

Evaluación morfológica, citológica y valor nutritivo de siete nuevos genotipos y un cultivar de pasto *Cenchrus ciliaris* L., tolerantes a frío*

Morphological, cytological and nutritional value assessment of seven new genotypes and cultivar of grass *Cenchrus ciliaris* L., cold tolerant

Santiago Garduño Velázquez¹, Raúl Rodríguez Herrera², Adrián Raymundo Quero Carrillo^{1§}, Javier Francisco Enríquez Quiroz³, Alfonso Hernández Garay¹ y Alejandra Pérez Hernández¹

¹Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas-Campus Montecillo, Ganadería, Montecillo, Texcoco, Estado de México. (santiago432@hotmail.com; hernan@colpos.mx; alejandra.perez@colpos.mx). ²Universidad Autónoma de Coahuila-Facultad de Ciencias Químicas. (rrh961@hotmail.com). ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-C. E. "La Posta", Paso del Toro, Veracruz. (enriquez.javier@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: queroadrian@hotmail.com.

Resumen

Genotipos de *Cenchrus ciliaris* L., de África (CGIAR-ILRI; Etiopía), se evaluaron para tolerancia al frío y los de mayor adaptación, se caracterizaron por atributos forrajeros colaterales: morfología, citología, valor nutritivo y se compararon con el cultivar comercial "Frío". Los datos se tomaron a la madurez del forraje, en un solo corte y se analizaron por componentes principales (CP), conglomerados jerárquicos y análisis de varianza. Los genotipos seleccionados fueron tetraploides y frío, pentaploide, $2n=5x=45$. Los tres primeros componentes explicaron 79% de la variación; el CP1, 49%; CP2, 22%; y CP3, 9%. El CP1 incluyó: altura de planta, longitud de inflorescencia, altura de forraje, FDA, lignina, PC y MS total; CP2, MS de hoja, digestibilidad *in vitro* (DIVMS) y relación hoja: tallo. Altura de planta, altura de forraje, diámetro de tallo, longitud de inflorescencia y MS total, correlacionaron positivamente ($p < 0.05$) con FDN, FDA y lignina, pero, negativamente, con PC y DIVMS. Se conformaron tres grupos: G-1, cinco genotipos asociados a rendimiento de MS y negativamente con calidad de MS; G-2, B7 y B-Frío, se asociaron a calidad de forraje; G-3, genotipo aislado, con atributos asociados a inflorescencia. Existen materiales que combinan resistencia a frío y calidad de forraje para el Desierto Chihuahuense.

Abstract

Genotypes of *Cenchrus ciliaris* L., from Africa (CGIAR-ILRI, Ethiopia), were evaluated for cold tolerance and the ones with higher adaptation, were characterized by forage attributes: morphology, cytology, nutritional value and compared with commercial variety "Frio". Data were taken to forage maturity, in one cut and analyzed by principal components (CP), hierarchical cluster and analysis of variance. Tetraploid and cold, pentaploid, $2n=5x=45$ genotypes were selected. The first three components explained 79% of the variation; CP1, 49%; CP2, 22%; and CP3, 9%. CP1 included: plant height, inflorescence length, forage height, FDA, lignin, total PC and MS; CP2, leaf MS, *in vitro* digestibility (DIVMS) and leaf: stem ratio. Plant height, forage height, stem diameter, inflorescence length and total MS positively correlated ($p < 0.05$) with FDN, FDA and lignin, but negatively, with PC and DIVMS. Three groups were formed: G-1, five genotypes associated to MS yield and negatively to MS quality; G-2, B7 and B-Frio, were associated to forage quality; G-3, isolated genotype, with characteristics associated to inflorescence. There are materials that combine cold resistance and forage quality for the Chihuahuan Desert.

Palabras clave: Buffel, caracterización morfológica, citología, componentes principales.

Keywords: Buffel, morphological characterization, cytology, principal components.

Introducción

Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) es una gramínea apomíctica apospórica (Quero *et al.*, 2010), amacollada o rizomatosa, perenne, C₄, originaria de África (Hatch y Hussey, 1991), distribuida en regiones subtropicales y semiáridas del mundo. Crece en regiones con lluvias anuales superiores a 350mm, hasta 2500 msnm (Bogdan, 1997), dependiendo de la relación altitud: latitud. Fue introducida a México en 1957, posee buena adaptación a sequía y rendimiento de forraje (MS). En México se cultivan más de 4 millones de hectáreas (Ibarra *et al.*, 2013) y se cosechan anualmente 7.2 millones de t de MS. Una de limitantes para su establecimiento en el altiplano Chihuahuense es su baja tolerancia a frío (Hussey y Bashaw, 1996; Ibarra *et al.*, 2011).

Caracterizar diversidad genética en base a morfología, citología y valor nutritivo, para compararlos con los existentes, es importante, en base a necesidades definidas en programas de selección y mejoramiento (Franco e Hidalgo, 2003). Determinar ploidía y tipo reproductivo es indispensable para planear cruzamientos. Buffel tiene un rango de 32 a 52 cromosomas, pero la mayoría son alotetraploides (Visser *et al.*, 2000), con 10 a 14 bivalentes y 2 a 4 cuadrivalentes en diacinesis. Buffel tiene baja calidad de MS en el otoño; por tanto (Gómez, 2005). Para Buffel, se ha reportado digestibilidad *in vitro* de MS (DIVMS) de 40 a 60% (dependiente de su madurez); proteína cruda (PC), 19% en crecimiento activo, 11% en formación de espigas, 8% en madurez vegetativa y 2 a 4%, en sequía (Hussey y Bashaw, 1985; García *et al.*, 2003).

García *et al.* (2007), encontraron diferencias ($p < 0.05$) en producción de MS ha⁻¹ (6 a 10 t ha⁻¹), PC (8 a 9.6%), celulosa (36.7 a 42.3%), hemicelulosa (18 a 24%) y lignina (3.3 a 6%). Buffel reduce calidad y producción de MS en otoño-invierno. Los objetivos fueron evaluar genotipos tolerantes a frío, mediante conteo de cromosomas, morfología forrajera, rendimiento de MS, valor nutritivo y compararlos con el cultivar comercial "Frío".

En 2006, 36 genotipos silvestres de Buffel del Instituto Internacional de Ganadería para África (CGIAR-ILCA) de Etiopía, originarios de África, se sembraron en SLP, a 22° 37' latitud norte y 101° 42' longitud oeste, 2 083 msnm,

Introduction

Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) is an aposporic apomixis grass (Quero *et al.*, 2010), tillering or rhizomatous, perennial, C₄, native to Africa (Hatch and Hussey, 1991), distributed in subtropical and arid regions of the world. It grows in regions with annual rainfall exceeding 350 mm, up to 2500 m (Bogdan, 1997), depending on the altitude: latitude ratio. It was introduced to Mexico in 1957, it has good adaptation to drought and forage yield (MS). In Mexico more than 4 million hectares are grown (Ibarra *et al.*, 2013) and harvested annually 7.2 million tons of MS. One limitation for establishment in Chihuahuan highlands is their low tolerance to cold (Hussey and Bashaw, 1996; Ibarra *et al.*, 2011).

To characterize genetic diversity based on morphology, cytology and nutritional value, for comparison with existing, it is important, based on defined needs from breeding programs (Franco and Hidalgo, 2003). Determine ploidy and reproductive system is essential to plan crosses. Buffel has a range of 32 to 52 chromosomes, but most are allotetraploids (Visser *et al.*, 2000), with 10 to 14 bivalents and 2 to 4 quadrivalent in diakinesis. Buffel has low quality of MS in fall; therefore (Gomez, 2005). To Buffel it has been reported in DIVMS of 40 to 60% (depending on maturity); crude protein (PC), 19% in active growth, 11% in spikes formation, 8% in vegetative maturity and 2 to 4% in drought (Hussey and Bashaw, 1985; Garcia *et al.*, 2003).

Garcia *et al.* (2007) found differences ($p < 0.05$) in production of MS ha⁻¹ (6 to 10 t ha⁻¹), PC (8 to 9.6%), cellulose (36.7 to 42.3%), hemicellulose (18 to 24 %) and lignin (3.3 to 6%). Buffel reduces quality and MS production in autumn-winter. The objectives were to evaluate cold tolerant genotypes through chromosome count, forage morphology, MS yield, nutritional value and compare them with the commercial variety "Frío".

In 2006, 36 wild genotypes of Buffel from the International Institute for Livestock for Africa (CGIAR-ILCA) in Ethiopia, from Africa, were planted in SLP, at 22° 37' north latitude and 101° 42' west longitude, at 2083 masl, with minimum, average and maximum temperature of 8.2, 25 and 16 °C respectively; rainfall of 337 mm and frost in autumn-winter. After five years of agronomic evaluations

con temperatura mínima, media y máxima de 8.2, 25 °C y 16 °C, respectivamente; precipitación de 337 mm y heladas en otoño-invierno. Después de cinco años de evaluaciones agronómicas en temporal y temperaturas mínimas extremas hasta -15 °C, siete genotipos fueron seleccionados y se compararon con el cultivar comercial "Frío" (Cuadro 1). Los cromosomas se contaron en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Diez cariopsides por genotipo germinaron en cajas Petri con papel filtro.

Cuando las radículas tuvieron de 1.5 a 2 cm, se colectaron puntas de éstas. Cinco muestras por genotipo se trataron con 8-hidroxiquinolina (2 mM) a ambiente (18 a 24 °C), durante 4 h; se fijaron en solución 3:1 (v/v alcohol absoluto: ácido acético glacial), se conservaron a 4 °C, hasta evaluación por microscopía (García, 1990). Las puntas de raíz (2 ó 3 mm) hirvieron en ácido acético al 45%, por 30s. Se separó la masa celular y se colocó sobre portaobjetos con una gota de ácido acético (45%) y una de rojo carmín (2%; v/v). Se presionó uniformemente sobre el cubreobjetos, para dispersar los cromosomas, se hicieron recuentos al menos en cinco preparaciones y 10 células metafásicas, por preparación, por planta (100 x; García, 1990).

under rainfed and extreme low temperatures down to -15 °C, seven genotypes were selected and compared with a commercial variety "Frío" (Table 1). Chromosomes were counted at the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). Ten caryopses per genotype germinated in Petri dishes with filter paper.

When radicles were 1.5 to 2 cm, the tips of this were collected. Five samples per genotype were treated with 8-hydroxyquinoline (2 mM) at room temperature (18 to 24 °C) for 4 h; fixed in a solution 3:1 (v/v absolute ethanol: glacial acetic acid), stored at 4 °C until evaluation by microscopy (García, 1990). Root tips (2 or 3 mm) boiled in 45% acetic acid for 30s. Cell mass was removed and placed on slides with a drop of acetic acid (45%) and a drop of carmine red (2%, v/v). Pressure was applied uniformly over the coverslip, to disperse the chromosome; counts were made at least five preparations and 10 metaphase cells, per preparation by plant (100 x; Garcia, 1990).

The morphological evaluation was performed at the same age of regrowth at the end of the rainy season. The descriptors used were previously reported (Morales *et al.*, 2008). The genotypes were distributed into 4 m² plots and three

Cuadro 1. Sitio de colecta, estatus, altitud de origen, número de cromosomas y nivel de ploidía, de genotipos evaluados de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.).

Table 1. Collection site, status, altitude of origin, number of chromosomes and ploidy level from evaluated genotypes of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.).

Genotipo	Origen	Estatus	Altitud (msnm)	Cromosomas	Nivel de ploidía
B-1	Shewa, Etiopia	Silvestre	1530	36	2n = 4x = 36
B-2	Shewa, Etiopia	Silvestre	1760	36	2n = 4x = 36
B-3	Sidamo, Etiopia	Silvestre	1600	36	2n = 4x = 36
B-4	Sodo, Etiopia	Silvestre	1700	36	2n = 4x = 36
B-5	Alaba, Etiopia	Silvestre	1750	36	2n = 4x = 36
B-6	Arsi, Etiopia	Silvestre	1670	36	2n = 4x = 36
B-7	Muranga, Kenia	Silvestre	1530	36	2n = 4x = 36
B - Frío*	Beaufort, Sudáfrica	Cultivar	1100	45	2n = 5x = 45

*USDA-ARS en 1999, bajo denominaciones T-704, T-409704 y 409704 (Hussey y Burson, 2005).

La evaluación morfológica se realizó a la misma edad de rebrote al finalizar la época de lluvias. Los descriptores utilizados fueron reportados previamente (Morales *et al.*, 2008). Los genotipos se distribuyeron en parcelas de 4 m² y tres repeticiones, bajo diseño completamente al azar. Los descriptores se evaluaron por unidad experimental como sigue: altura, del suelo hasta la punta de la inflorescencia (cm); altura de forraje, del suelo hasta la presencia de hojas (cm); número de tallos por m²; grosor de tallos, tomando al

replications, under a completely randomized design. The descriptors were evaluated by experimental unit as follows: height, from the ground to the tip of the inflorescence (cm); forage height from the ground to leaf presence (cm); number of stems per m²; stem thickness, taking one stem at random from the base and middle part (mm); sheet width, central portion of the sheet (cm); leaf length, leaf from the longest scape, from the base (ligule) to the tip (cm); inflorescence length, from the base to the peduncle to the tip

azar un tallo de la base y parte media (mm); ancho de hoja, parte central de lámina (cm); largo de hoja, hoja del tallo floral más largo, desde base (lígula) hasta la punta (cm); longitud de inflorescencia, desde la base del pedúnculo hasta la punta (cm); longitud de involucre, desde la base hasta la parte terminal (cm); fusión de involucre, longitud del pedicelo del involucre (mm); involucros por inflorescencia; diámetro de macollo, a nivel de suelo (cm); peso de mil carióspsides (mg).

Se tomaron tres muestras por unidad experimental y genotipo, con cuadros de 0.25 m², se cortó forraje a ras de suelo y se separó en componentes; cada uno, se secó en aire forzado, a 55 °C, hasta peso constante. La relación hoja:tallo se obtuvo al dividir el peso (g) de hoja con peso (g) de tallo. Se determinó en laboratorio proteína cruda (PC) y cenizas (CNS; AOAC, 1995), fibra detergente neutro (FDN), FD ácido (FDA), lignina (LIG) y digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS; Goering y Van Soest, 1970), con tres repeticiones. Para analizar los datos estandarizados se usó Info Stat (Info Stat, 2008).

Se realizó análisis de componentes principales (ACP), para establecer definir autovalores y autovectores. Para agrupamiento de genotipos y variables, se realizó representación Biplot, con dos componentes. Por similitud, se agrupó con Análisis de Conglomerados Jerárquico. Para rendimiento de MS y sus componentes, se realizó análisis de varianza, con diseño completamente al azar y Tukey ($\alpha=0.05$; SAS, 2002).

Se encontraron siete tetraploides $2n=4x=36$ y Frio pentaploide $2n=5x=45$ (Cuadro 1), apomícticos. Existen evidencias (Visser *et al.*, 2000), de que tetraploides y pentaploides presentan bajos niveles de apomixis facultativa, lo que puede explicar variaciones entre tetraploides. La ploidía podría explicar diferencias morfológicas; sin embargo, puede no ser la razón, sugiriendo origen diferente de poblaciones. Cinco componentes principales explican 93% de la varianza total; el primer componente (CP1), explicó 48% de ésta; el segundo componente (CP2), 22% y tercer componente (CP3), 9%. La varianza que contiene cada CP resultante, se explica por autovectores por variable (Cuadro 2).

El CP1 y CP2 explicaron 70% de la varianza total. Las variables del CP1 incluyeron altura de planta, longitud de inflorescencia, altura de forraje, FDA, PC, lignina, MS total y de tallos. Para el CP2, MS de hoja, involucros por inflorescencia, DIVMS, relación hoja: tallo y diámetro de tallo (Cuadro 3). Trabajos previos han reportado resultados similares; Morales *et al.* (2009), en 177 ecotipos de *Bouteloua* spp., indican variables

(cm); involucre length, from the base to the end part (cm); involucre fusion, length of the pedicel from the involucre (mm); involucres per inflorescence; tiller diameter, at ground level (cm); thousand caryopses weight (mg).

Three samples per experimental unit and genotype were taken; 0.25 m² of forage were cut at ground level and separated into components; each, dried in forced air oven at 55 °C, to constant weight. The leaf:stem ratio was obtained by dividing sheet weight (g) with stem weight. Crude protein (CP) and ash (AOAC, 1995 CNS), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), lignin (LIG) and *in vitro* dry matter digestibility (DIVMS; Goering and Van Soest, 1970) with three replicates, were determined in laboratory. To analyze standardized data, Info Stat (Info Stat, 2008) was used.

Principal component analysis (ACP) was performed to define eigenvalues and eigenvectors. For clustering of genotypes and variable, a Biplot representation was made with two components. By similarity, it was grouped with Hierarchical Cluster Analysis. For MS yield and its components, an analysis of variance was performed, with a completely random design and Tukey ($\alpha=0.05$; SAS, 2002).

Seven tetraploid $2n=4x=36$ and Frio pentaploid $2n=5x=45$ (Table 1), apomictic were found. There is evidence (Visser *et al.*, 2000), that tetraploid and pentaploids show low levels of facultative apomixis, which may explain variations between tetraploids. Ploidy could explain morphological differences; however, it cannot be the reason, suggesting different origins of the populations. Five principal components explain 93% of the total variance; the first component (CP1) explained 48% of this; the second component (CP2), 22% and the third components (CP3), 9%. The variance containing each resulting CP is explained by eigenvectors per variable (Table 2).

Cuadro 2. Componentes principales (CP) resultantes de la matriz de correlación de 18 variables morfológicas y seis químicas, de ocho genotipos de pasto Buffel.

Table 2. Main components (CP) resulting from the correlation matrix of 18 morphological variables and six chemical, from eight Buffel grass genotypes.

Componente principal	Valor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	11.5	6.25	0.48	0.48
2	5.25	2.97	0.22	0.70
3	2.28	0.37	0.09	0.79
4	1.91	0.56	0.08	0.87
5	1.35	0.22	0.06	0.93

que explican la variación en el CP1, a las relacionadas con MS. Al evaluar características de MS en *Distichlis spicata* L. (Greene), encontraron que los tres primeros CP explican 92.7% de la varianza total (Escobar *et al.*, 2005).

CP1 and CP2 explained 70% of total variance. CP1 variables included plant height, inflorescence length, forage height, FDA, PC, lignin, total and stems MS. For CP2, MS sheet, involucres per inflorescence, DIVMS, leaf: stem ratio and

Cuadro 3. Autovectores característicos de variables de mayor valor para cada variable original, respecto a su componente principal, en ocho genotipos de pasto Buffel.

Table 3. Characteristic eigenvectors from variables of higher value for each original variable regarding to its principal component, in eight genotypes of Buffel grass.

Variable	CP1	CP2	Variable	CP1	CP2
AP	0.28	0.03	PMS	0.18	-0.02
AF	0.27	0.05	MST	0.25	0.16
DT	-0.18	0.22	MSH	0.15	0.33
DTB	0.23	-0.25	MSTA	0.25	0.04
DTM	0.22	-0.26	MSI	0.06	0.14
ALH	0.22	0.14	RHT	-0.13	0.31
LLH	0.15	0.25	PC	-0.27	-0.07
LI	0.28	-0.01	FDN	0.24	-0.22
LDI	-0.23	-0.20	FDA	0.27	-0.08
FDI	-0.10	-0.26	LIG	0.25	-0.14
NII	0.07	0.34	DIV	-0.13	0.31
DM	0.04	0.20	CNS	0.14	0.22

AP= altura de planta; AF A de forraje, DT tallos m²; DTB, diámetro basal de tallo; DTM, DT parte media; ALH= ancho de lámina; LLH= longitud de lámina, LI, L de inflorescencia; LDI, L de involucro; FDI, fusión de involucro; NII, involucros por inflorescencia; DM, diámetro de macollo; PMS, peso de mil semillas; MST, materia seca total; MSH, MS de hoja; MST, MS de tallos, MSI, MS de inflorescencias; PC, proteína cruda; FDN, fibra detergente neutro; FDA, FD ácido; LIG, lignina; DIV, digestibilidad in vitro de MS; y CNS, cenizas.

Se observó amplia correlación entre MS total y diámetro de tallo, FDN, lignina, FDA, altura de planta y forraje, longitud de inflorescencia, peso de mil semillas, largo y ancho de lámina central. La relación hoja: tallo mostró alta correlación con DIVMS (Figura 1). Por otra parte, B-1, B-2, B-4, B-5 y B-6, se correlacionaron con variables relativas a MS total, FDN, FDA, lignina y cenizas; por su parte, B-3 y B-Frío a relación hoja: tallo, digestibilidad *in vitro* de MS, densidad de tallos y PC. El genotipo B-7 se relacionó con PC, longitud de involucro y fusión del involucro. Estos resultados son similares a los observados en la evaluación de cinco nuevas líneas y la variedad Nueces, de pasto Buffel, donde las líneas que produjeron más forraje, tuvieron mayor contenido de FDN, FDA y hemicelulosa y menor PC (García *et al.*, 2003; Arshadullah *et al.*, 2011).

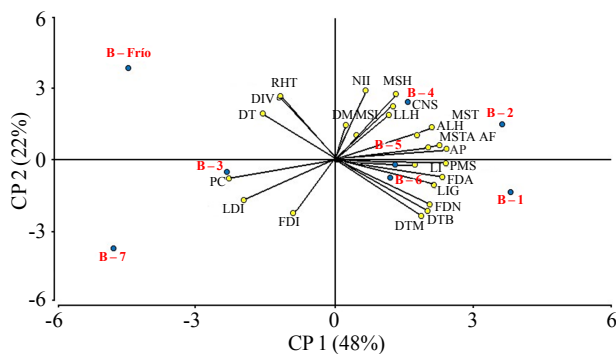
Evaluando crecimiento estacional, variaciones genotípicas y su influencia en rendimiento y contenido nutricional de cinco líneas de *Cenchrus ciliaris* L. (Arshadullah *et al.*, 2011), señalan que la mayor MS se presentó con mayor contenido de fibra cruda y cenizas y menor calidad. El análisis de Conglomerados Jerárquicos resultó en tres grupos: el G1 (B-1, B-2, B-4 y B-5), presentó mayor rendimiento de MS;

stem diameter (Table 3). Previous studies have reported similar results; Morales *et al.* (2009), in 177 ecotypes of *Bouteloua* spp., indicate variables that explain the variation in CP1, to those related with MS. When assessing characteristics of MS in *Distichlis spicata* L. (Greene), found that the first three CP explained 92.7% of total variance (Escobar *et al.*, 2005).

It was observed a wide correlation between total MS and stem diameter, FDN, lignin, FDA, plant and fodder height, length of inflorescence, thousand seed weight, length and width of central sheet. The leaf: stem ratio showed high correlation with DIVMS (Figure 1). Moreover, B-1, B-2, B-4, B-5 and B-6, were correlated with variables related to total MS, FDN, FDA, lignin and ash; B-3 and B-Frío to leaf: stem ratio, *in vitro* digestibility of MS (DIVMS), stem density and PC. Genotype B-7 was related to PC, involucre length and involucre fusion. These results are similar to those observed in the evaluation of five new lines and Nueces Buffel grass variety, where lines that produced more forage had higher FDN, FDA and hemicellulose content and lower PC (García *et al.*, 2003; Arshadullah *et al.*, 2011).

el G2 (B-3 y B-Frío), los más relacionados entre sí, presentan rendimiento medio de MS, pero alta calidad; y, el G3 (B-7), el más alejado, con origen geográfico en Kenia; mientras que, los otros son de Etiopia. Evaluando 45 ecotipos de *Bouhcloue dactyloides* (Nutt.) Englem., se conformaron dos grupos; uno de mejor calidad de césped y, otro con potencial forrajero (Hernández *et al.*, 2007).

Manzelli *et al.* (2005), al evaluar 16 accesiones de *Sorghum bicolor* (L.), en base a características morfológicas y productivas, separaron accesiones para producción grano y forraje. La producción de MS total (kg MS ha⁻¹) fue mayor ($p < 0.05$) en B-6 y B-4 con 3,448 y 3,427 kg MS ha⁻¹, respectivamente y, la menor, la presentó B-7 con 1,529 kg MS ha⁻¹. Existieron diferencias ($p < 0.05$), para MS de hoja, B-4 fue el mayor, con 1,255 y el menor B-7 con 422 kg MS ha⁻¹. La MS de tallo fue mayor ($p < 0.05$) en B-6 con 2,033 y el menor para Frío, B-3 y B-7, con 951, 944 y 859 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 4). Al comparar 85 genotipos de Buffel, durante lluvias, se encontraron intervalos de 1 a 5 t MS ha⁻¹, con media de 3 t MS ha⁻¹ (Morales, 2003). Mientras que García *et al.* (2003), al evaluar cinco líneas de Buffel y cv. Nueces en lluvias, observaron diferencias ($p < 0.05$) para MS, con intervalos de 3.2 a 5.9 t MS ha⁻¹.



AP= altura de planta; AF= altura de forraje; DT= tallos m²; DTB= diámetro de tallo en base; DTM= DT parte media; ALH= ancho de la lámina central; LLH= longitud de la LH central; LI= longitud de inflorescencia; LDI= L de involucre, FDI= fusión del involucre, NII= número de involucros por inflorescencia, DM= diámetro del macollo, PMS= peso de mil semillas, MST= materia seca total, MSH= materia seca de hojas, MST= materia seca de tallos, MSI= materia seca de inflorescencias, PC= proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido, LIG= lignina, DIV= digestibilidad in vitro de MS y CNS cenizas.

Figura 1. Distribución espacial de ocho genotipos de *Cenchrus ciliaris* L. tolerantes a frío (puntos oscuros), 18 variables morfológicas y seis químicas evaluadas (puntos claros), en base a los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2).

Figure 1. Spatial distribution of eight genotypes of *Cenchrus ciliaris* L. cold tolerant (dark dots), 18 morphological variables and six chemical (clear dots) evaluated, based on the first two principal components (CP1 and CP2).

Assessing seasonal growth, genotypic variation and its influence on yield and nutritional content of five lines of *Cenchrus ciliaris* L. (Arshadullah *et al.*, 2011) indicate that most MS had higher crude fiber content and ash and lower quality. Hierarchical cluster analysis resulted in three groups: G1 (B-1, B-2, B-4 and B-5) showed higher MS yield; G2 (B-3 and B-Frío), the most interrelated, exhibiting average yield of MS, but high quality; and G3 (B-7), the farthest with geographical origin in Kenya; while the others are from Ethiopia. Evaluating 45 ecotypes of *Bouhcloue dactyloides* (Nutt) Englem, two groups were formed; one of better quality of grass and another with forage potential (Hernández *et al.*, 2007).

Manzelli *et al.* (2005) when evaluating 16 accesiones of *Sorghum bicolor* (L.), based on morphological and productive characteristics, separated accesiones for grain and forage production. Total MS production (kg MS ha⁻¹) was higher ($p < 0.05$) in B-6 and B-4 with 3,448 and 3 427 kg MS ha⁻¹ respectively and the lower, was for B-7 with 1 529 kg MS ha⁻¹. There were differences ($p < 0.05$) for MS sheet, B-4 was the highest, with 1 255 and the lowest B-7 with 422 kg MS ha⁻¹. The MS stem was higher ($p < 0.05$) in B-6 with 2 033 and the lowest for Frío, B-3 and B-7, with 951, 944 and 859 kg MS ha⁻¹ respectively (Table 4). Comparing 85 Buffel genotypes during rainy season intervals of 1 to 5 t ha⁻¹, with a mean of 3 t ha⁻¹ (Morales, 2003) were found. While Garcia *et al.* (2003), evaluating five lines of Buffel and cv. Nueces during rainy season observed differences ($p < 0.05$) for MS, with intervals of 3.2 to 5.9 t MS ha⁻¹.

The nutritional content of seven genotypes and "Frío" reflected high variability; which depends on the phenological stage, soil fertility, time, part of the plant (Estrada, 2002). PC content, ash and DIVMS was higher in leaf; while FDN, FDA and lignin is higher in stem (Table 5). PC content in sheet was 10.5%, the highest value ($p < 0.05$; B-6; 13.8%) and the lowest, B-1 (8.2%). PC content in stem was different ($p < 0.05$) between genotypes, B-Frío and B-7 had values of 6.9 and 6.8%, and the lowest, for B-2, with 2.8%. The highest values of FDN, FDA and lignin in stem were in B-1 with 82, 52.7 and 14.5%, respectively.

The ash content in leaves was different ($p < 0.05$), with a minimum of 8.53% and a maximum value of 16.92% recorded for genotypes B-6 and B-4, respectively; in stems was different ($p < 0.05$) 6.8-8.2% for B-7 and B-1, respectively. Different values ($p < 0.05$) of DIVMS, 76-70% were observed in leave of B-6 and B-3, respectively. Morales (2003) evaluated the nutritional content of 85

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) para hoja, tallo, inflorescencia y material muerto de ocho genotipos de *Cenchrus ciliaris* L.**Table 4. Dry matter yield (kg MS ha⁻¹) for leaf, stem, inflorescence and dead material from eight genotypes of *Cenchrus ciliaris* L.**

Genotipo	Hoja	Tallo	Flor	Material muerto	MS total	Hoja: tallo
B-1	909 ^b	1551 ^b	83 ^c	325 ^b	2868 ^{ab}	0.58
B-2	884 ^b	1715 ^{ab}	229 ^a	357 ^{ab}	3185 ^a	0.515
B-3	749 ^b	944 ^c	145 ^b	217 ^c	2055 ^{cd}	0.793
B-4	1255 ^a	1709 ^{ab}	86 ^c	377 ^{ab}	3427 ^a	0.734
B-5	749 ^b	1634 ^b	143 ^b	330 ^b	2856 ^{ab}	0.458
B-6	861 ^b	2033 ^a	151 ^b	403 ^a	3448 ^a	0.423
B-7	422 ^c	859 ^c	73 ^c	175 ^c	1529 ^d	0.491
B-Frío	909 ^b	951 ^c	158 ^b	231 ^c	2249 ^{bc}	0.955
EEM	46.27	88.35	10.56	16.71	139.7	

EEM= error estándar de la media; diferente literal entre filas expresa diferencias ($p < 0.05$).

El contenido nutricional de siete genotipos y "Frío" de Buffel reflejó alta variabilidad; la cual, depende de la etapa fenológica, fertilidad de suelo, época, parte de la planta (Estrada, 2002). El contenido de PC, cenizas y DIVMS fue mayor en hoja; mientras que, FDN, FDA y lignina es mayor en tallo (Cuadro 5). El contenido de PC de hoja fue 10.5%, el valor más alto ($p < 0.05$; B-6; 13.8%) y, el menor, B-1 (8.2%). El contenido de PC en tallo fue diferente ($p < 0.05$) entre genotipos, B-Frío y B-7 tuvieron valores de 6.9 y 6.8% y, el menor, para B-2, con 2.8%. Los valores más elevados de FDN, FDA y lignina en tallo se presentaron en B-1 con 82, 52.7 y 14.5%, respectivamente.

Buffel genotypes and found differences ($p < 0.05$) for PC (7-9%); FDN ($p < 0.05$) average 73% (67-79%); FDA, from 42 to 53%; and *in situ* digestibility 57% (50-71%). Alba (2000) evaluated DIVMS in leaf and stem in Common, Nueces and Llano buffel during spring, summer and winter, recording differences ($p < 0.01$); Common had lower values of PC and DIVMS in stem and leaf, in the year; Nueces, higher ($p < 0.01$) in ashes; leaves had higher concentration of nutrients than stems, in the three varieties and higher values of PC and DIVMS during the summer.

Cuadro 5. Contenido de PC, FDN, FDA, lignina, cenizas y DIVMS (%), de hoja y tallo de siete nuevos genotipos y el cultivar "Frío" de *Cenchrus ciliaris* L., tolerantes a frío.**Table 5. PC, FDN, FDA, lignin, ash and DIVMS (%) from leaf and stem of seven new genotypes and cultivar "Frío" of *Cenchrus ciliaris* L., cold tolerant.**

l	Hoja						Tallo					
	PC	FDN	FDA	Lignina	Cenizas	DIV	PC	FDN	FDA	Lignina	Cenizas	DIV
B-1	8 ^c	70.8 ^{ab}	42.4 ^a	6.2 ^{ab}	16.6 ^a	70.6 ^{cd}	3.2 ^c	82 ^a	56.7 ^a	14.5 ^a	8.2 ^a	41.4 ^{de}
B-2	9.6 ^{cd}	69.1 ^{bc}	41 ^b	6.7 ^{ab}	16.5 ^a	72.7 ^b	2.8 ^c	81.1 ^a	51 ^b	14.1 ^{ab}	6.9 ^b	40.8 ^c
B-3	10.8 ^{bc}	68.1 ^c	36.2 ^c	6.8 ^{ab}	13.8 ^c	76.3 ^a	4.3 ^c	78.4 ^c	46.3 ^d	11.3 ^{cd}	6.9 ^b	46.8 ^b
B-4	9.9 ^{cd}	64.8 ^d	39.4 ^d	6.6 ^{ab}	16.9 ^a	71.7 ^{bc}	4.2 ^b	78.1 ^{cd}	48.7 ^c	12.9 ^{bc}	7.2 ^b	45.6 ^c
B-5	8.7 ^{de}	69.6 ^{bc}	40.7 ^{bc}	6.1 ^b	14.7 ^b	75.2 ^a	4.1 ^b	79.9 ^b	44.3 ^e	11.1 ^d	7.2 ^b	45.4 ^c
B-6	13.7 ^a	72.6 ^a	39.6 ^{cd}	5.9 ^b	8.5 ^d	70.7 ^{cd}	4.4 ^b	78.7 ^c	47.1 ^d	11.3 ^{cd}	6.9 ^b	45.5 ^c
B-7	11.7 ^b	63.9 ^d	33 ^f	6.7 ^{ab}	8.6 ^d	70 ^d	6.8 ^a	77.3 ^e	42.2 ^f	10.8 ^d	6.7 ^b	42.1 ^d
Frío	11.6 ^b	65.3 ^d	33.8 ^f	7.4 ^a	13.2 ^c	71.3 ^{bcd}	6.9 ^a	74.1 ^e	41.9 ^f	8.76 ^e	6.9 ^b	49.6 ^a
Media	10.5	68	38.3	6.5	13.6	72.3	4.6	78.7	47.3	11.8	7.1	44.6
EEM	0.37	0.6	0.68	0.12	0.66	0.46	0.29	0.48	0.96	0.38	0.09	0.59
Sig	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**

l. Genotipo; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= FD ácido; DIV= digestibilidad *in vitro* de MS. EEM= error estándar de la media; Sig= significancia, **= ($p < 0.01$). Medias con distinta literal entre filas indican diferencias ($p < 0.05$).

El contenido de cenizas en hojas y fue diferente ($p < 0.05$), con valores mínimos 8.53 y máximos de 16.92%, registrados para los genotipos B-6 y B-4, respectivamente; en tallos fue diferente ($p < 0.05$), de 6.8-8.2%, para B-7 y B-1, respectivamente. Valores diferentes ($p < 0.05$) de DIVMS, 76 a 70%, fueron observados en hoja de B-6 y B-3, respectivamente. Morales (2003), evaluó el contenido nutricional de 85 genotipos de Buffel y encontró diferencias ($p < 0.05$) para PC (7 a 9%); FDN ($p < 0.05$), media de 73% (67 a 79%); la FDA, de 42 a 53%; y digestibilidad *in situ*, de 57% (50 a 71%). Alba (2000), evaluó DIVMS de hoja y tallo, en Buffel Común, Nueces y Llano, en primavera, verano e invierno, registrando diferencias ($p < 0.01$); Común, presentó menores valores de PC y DIVMS en tallo y hoja, en el año; Nueces, más elevado ($p < 0.01$) en cenizas; las hojas tuvieron mayor concentración de nutrientes que los tallos, en las tres variedades y valores mayores de PC y DIVMS se presentaron en verano.

Conclusiones

Los genotipos fueron tetraploides y Frío, pentaploide. Existe variabilidad morfológica y de calidad genotipos. Se conformaron tres grupos: G1 (B-1, B-2, B-4, B-5 y B-6), mostró mayor rendimiento de MS total y menor calidad de MS; G2 (B-3 y B-Frío) y asociado a calidad del forraje y menor rendimiento de MST; G3, únicamente B-7, con características morfológicas asociadas a rendimiento de semilla. Frío y B-3 tienen la mejor relación hoja:tallo.

Agradecimientos

ACONACyT, y fondo PROINNOVA Nú. 158791, por apoyo económico. Al CGIAR-ILRI, por el material vegetal. A las LPI11 y LPI 16 del Colegio de Postgraduados.

Literatura citada

Alba, A. J. A. 2000. Dinámica estacional del valor nutritivo y cinética ruminal de la planta completa, hojas y tallos del zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Alimenticios y Producción Acuícola. UANL. 101 p.

Conclusions

Genotypes were tetraploid and Frio pentaploid. There is morphological variability and genotypes quality. Three groups were formed: G1 (B-1, B-2, B-4, B-5 and B-6) showed higher yield of total MS and reduced quality of MS; G2 (B-3 and B-Frio) and associated to forage quality and lower yield of MST; G3, only B-7, with morphological characteristics associated to seed yield. Frio and B-3 are the best leaf: stem ratio.

End of the English version



- AOAC (Official Methods of Analysis). 1995. Official Methods of Analysis (15 Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. 1230 p.
- Arshadullah, M. A. M.; Muhammad, M.; Rasheed, M.; Jilani, G.; Zahoor, F. and Kaleem, S. 2011. Seasonal and genotypic variations influence the biomass and nutritional ingredients of *Cenchrus ciliaris* Grass Forage. *Int. J. Agric. Biol.* 13:120-124.
- Bogdan, A. V. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. A. G. T. Editor. México, D. F. 461 p.
- Escobar, H. A.; Troyo, D. E.; García, H. J. L.; Hernández, C. H.; Murillo, A. B. y López, A. R. 2005. Potencial forrajero del pasto Salado [*Distichlis spicata* L. (Greene)] en ecosistemas costeros de Baja California Sur, México por el método de "componentes principales". *Téc Pec. Méx.* 43(1):13-25.
- Franco, T. L. e Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Franco, T. L. e Hidalgo, R. (Eds.). Boletín Técnico Núm. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- García, D. G. J.; Ramírez, L. R.; Foroughbakhch, R. y Morales, R. R. 2003. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomicticas y un híbrido de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Téc Pec. Méx.* 41(2):209-218.
- García, D. G. J.; Ramírez, L. R.; Morales, R. R. and García, D. G. 2007. Ruminal digestion and chemical composition of new genotypes of Buffelgrass *Cenchrus ciliaris* L. under irrigation and fertilization. *Interciencia.* 32(5):349-353.
- García, V. A. 1990. Técnicas y procedimientos de citogenética vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 144 p.
- Goëring, K. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. *Agricultural Handbook No. 379.* ARS. USDA.
- Gómez, B. F. D. 2005. Practicultura. Universidad Politécnica de Valencia. España. 250 p.
- Hatch, S. L. y Hussey M. A. 1991. Origen, taxonomía y oportunidades de mejorar genéticamente al Buffel y especies afines. *In:* Aguirre, E.; Candanosa, A. y Gómez, E. Aprovechamiento integral del zacate Buffel. Simposio Internacional. Séptimo congreso nacional sobre manejo de pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamaulipas. México. 3-13 pp.

- Hernández, C. R. E.; Martínez, R. J.; Reyes, V. M. H.; González, D. J. R. y Díaz, S. H. 2007. Caracterización morfológica y de césped de ecotipos de zacate Búfalo [*Buchloe dactyloides* (Nutt.) Englem.]. Rev. Fitotec. Méx. 30(4):381-390.
- Hussey, M. A. and Bashaw, E. C. 1985. Influence of clipping height on the yield and quality of winter hardy Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) germplasm. Forage Research in Texas. Texas A&M University System. USA. 37-38 pp.
- Hussey, M. A. and Bashaw, E. C. 1996. Performance of Buffelgrass germplasm with improved winter. Survival Agron. J. 88:944-946.
- Hussey, M. A. and Burson, B. L. 2005. Registration of "Frio" Buffelgrass. Crop Sci. 45:410-411.
- Ibarra, F. F. A.; Martín, R. M.; Hussey, M. A.; Burson, B. L.; Denogean, B. F.; Moreno, M. S. y Ayala, A. F. 2011. Variedades de zacate Buffel tolerantes al frío. Publicación Técnica Núm. 3. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Sonora, México. 34 p.
- Ibarra, F. F. A.; Martín, R. M. H. and Quero, C. A. R. 2013. Pasto Buffel. *Cenchrus ciliaris* L. Link. (*Pennisetum ciliare* Lam.). In: Quero, C. A. R. (Ed.). Gramíneas introducidas: importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. Serie. Biblioteca Básica de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 73-101 pp.
- Info Stat. 2008. Manual del usuario. Ed. Brujas. Córdoba, Argentina. 336 p.
- Manzelli, M.; Benedettelli, S. and Vecchio, V. 2005. Agricultural biodiversity in Northwest Somalia an assessment among selected Somali Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] germplasm. Biod. Conserv. 14(14):3381-3392.
- Morales, N. C. R.; Madrid, P. L.; Melgoza, C. A.; Martínez, M. S.; Arevalo, G. S.; Rascón, C. Q. y Jurado, G. P. 2009. Análisis morfológico de la diversidad del pasto Navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Steud.], en Chihuahua, México. Téc. Pec. Méx. 47(3):245-256.
- Morales, N. C. R.; Quero, C. A. R.; Pérez, P. J.; Hernández, G. A. y Le Blanc, O. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. Agrociencia. 42(7):767-775.
- Morales, R. R. 2003. Producción de materia seca y digestibilidad *in situ* del forraje de 85 genotipos de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. UANL. 61 p.
- Quero, C. A. R.; Enríquez, Q. J. F.; Morales, N. C. R. y Miranda, J. L. 2010. Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales. Revisión. Rev. Mex. Cienc. Pec. 1(1):25-42.
- SAS. User Guide. 2002. Statistical Analysis System. Inc. Cary, NC. versión 9.1. 220 p.
- Visser, N. C.; Spies, J. J. and Venter, H. J. T. 2000. Apomictic embryo sac development in *Cenchrus ciliaris* (Panicoideae). Bothalia. 30:103-110.