 DAS), and in Cycle 2, respectively. This difference between cycles was the result of the abundant, atypical and constant winter rainfall (260.8 mm; Table 1) that occurred after irrigation, which slowed the growth of the grass. Therefore, harvests started 118 DAS and continued until 262 DAS. Water excess reduces plant growth (NDS, 2007), mainly due to hypoxia and its negative effect in water and nutrimental absorption (Akhtar and Nazir, 2013).

In Cycle 1, six equidistant samples of each variety were harvested (systematic sampling with six replicates) from the strip of land. In Cycle 2, two samples of each species and variety were obtained from the four central strips of land (systematic sampling

Cuadro 1. Registros promedio de temperatura (T) y lluvia acumulada en el periodo entre cortes de dos ciclos de estudio de pastos forrajeros cultivados en la época seca en Durango, México.

Table 1. Average temperature (T) and cumulative rainfall records, during the period between harvests of two study cycles of grass forage, grown during the dry season, in Durango, Mexico.

Núm. de corte	Fecha de corte	[†] DDS	T máx (°C)	T mín (°C)	Lluvia acumulada (mm)
Ciclo otoño-invierno 2013-2014					
1	18/12/2013	75	23.5	7.2	64.0
2	20/01/2014	108	18.3	2.2	32.8
3	22/02/2014	141	24.7	3.5	0.0
4	27/03/2014	174	25.5	5.5	0.4
5	29/04/2014	207	28.0	8.3	0.0
6	02/06/2014	241	29.3	12.2	4.4
Ciclo otoño-invierno 2014-2015					
1	30/01/2015	118	22.6	5.0	141.6
2	25/03/2015	172	21.3	5.3	119.2
3	22/04/2015	200	26.3	8.2	0.4
4	20/05/2015	228	27.6	9.8	3.2
5	23/06/2015	262	29.4	13.6	69.0

[†]DDS: días después de la siembra, T máx: temperatura máxima media y T mín: temperatura mínima media. ❖

[†]DAS: days after sowing; T máx: maximum mean temperature; and, T mín: minimum mean temperature.

riego y después lluvias invernales atípicas, abundantes (260.8 mm; Cuadro 1) y continuas, que retrasaron el crecimiento de los pastos, por esto los cortes se iniciaron 118 DDS y continuaron hasta los 262 DDS. El exceso de agua reduce el crecimiento de las plantas (NDS, 2007), debido principalmente a hipoxia y sus efectos negativos en la absorción de agua y nutrientes (Akhtar y Nazir, 2013).

En el Ciclo 1 se cortaron seis muestras equidistantes (muestreo sistemático con seis repeticiones) en la franja de cada variedad y en el Ciclo 2 se obtuvieron dos muestras en las cuatro franjas centrales de cada especie y variedad (muestreo sistemático con ocho repeticiones). El número mayor de repeticiones en el Ciclo 2 se debió a las condiciones del lote y la mayor superficie experimental.

La calidad de forraje se estableció con la composición química, fibras, lignina y degradación *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Las muestras deshidratadas se trituraron en molino Wiley®, con criba de 1 mm. El contenido MS se obtuvo con secado a 100 °C a peso constante, proteína cruda (PC) con el método de Kjeldahl (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) y lignina (L) con ANKOM (2005).

Para DIVMS se usó líquido ruminal de dos bovinos machos (700 kg peso vivo) con cánula, alimentados con heno de alfalfa y concentrado comercial (12 % de proteína), la fase de fermentación se realizó en el incubador Daisy^{II} (ANKOM Technology Corp. Macedon, NY, EUA), con el protocolo sugerido por el fabricante (ANKOM, 2011).

Los rendimientos del forraje verde y seco se analizaron separados con ANDEVA, para cada ciclo y fecha de corte, con un modelo completamente aleatorio con seis y ocho repeticiones en el Ciclo 1 y Ciclo 2. Las variables de calidad de forraje se analizaron con cuatro repeticiones de campo. Para diferencias estadísticas, la comparación de medias se realizó con Tukey ($p \leq 0.05$). Análisis de correlación se aplicó a los rendimientos de forraje verde y seco con temperaturas máximas y mínimas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje

En el Ciclo 1 el rendimiento de forraje verde varió ($p \leq 0.05$) significativamente en los cortes uno, cuatro y seis (Cuadro 2). En el primer corte Maximus y Matua mostraron los rendimientos mayor y menor (Figura 1A). En el seis, Green Perenne mostró el rendimiento mayor de forraje verde y Hércules el menor. En el Ciclo 2 el rendimiento de forraje verde varió ($p \leq 0.05$) en los tres cortes iniciales (Cuadro 3).

with eight replicates). The higher number of replicates in Cycle 2 was the result of the plot condition and the greater experimental surface.

Forage quality was established based on its chemical composition, fibers, lignin, and *in vitro* dry matter degradation (IVDMD). Dehydrated samples were ground using a Wiley® grinder, with a 1 mm sieve. Dry matter (DM) content was obtained drying the sample at 100 °C, at constant weight; crude protein (CP) was obtained using the Kjeldahl method (AOAC, 1990); fibers were obtained using NDF and ADF; and lignin (L) was obtained using ANKOM (2005).

For IVDMD, the rumen fluid of two 700-kg (live weight) male cattle with cannula was used. The cattle were fed alfalfa hay and commercial concentrate (12 % protein). The fermentation phase was carried out in a Daisy^{II} incubator (ANKOM Technology Corp. Macedon, NY, USA), using the protocol suggested by the manufacturer (ANKOM, 2011).

For each cycle and harvest date, green and dry forage yield were analyzed separately using ANOVA, with a completely random model with six and eight replicates, in Cycle 1 and 2, respectively. Forage quality variables were analyzed using four field replicates. When statistical differences were obtained, a Tukey test ($p \leq 0.05$) was applied to compare means. A correlation analysis was applied to green and dry forage, with maximum and minimum temperatures.

RESULTS AND DISCUSSION

Forage yield

In Cycle 1, green forage yield varied significantly ($p \leq 0.05$) in the first, fourth, and sixth harvests (Table 2). In the first harvest, Maximus and Matua had the greatest and lowest yield (Figure 1A). In the sixth harvest, perennial green and Hercules green forage had the highest and lowest yield, respectively. In Cycle 2, green forage yield varied ($p \leq 0.05$) in the three initial harvests (Table 3). Perennial green and Hercules stood out during the first harvest (Figure 1B).

There were differences in dry forage yield in the first two harvests of Cycle 1 ($p \leq 0.05$) (Table 2). Maximus and Hercules stood out in the first harvest, while Matua and perennial green stood out in the second. All varieties showed green and dry forage yield losses in late winter (Figures 1A and 1C).

In Cycle 2 there were differences between green forage varieties ($p \leq 0.05$) (Table 3), in the first three harvests; there were differences between dry forage varieties, in all harvests (Figures 1B and 1D). As a

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de los rendimientos de forraje verde y seco de pastos cultivados en la época seca del año del ciclo 2013-2014 en Durango, México.

Table 2. Mean squares of the variance analysis of the green and dry forage yield for grasses grown during the dry season of the 2013-2014 cycle, in Durango, Mexico.

[†] F.V.	gl	Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4		Corte 5		Corte 6	
		FV	FS	FV	FS	FV	FS	FV	FS	FV	FS	FV	FS
Variedad	3	1452.0	13.1	197.3	13.8	286.3	6.8	304.6	0.5	28.3	3.4	41.0	1.1
[‡] p		<0.0001	0.0025	0.1047	0.0036	0.0705	0.0894	0.0093	0.8551	0.4486	0.0718	0.0242	0.3021
Error	20	110	2	85	2	105	3	61	2	31	1	11	1
[§] C.V. (%)		26	25	22	20	21	19	21	22	20	22	18	24

[†]F. V.: fuentes de variación, gl: grados de libertad, FV: forraje verde y FS: forraje seco; [‡]p: probabilidad; [§]C.V.: coeficiente de variación. ❖ [†]F. V.: variance source; gl: degrees of freedom; FV: green forage; FS: dry forage; [‡]p: probability; and [§]C.V.: variance coefficient.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza del rendimiento de forraje verde y seco en pastos cultivados en la época seca del año (2014-2015) en Durango, México.

Table 3. Mean squares of the variance analysis of the green and dry forage yield for grasses grown during the dry season (2014-2015), in Durango, Mexico.

[†] F.V.	gl	Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4		Corte 5	
		FV	FS	FV	FS	FV	FS	FV	FS	FV	FS
Variedad	3	181.7	1.7	3.4	206.1	436.8	10.2	29.3	2.3	14.9	1.4
[‡] p		<0.0001	<0.0003	<0.0001	<0.0007	<0.0001	<0.0001	0.0713	0.0602	0.1230	0.0185
Error	28	465.0	5.6	12.7	406.9	303.4	8.6	314.5	23.4	198.9	10.1
[§] C.V. (%)		19.4	9.5	14.8	26.4	17.7	20.0	22.1	28.5	22.2	27.3

[†]F. V.: fuentes de variación, gl: grados de libertad, FV: forraje verde, FS: forraje seco; [‡]p: probabilidad; [§]C.V.: coeficiente de variación. ❖ [†]F. V.: variance source; gl: degrees of freedom; FV: green forage; FS: dry forage; [‡]p: probability; and [§]C.V.: variance coefficient.

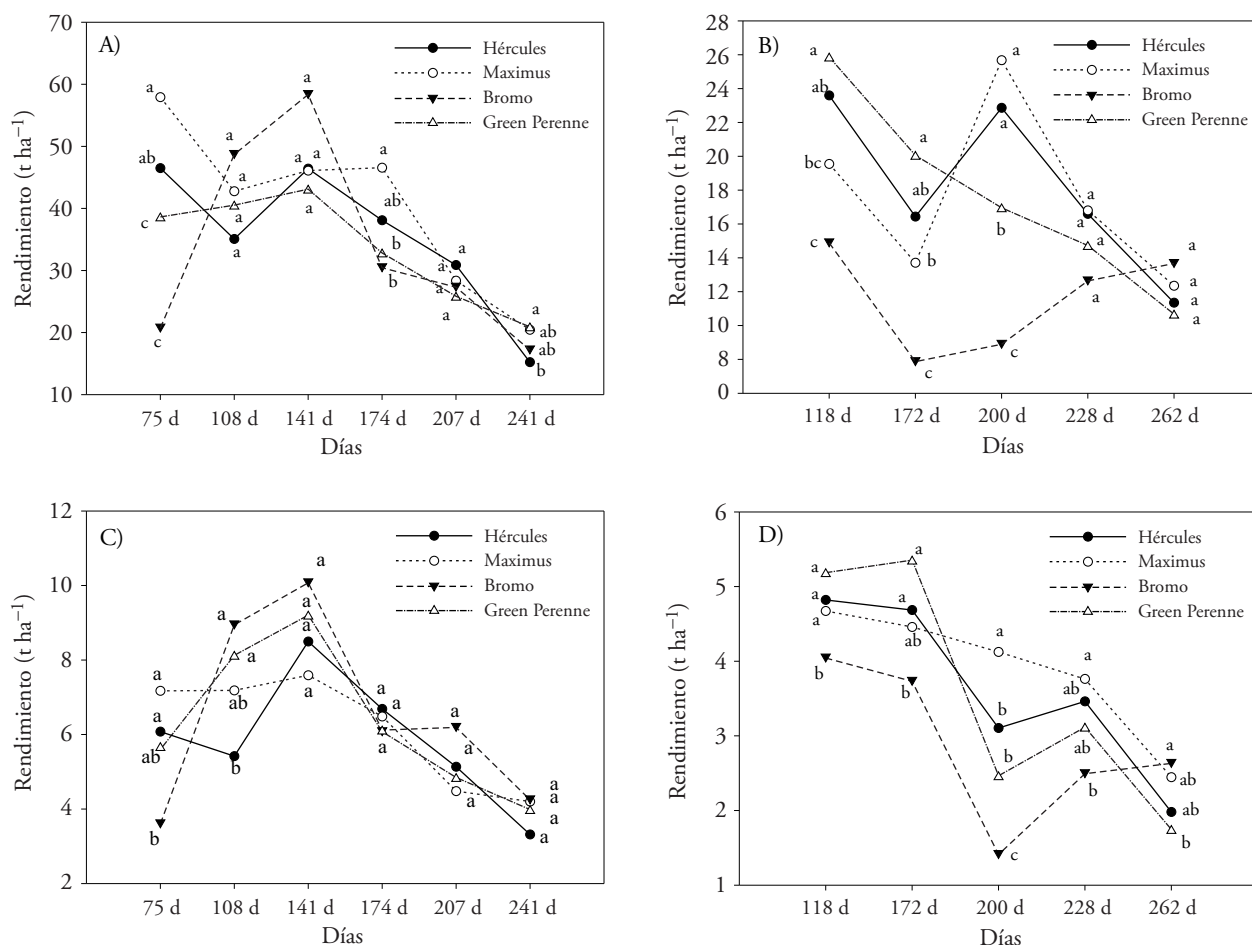


Figura 1. Rendimiento de forraje en pastos cultivados en Durango, México. A) Forraje verde 2013-2014, B) forraje verde 2014-2015, C) forraje seco 2013-2014 y D) forraje seco 2014-2015.

Figure 1. Forage yield for grasses grown in Durango Mexico. A) Green forage, 2013-2014; B) green forage, 2014-2015; C) dry forage, 2013-2014; and D) dry forage 2014-2015.

El rendimiento de forraje seco en el Ciclo 1 mostró diferencia ($p \leq 0.05$) en los primeros dos cortes (Cuadro 2); Maximus y Hércules sobresalieron en el primero y Matua y Green Perenne en el segundo. Todos mostraron caída en los rendimientos de forraje verde y seco al final del invierno (Figuras 1A y 1C).

En el Ciclo 2 se detectaron diferencias ($p \leq 0.05$) en el forraje verde entre las variedades (Cuadro 3) en los primeros tres cortes y en forraje seco en todos los cortes (Figuras 1B y 1D). Green Perenne y Hércules sobresalieron por el rendimiento de forraje verde en los cortes uno y dos. Después, en el corte tres se observó incremento del rendimiento en Maximus y Hércules.

Matua mostró rendimiento menor de forraje verde y seco en los cortes uno a cuatro del Ciclo 2, debido al daño del herbicida aplicado; por esto, el resto de las variedades la superaron (Figuras 1B y 1D). El

result of their green forage yield, perennial green and Hercules stood out in the first and second harvests. During the third harvest, the yield of Maximus and Hercules increased.

In Cycle 2, green and dry Mantua forage yield was reduced during the first to fourth harvest, as a result of the damage caused by herbicides. Therefore, the remaining varieties had a greater yield (Figures 1B and 1D). The accumulated dry forage yield for Mantua was 14.4 t ha^{-1} [with an interval of 17.8 t ha^{-1} (Green Perenne) to 19.5 t ha^{-1} (Maximus)].

Cycle 2 had different results from Cycle 1. In Cycle 1 the cumulative yields of green and dry forage had cumulative yields 242 and 39 t ha^{-1} , with the same grass varieties. Differences were the result of weather conditions (Table 1) and crop handling. In Cycle 2, heavy rains were recorded before the first

rendimiento acumulado de forraje seco de Matua fue 14.4 t ha^{-1} [con intervalo de 17.8 t ha^{-1} (Green Perenne) a 19.5 t ha^{-1} (Maximus)].

Los resultados del Ciclo 2 difirieron del Ciclo 1. En este último los rendimientos acumulados de forraje verde y seco fueron superiores a 242 y 39 t ha^{-1} , con las mismas variedades de pastos. Las diferencias se debieron a las condiciones meteorológicas (Cuadro 1) y al manejo del cultivo. En el Ciclo 2 se registraron lluvias abundantes antes del primer corte y esto dificultó la fertilización y aplicación de herbicidas para el control de la maleza de hoja ancha.

En el Ciclo 1 la temperatura mínima se correlacionó negativamente con el rendimiento de forraje verde ($r = -0.73$) y seco ($r = -0.83$) y la temperatura máxima también se correlacionó con el rendimiento de forraje verde ($r = -0.58$) y forraje seco ($r = -0.57$). En el Ciclo 2 el rendimiento de forraje seco mostró coeficiente de correlación mayor con la temperatura mínima ($r = -0.90$) y máxima ($r = -0.89$) y los coeficientes de correlación del rendimiento de forraje verde fueron menores con la temperatura mínima ($r = -0.66$) y máxima ($r = -0.49$). Así, la temperatura afectó la productividad forrajera de los cultivares. Este efecto fue reportado en otros estudios: la temperatura mínima afectó la tasa de respiración y redujo la acumulación de biomasa (Hatfield y Prueger, 2015).

Los pastos evaluados en el estudio produjeron hasta 242 t ha^{-1} y 39 t ha^{-1} de forraje verde y seco.

Calidad del forraje

En el Ciclo 1 las variedades mostraron diferencias ($p \leq 0.0009$, $p \leq 0.0024$) en el contenido de proteína en la mayoría de los cortes (Cuadro 4). En el primer corte sobresalió Matua (con 21.8%), debido al crecimiento menor de las plantas; Maximus, Hércules y la mezcla Green Perenne presentaron contenido estadísticamente inferior e igual entre ellos (Figura 2A). Maximus mostró rendimiento de forraje y contenido proteico alto, respecto al requerimiento del ganado bovino en crecimiento (16.0%) (NRC, 2001).

El contenido menor de proteína de Maximus, comparado con Matua, se relacionó con su precocidad y el retraso en el corte del forraje, el que se realizó con base en el crecimiento de todos los pastos del estudio. Maximus mostró valores altos del contenido de proteína en los cortes tres y cuatro. Por esto superó al resto

harvest and this hindered the application of fertilizers and herbicides to control broadleaf weed.

In Cycle 1, the minimum temperature had a negative correlation with green ($r = -0.73$) and dry ($r = -0.83$) forage yield, and maximum temperature was also correlated with green ($r = -0.58$) and dry ($r = -0.57$) forage yield. In Cycle 2, dry forage yield had a higher correlation coefficient with minimum ($r = -0.90$) and maximum ($r = -0.89$) temperatures; meanwhile, and correlation coefficients for green forage yield decreased with minimum ($r = -0.66$) and maximum ($r = -0.49$) temperatures. Therefore, temperature affected the cultivars' forage productivity. This effect was reported in other studies: minimum temperature affected the breathing rate and reduced biomass accumulation (Hatfield and Prueger, 2015).

The grasses evaluated in this study yielded up to 249 t ha^{-1} and 49 t ha^{-1} of green and dry forage, respectively.

Forage quality

In Cycle 1, the varieties had different protein content ($p \leq 0.0009$, $p \leq 0.0024$) in most of the harvests (Table 4). Matua stood out in the first harvest (21.8%), owing to the lower growth of plants; Maximus, Hercules, and the perennial green mix showed statistically lower and equal content among them (Figure 2A). Additionally, Maximus had a high forage yield, with regard to the requirements of the growing cattle (16.0%) (NRC, 2001).

The lower protein content of Maximus (compared with Matua) was related with its earliness and the delay in forage harvesting—carried out based on the growth of all the types of grass studied. Maximus had high protein content during the third and fourth harvests. Therefore, it overtook all other varieties (third harvest) and Hercules and Matua (fourth harvest). Protein content was lower during the last harvest: around 8.8% for Matua and 12.9% for perennial green.

In Cycle 2, the protein content was different ($p \leq 0.05$) between varieties. During the first harvest, the average content was 28.2% (22.3% and 33.2%). The values diminished and had a lower average during the fourth and fifth harvests (13.2% and 13.6%). Hercules had the lowest value ($p \leq 0.05$) (Figure 2B). During the warm months (April and May), the protein content diminished for all varieties, plant development

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de la calidad del forraje de pastos cultivados en la época seca del año (2013-2014) en Durango, México.
Table 4. Mean squares of the variance analysis of the forage quality from grass grown during the dry season (2013-2014), in Durango, Mexico.

[†] F. V.	gl	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6
Proteína Cruda							
Variedad	3	7.4	6.5	8.6	8.0	4.4	6.7
[‡] p		0.0024	0.0158	0.0021	0.0019	0.1515	0.0009
Error	4	0.2	1.0	0.9	0.9	1.4	0.1
[§] C. V. (%)		2.4	5.9	6.1	5.8	9.2	3.2
Fibra detergente neutro (FDN)							
Variedad	3	16.6	60.7	33.8	19.8	19.2	10.2
p		0.2153	0.0777	0.1219	0.0228	0.0115	0.0210
Error	4	7.1	12.2	9.3	1.9	1.2	0.9
C. V. (%)		5.8	6.9	5.9	2.5	2.0	1.6
Fibra detergente ácido (FDA)							
Variedad	3	15.6	0.6	13.2	5.9	19.6	5.6
p		0.1864	0.6247	0.0270	0.0399	0.0389	0.1583
Error	4	6.0	0.9	1.4	0.8	2.6	1.9
C. V. (%)		10.1	4.6	4.5	3.2	5.6	16.8
Lignina							
Variedad	3	3.7	0.8	1.5	1.6	1.1	0.2
p		0.4820	0.1206	0.1403	0.3594	0.1287	0.9453
Error	4	3.8	0.2	0.5	1.1	0.3	1.4
C. V. (%)		35.5	11.8	13.6	27.7	10.2	18.6
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS)							
Variedad	3	13.2	6.2	5.4	7.6	20.6	5.8
p		0.6037	0.6528	0.8189	0.4285	0.3707	0.7674
Error	4	19.2	10.5	17.4	6.5	14.9	14.8
C. V. (%)		6.3	4.8	6.4	4.2	6.4	7.4

[†]F. V.: fuente de variación, gl: grados de libertad, p: probabilidad, [§]C.V.: coeficiente de variación. [‡]F. V. variation source; gl: degrees of freedom; p: probability; [§]C.V.: coefficient of variation.

de las variedades (tercer corte) y a Hércules y Matua en el cuarto corte. Los contenidos de proteína fueron menores en el último corte (entre 8.8 % en Matua y 12.9 % en Green Perenne).

En el Ciclo 2 el contenido de proteína difirió ($p \leq 0.05$) entre las variedades. En el primer corte el promedio fue 28.2 % (22.3 % a 33.2 %). Los valores descendieron y mostraron el promedio menor en el cuarto y quinto corte (13.2 y 13.6 %). El valor inferior ($p \leq 0.05$) lo presentó Hércules (Figura 2B). Todas las variedades disminuyeron el contenido de proteína durante los meses cálidos (abril y mayo), el desarrollo de la planta se aceleró, hubo lignificación de los tallos y tendencia a formar las espigas (Aganga, 2004; Velasco *et al.*, 2005). A pesar de lo anterior, el contenido de proteína fue superior a 12.0 % en varios cortes. Esto reduce el requerimiento de suplemento

was sped up, the blades were lignified, and spikes were formed (Aganga, 2004; Velasco *et al.*, 2005). Nevertheless, in several harvests, protein content was higher than 12 %. This situation reduces the supplementation requirements of cattle in Durango, with regard to other forages, such as maralfalfa grass (PC 5.1-12.7 %) (Ortiz *et al.*, 2016).

Neutral detergent fiber content was similar ($p > 0.05$) between varieties, but there were differences during the fourth, fifth, and sixth harvests of Cycle 1 ($p \leq 0.05$); Cycle 2 only had different content during the third harvest. This matched higher environmental temperatures (Figure 2C and 2D). Neutral detergent fiber content in Cycle 1 increased from 45.6 % (first harvest) to 60.7 % (last harvest). The highest mean value in Cycle 2 was 49.3 % (first harvest) and it was higher than during Cycle 1, as a result of the delay

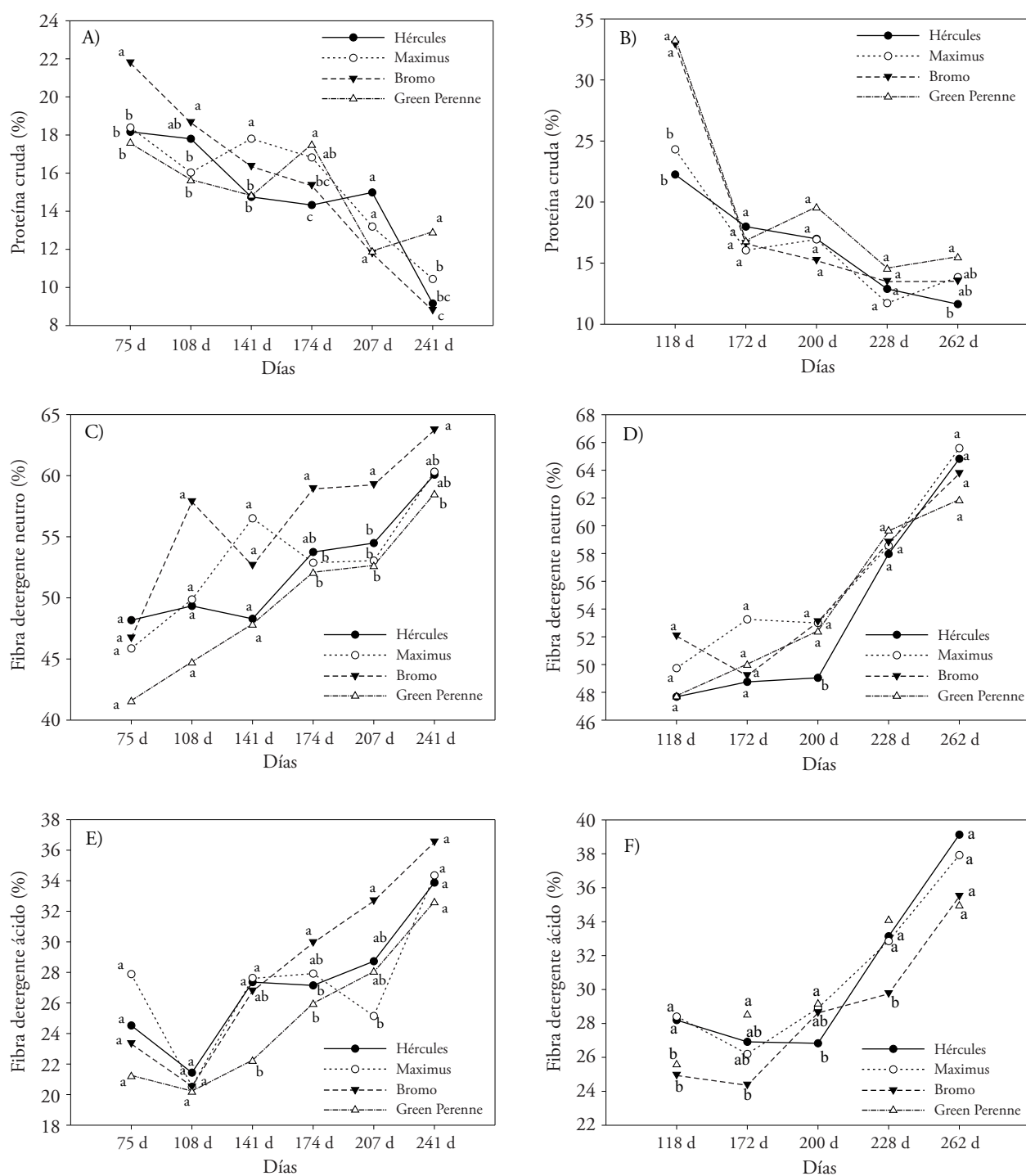


Figura 2. Calidad del forraje de tres variedades y una mezcla comercial de pastos cultivados en Durango, México. Ciclo 1: A) proteína, C) FDN (fibra detergente neutro), E) FDA (fibra detergente ácido), G) lignina e I) DIVMS (digestibilidad *in vitro* de la materia seca). Ciclo 2: B) proteína, D) FDN, F) FDA, H) lignina, y J) DIVMS.

Figure 2. Forage quality of three varieties and a commercial mix of grasses grown in Durango, Mexico. Cycle 1: A) protein; C) NDF (neutral detergent fiber); E) ADF (acid detergent fiber); G) lignin; and I) IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility). Cycle 2: B) protein; D) NDF; F) ADF; H) lignin; and J) IVDMD.

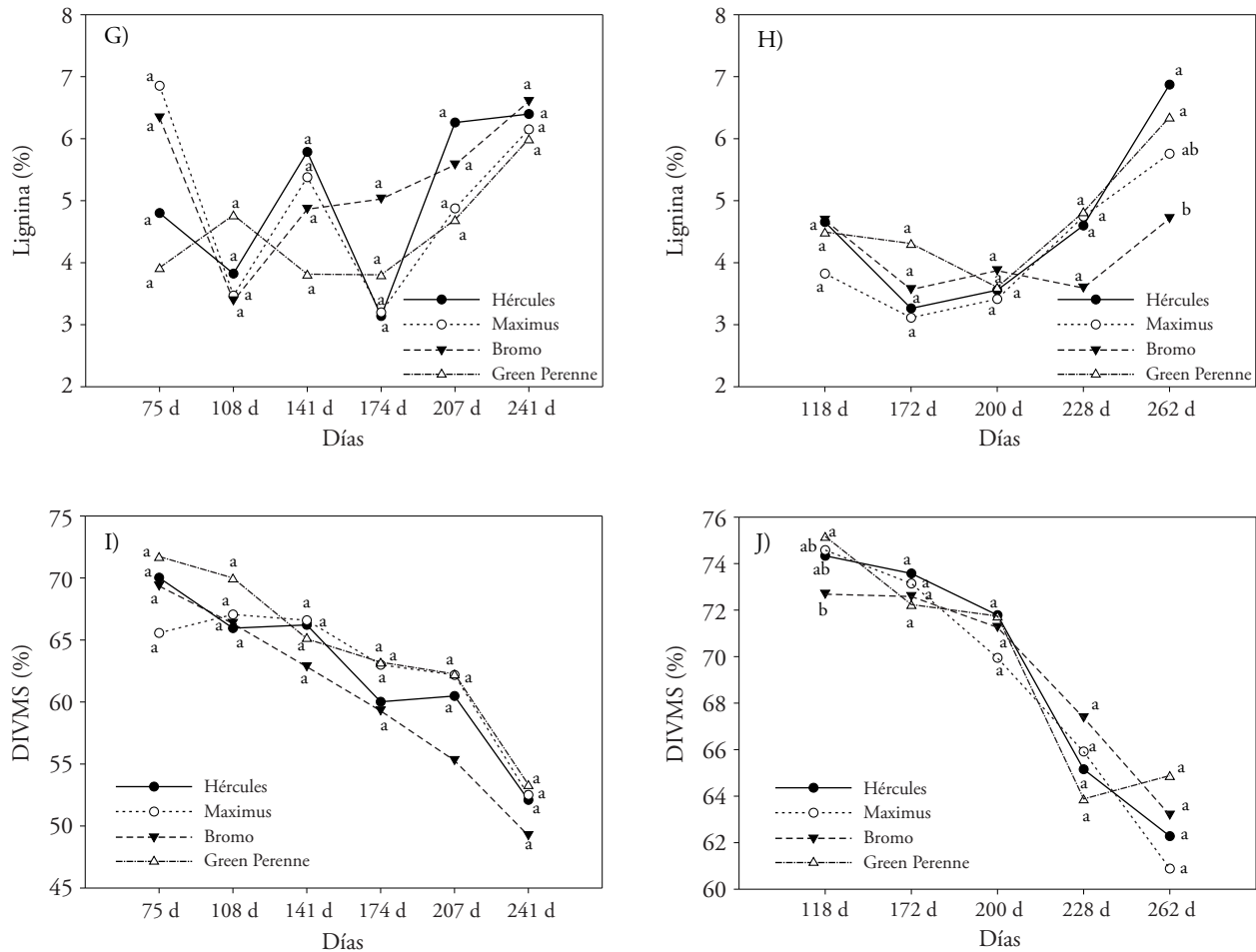


Figura 2. (Continuación).
Figure 2. (Continuation).

para el ganado bovino, en relación con otros forrajes, en Durango, como maralfalfa (PC 5.1-12.7 %) (Ortiz *et al.*, 2016).

El contenido de FDN fue similar ($p > 0.05$) entre las variedades, pero en los cortes cuatro, cinco y seis del Ciclo 1 mostró diferencia ($p \leq 0.05$); en el Ciclo 2 solo en el corte tres. Esto coincidió con las mayores temperaturas ambientales (Figura 2C y D). En el Ciclo 1 aumentó el contenido de FDN de 45.6 % en el primer corte a 60.7 % en el último. En el Ciclo 2 el valor promedio mayor en el primer corte fue 49.3 % y fue mayor que en el Ciclo 1 por el retraso en el desarrollo por las condiciones meteorológicas de la siembra en la primera cosecha. El valor mayor de FDN se registró en el último corte, que fue similar ($p > 0.05$) en todas las variedades, con promedio de 64.0 %. Todas las variedades aumentaron el contenido de FDN en los meses más cálidos (abril y mayo), debido al desarrollo acelerado y acumulación de carbohidratos

in the development of the weather conditions from the sowing to the first harvest. The highest NDF value was recorded during the last harvest, which was statistically similar ($p > 0.05$) in all varieties (average: 64 %). The NDF content in all varieties increased during the warmer months (April and May), as a result of the accelerated development and the accumulation of structural carbohydrates which support reproductive structures (NRC, 2001).

In Cycle 1, ADF content was similar ($p > 0.05$) between varieties in the first, second, and sixth harvests; however, in Cycle 2, differences were detected in the first through fourth harvests (Figure 2E and 2F). ADF content increased along with the number of days after sowing. In Cycle 1, the mean values increased from 24.2 % to 34.3 % (Figure 2E) and, in Cycle 2 (Figure 2F), they increased from 26.8 % to 36.9 %. The increase of ADF content had a negative impact in forage degradation. Therefore, grass must be cut

estructurales, que dan soporte a las estructuras reproductoras (NRC, 2001).

El contenido de FDA fue similar ($p > 0.05$) entre las variedades en los cortes uno, dos y seis del Ciclo 1; pero, en el Ciclo 2 las diferencias se detectaron en los cortes uno al cuatro (Figura 2 E y F). El contenido de FDA incrementó con el número de días después de la siembra. En el Ciclo 1 los valores promedio pasaron de 24.2 a 34.3 % (Figura 2E) y en el Ciclo 2 (Figura 2F) variaron entre 26.8 y 36.9 %. El incremento en el contenido de FDA influyó negativamente en la degradación del forraje. Por esto, el pasto debe cortarse cada 21 d y la acumulación de carbohidratos estructurales en los tallos será menor.

Los contenidos de FDN y FDA en Hércules y Maximus fueron similares a los reportados por Lozano *et al.* (2002) en la variedad Oregon de ballico anual, con valores promedio de 42.0 y 27.3 % en FDN y FDA. Ambos contenidos tendieron a aumentar con la madurez de la planta (Aganga, 2004); aunque, en los tres primeros cortes del Ciclo 1 y dos del Ciclo 2 los valores alcanzaron la categoría “buena calidad”; en ella el límite máximo de FDN es 52 % (Hércules y Green Perenne) y 32 % de FDA (todas las variedades) (Van-Soest, 1965).

En los dos ciclos el contenido de lignina no mostró diferencias ($p > 0.05$) entre las variedades, en la mayoría de los cortes. Los valores promedio aumentaron durante los meses más cálidos del año (Figura 2 G y H). Por lo que los valores promedio en el Ciclo 1 pasaron de 5.5 % en el primer corte a 6.3 % en el último (241 DDS). El contenido de lignina fluctuó ampliamente, en especial en las variedades Maximus y Hércules, debido principalmente a su capacidad alta de crecimiento, oportunidad del corte y variaciones en la maduración de las estructuras de la planta. En el Ciclo 2 los valores promedio de lignina pasaron de 4.4 a 5.9 % y la fluctuación fue menor entre cortes (Figura 2 H); aunque, en el corte número cinco el contenido de lignina se incrementó significativamente en Maximus (5.8 %), Green Perenne (6.3 %) y Hércules (6.9 %). El aumento de la temperatura tuvo un efecto positivo en la acumulación de lignina en todas las variedades, lo que redujo la calidad de forraje.

La DIVMS mostró diferencia ($p \leq 0.05$) entre variedades solo en el primer corte del Ciclo 2 (Figura 2 I y J). En el Ciclo 1, el promedio de DIVMS se redujo de 69.2 % en el primer corte a 51.8 % en el último (241 DDS) (Figura 2I). En el Ciclo 2 DIVMS

every 21 d, reducing the accumulation of structural carbohydrates in blades.

NDF and ADF content in Hercules and Maximus was similar to the data reported by Lozano *et al.* (2002) for Oregon annual ryegrass with mean values of 42 % and 27.3 % for NDF and ADF, respectively. Both contents showed a tendency to increase as the plant ripened (Aganga, 2004), although “good quality” values were achieved, during the first three harvests of Cycle 1 and first two harvests of Cycle 2. The maximum limits are 52 % for NDF (Hercules and perennial green) and 32 % for ADF (all varieties) (Van-Soest, 1965).

In both cycles and for most harvests, the lignin content did not show differences ($p > 0.05$) between varieties. Mean values increased during the warmer months of the year (Figure 2G and 2H). Therefore, the mean values in Cycle 1 increased from 5.5 % (first harvest) to 6.3 % (last harvest) (241 DAS). Lignin content showed great fluctuation, particularly in the Maximus and Hercules varieties, mainly due to their high growth capacity, timely harvesting, and variation in the ripeness of plant structure. In Cycle 2, mean lignin values increased from 4.4 % to 5.9 % and less fluctuation between harvests was observed (Figure 2 H); nevertheless, during the fifth harvest, lignin content increased significantly in Maximus (5.8 %), perennial green (6.3 %), and Hercules (6.9 %). Temperature increase had a positive effect in lignin accumulation in all varieties, reducing forage quality.

In vitro dry matter degradation showed differences ($p \leq 0.05$) between varieties, only during the first harvest of Cycle 2 (figure 2I and 2J). In Cycle 1, mean IVDMD decreased from 69.2 % (first harvest) to 51.8 % (last harvest) (241 DAS) (Figure 2I). In Cycle 2, IVDMD decreased from 74.2 % (first harvest) to 62.8 % (262 DAS harvest) (Figure 2J). Temperature increase reduced IVDMD. Therefore, during the warm months, diminishing the period between harvests is not advisable. This would avoid the decrease of forage quality mainly caused by lignin accumulation.

CONCLUSIONS

The varieties of annual ryegrass and the commercial perennial ryegrass mix can be used to produce high-quality forage during the dry season in Durango. The perennial green mix and the Matua prairie grass can

disminuyó de 74.2 % en el primer corte a 62.8 % en el último corte 262 DDS (Figura 2j). El incremento de la temperatura redujo la DIVMS, por lo que en los meses cálidos es recomendable disminuir el periodo entre cortes y así evitar la reducción de la calidad de forraje ocasionado principalmente por la acumulación de lignina.

CONCLUSIONES

Las variedades de pasto ballico anual y la mezcla comercial de ballico perenne son opciones para producir forraje de calidad alta en la época seca del año en Durango. La mezcla Green Perenne y el pasto bromo variedad Matua son opciones para obtener forraje verde, con productividad baja en los primeros cortes y alta en los últimos. La calidad del forraje evaluado fue alta, por lo que la complementación proteica para el ganado bovino en crecimiento será baja.

LITERATURA CITADA

- Aganga A., A., U. J. Omphile, T. Thema, and L. Z. Wilson. 2004. Chemical composition of ryegrass (*Lolium multiflorum*) at different stages of growth and ryegrass silages with additives. *J. Biol. Sci.* 4: 645-549.
- Akhtar, I., and N. Nazir. 2013. Effect of waterlogging and drought stress in plants. *International J. Water Res. Environ. Sci.* 2: 34-40.
- ANKOM. 2005. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique (ANKOM²⁰⁰). Ankom Technology; www.ankom.com/09_procedures/ADF%20Method%20A200.pdf (verified 8 Jan. 2008). Macedon, NY, USA: Ankom Technology Corp. (Consulta: junio de 2016).
- ANKOM. 2011. *In vitro* true digestibility using DAISY incubator. Ankom Technology 2005; http://digestibility.com/media/documents/IVDMD_0805_D200.pdf. Macedon, NY, USA: Ankom Technology Corp. 2011 (Consulta: junio de 2016).
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Ball, D. M., M. Collins, G. D. Lacefield, N. P. Martin, D. A. Mertens, K. E. Olson, D. H. Putnam, D. J. Undersander, and M. W. Wolf. 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL. 17 p.
- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- Giraldo L., A., L. A. Gutiérrez, y C. Rúa. 2007. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20: 269-279.
- Hatfield J., L., and J. H. Prueger. 2015. Temperature extremes: effect on plant growth and development. *In: Hatfield, J. L., and M. D. Brunsberg (eds). Weather and Climate Extremes.* be used to obtain green forage, with low productivity during the first harvests and high productivity during the last harvests. The protein complement for growing cattle will be low, as a result of the high-quality of the forage that was evaluated.
- End of the English version—
- USDA Research and Programs on Extreme Events. 10. pp: 4-10.
- INFOSIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp (Consulta: junio de 2017).
- Jiménez O., R., R. Rosales S., P. A. Domínguez M., M. V. Montelongo T., y C. A. Nava B. 2014. Rendimiento y calidad de forraje invernal obtenido con diferentes especies de pasto perenne. 1er. Congreso Internacional de Investigación Agropecuaria y Forestal. Edo. Méx. Méx. pp: 779-786.
- Lozano del R., A. J., S. A. Rodríguez H., H. Díaz S., J. M. Fuentes R., J. M. Fernández B., J. M. F. Narváez M., y V. M. Zamora V. 2002. Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticale (*X Triticosecale* Wittmack) y ballico anual (*Lolium multiflorum* L.) en Navidad N. L. Tec. Pec. Méx. 40: 17-35.
- Medina G., G., G. Díaz P., J. López H., J. A. Ruiz C., y M. Marín S. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. 224 p.
- Mueller S., C., and S. B. Orloff. 1994. Environmental factors affecting forage quality. 24th California Alfalfa Symposium. Redding, CA. pp: 56-62.
- NDS. 2007. Principles of exterior drainage. Short Course. Lindsay, CA. USA. 56 p. <https://www.ndspro.com/media/wysiwyg/files/principles-of-exterior-drainage.pdf>. (Consulta: junio de 2017).
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. Washington, D. C. National Academy Press.
- Ortiz R., F., O. Reyes E., J. Herrera C., R. Rosales S., y R. Jiménez O. 2016. Rendimiento y calidad nutricional del forraje de maralfalfa obtenido en diferentes fechas de corte en Durango, México. *AGROFAZ* 16: 47-56.
- Reyes M., F. E., F. Sánchez A., y F. Meráz D. 2000. Establecimiento de praderas irrigadas para el Valle del Guadiana, Durango. Folleto para Productores Núm. 9. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. Méx. 8 p.
- Rosales S., R., P. A. Domínguez M., F. A. Euzarraga R., H. Flores G., y R. Jiménez O. 2016. Respuesta de especies forrajeras de pasto en diferentes niveles de temperatura y humedad del suelo. Memoria de la 28 Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. Méx. pp: 175-181.
- Van-Soest, P. J. 1965. Symposium of factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24: 834-843.

- Van-Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Velasco Z., M. E., A. Hernández G., y V. A. González H. 2005. Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium Perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Tec. Pecu. Méx.* 43: 247-258.
- Wilson, J. R., and D. J. Minson. 1983. Influence of temperature on the digestibility of the tropical legume *Macroptilium atropurpureum*. *Grass Forage Sci.* 38: 39-44.
- Wilson, J. R., P. N. Jones, and D. J. Minson. 1986. Influence of temperature on digestibility and growth of *Macroptilium atropurpureum* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume* in subtropical and tropical Australia. *Trop. Grassl.* 20: 145-156.