

Composición nutricional de tres pastos colectados en el estado de Morelos, México

Nutritional composition of three grasses from the state of Morelos, Mexico

Eliseo Sosa-Montes¹ ,
 Sergio Iban Mendoza-Pedroza^{2*} ,
 Andrés Ramos-Velázquez¹ ,
 Perpetuo Álvarez-Vázquez³ ,
 Eusebio Ortega-Jiménez⁴ ,
 Miguel Ángel Sánchez-Hernández⁵ 

¹Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Zootecnia. Carretera México-Texcoco km 38.5, CP. 56230. Chapingo, Estado de México, México.

²Colegio de Posgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

³Departamento de Recursos Naturales Renovables-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, CP. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

⁴Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Carretera Xalapa Veracruz km 88.5 carretera federal Xalapa-Veracruz, CP. 91700. Veracruz, México.

⁵Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Avenida Ferrocarril s/n. CP. 68400. Loma Bonita, Oaxaca, México.

*Autor de correspondencia:
sergiomp@colpos.mx

Artículo científico

Recibido: 05 de marzo 2021

Aceptado: 27 de septiembre 2021

Como citar: Sosa-Montes E, Mendoza-Pedroza SI, Ramos-Velázquez A, Álvarez-Vázquez P, Ortega-Jiménez E, Sánchez-Hernández MA (2021) Composición nutricional de tres pastos colectados en el estado de Morelos, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. II: e2968. DOI: 10.19136/era.a8nII.2968

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue evaluar tres pastos forrajeros, *Bromus diandrus*, *Oplismenus burmannii* y *Heteropogon contortus*, de las subfamilias *Pooideae*, *Pooideae* y *Panicoideae*, respectivamente. Las principales variables respuesta, todas en base seca fueron: cenizas (Gen), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), carbohidratos solubles (CS), fibra detergente neutro (FDN), contenido celular (CC = 100 - FDN) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Cada pasto se evaluó por triplicado y una repetición se consideró la unidad experimental. Las medias fueron separadas mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). La asociación entre cada par de variables ($p < 0.05$) se estimó usando el coeficiente de correlación de Pearson ($p < 0.05$). Los pastos *B. diandrus* y *O. burmannii* resultaron con más PC, CC y DIVMS y con menos pared celular o FDN (componente insoluble) que *H. contortus*. Esto produjo una correlación positiva entre CC y PC (0.751, $p < 0.05$). Adicionalmente, *O. burmannii* produjo el valor más alto de Cen y el más bajo de CS, mientras que *B. diandrus* mostró el valor más bajo de Cen y el más alto de CS. Esto produjo una correlación negativa entre estas dos variables (-0.976, $p < 0.01$). En conclusión, *B. diandrus*, mostró mejor composición química y digestibilidad, que los otros dos, por lo que se recomienda este pasto para la nutrición de rumiantes.

Palabras clave: Cenizas, contenido celular, digestibilidad *in vitro* de la materia seca, proteína cruda.

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the chemical composition and *in vitro* digestibility of three forage grasses, *Bromus diandrus*, *Oplismenus burmannii* and *Heteropogon contortus*, subfamilies *Pooideae*, *Pooideae* and *Panicoideae*, respectively. The main response variables, all on dry basis were: ashes (Ash), crude protein (CP), ether extract (EE), soluble carbohydrates (SC), neutral detergent fiber (NDF), cell content (CC = 100 - FDN) and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD). Each grass was evaluated in triplicate and one replicate was considered the experimental unit. Means were separated using the Tukey test ($p < 0.05$). The association between each pair of variables ($p < 0.05$) was estimated by the Pearson correlation coefficient ($p < 0.05$). The grasses *B. diandrus* and *O. burmannii* showed ($p < 0.05$) more CP, CC and IVDMD as well as less cell wall or NDF (insoluble component) than *H. contortus*. This produced a positive correlation between CC and CP (0.751 $p < 0.05$). Additionally, *O. burmannii* produced the highest value of Ash and the lowest of SC, while *B. diandrus* showed the lowest value of Ash and the highest of SC ($p < 0.05$). This produced a negative correlation between Ash and SC (-0.976, $p < 0.01$). In conclusion, the grass *B. diandrus*, showed better chemical composition and digestibility than the other two, so this grass is recommended for ruminant nutrition.

Key words: Ashes, cell content, *in vitro* dry matter digestibility, crude protein.

INTRODUCCIÓN

La familia *Poaceae* incluye aproximadamente 700 géneros y 10 000 especies, y México se considera uno de los centros más importantes de diversidad y endemismo de esta familia (Dávila-Aranda et al. 2004). Los pastos *Bromus diandrus*, *Oplismenus burmannii* y *Heteropogon contortus* pertenecen a la familia *Poaceae*, subfamilias *Pooideae*, *Panicoideae* y *Panicoideae*, respectivamente (Sánchez-Ken y Cerros-Tlatilpa 2016, Dávila et al. 2018) fueron colectados en Morelos. En este estado se reportaron 104 géneros, 306 especies y ocho subfamilias de la familia *Poaceae*; y adicionalmente, de las subfamilias mencionadas, las más diversas son: *Chloridoideae*, *Panicoideae* y *Pooideae* (Sánchez-Ken y Cerros-Tlatilpa 2016).

Las plantas de la subfamilia *Panicoideae* son en su mayoría plantas C4, mientras que las de la subfamilia *Pooideae* son C3 (Rommerskirchen et al. 2006). Debido a que los pastos de metabolismo C3 se adaptaron a climas templados, y los de metabolismo C4 lo hicieron a climas tropicales; se habla de dos tipos de pastos: de estación fría y de estación cálida, respectivamente (Bohnert et al. 2011, Norton et al. 2016). Es decir, la temperatura más que la precipitación diferencia entre los pastos C3 y C4 (Edwards y Still 2008). Según datos del INEGI (2021), el estado de Morelos posee una temperatura media anual de 21.5 °C, intermedia entre la del estado de Guerrero (25 °C) de clima tropical y la temperatura de la ciudad de México (16 °C) de clima templado.

De acuerdo con la ecuación de estado de la pared celular (Pietruszka 2020), la cantidad de pared celular y de contenido celular, dependen de la temperatura y del pH, importantes factores del clima y del suelo, respectivamente. La composición química y la digestibilidad entre pastos C3 y C4, puede diferir; por ejemplo, se considera que la digestibilidad es mayor en pastos C3 que en C4 (Bohnert et al. 2011). Cada una de estas gramíneas puede ser de alto o bajo valor nutritivo (Archimède et al. 2018, Bohnert et al. 2011). Además, no se conoce ampliamente la composición química ni la digestibilidad de los pastos colectados,

por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición química y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de tres pastos forrajeros del estado de Morelos, México: *Bromus diandrus*, *Oplismenus burmannii* y *Heteropogon contortus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de colecta

La Tabla 1 muestra los municipios de colecta: Tepoztlán (*Heteropogon contortus*) y Totolapan (*Oplismenus burmannii* y *Bromus diandrus*). Para realizar la identificación botánica y los análisis químicos y de digestibilidad *in vitro*, se obtuvo suficiente cantidad de forraje en tres lugares de cada sitio de colecta (aproximadamente 1000 g de muestra de cada pasto). Después de un corte de uniformización que se realizó el 15 de septiembre de 2019, se cosechó el forraje a cinco cm del suelo al inicio de la floración (18 de octubre de 2019). La identificación botánica se realizó en el Herbario del Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Después, las muestras se llevaron a peso constante (55 °C) y se realizaron los análisis químicos (AOAC 1990, Van Soest et al. 1991) en el Laboratorio de Nutrición Animal del mismo departamento.

Variables determinadas

Se determinaron las siguientes variables (AOAC 1990, Van Soest et al. 1991), todas en base seca (%): cenizas (Cen), proteína cruda (PC), extracto libre de nitrógeno o carbohidratos solubles (CS), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN) o pared celular, contenido celular (CC = 100 - FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (Lig), celulosa (Cel), hemicelulosa (Hcel), sílice (Sí) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos (los tres pastos forrajeros en estudio) y tres repeticiones, en las cuales se midieron las variables mencionadas.

Tabla 1. Gramíneas colectadas en el estado de Morelos, México.

Especie	Municipio	Sitio de colecta
<i>Bromus diandrus</i>	Totolapan	Carretera Tlayacapan-Atlatlahuacan, después de la desviación rumbo a Ciudad de México (1711 m, 18° 58' 01" N, 98° 58' 27" O).
<i>Oplismenus burmannii</i>	Totolapan	Antes del puente El Vigía, rumbo a Ciudad de México, en la comunidad Nepopualco (2235 m, 19° 00' 48" N, 98° 56' 35" O).
<i>Heteropogon contortus</i>	Tepoztlán	Paraje El Puente, en la comunidad de Santa Catarina, Tepoztlán (1645 m, 18° 58' 21" N, 99° 07' 42" O).

Después de realizar el análisis de varianza, se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias ($p < 0.05$) y se asociaron las variables por pares usando la correlación de Pearson ($p < 0.05$). Para estos análisis se empleó el paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS), Statistical Package for the Social Sciences por sus siglas en inglés (SPSS 2011) versión 8.0.

RESULTADOS

Análisis proximal, digestibilidad *in vitro* y análisis de Van Soest

La variable EE no fue diferente entre pastos ($p > 0.05$). El pasto *Bromus diandrus* produjo el menor contenido de Cen, valores intermedios de PC y FC, y el valor más alto de CS (Tabla 1, $p < 0.05$). *Oplismenus burmannii* produjo los valores más altos de Cen y PC, y los más bajos de CS y FC (Tabla 2, $p < 0.05$). *Heteropogon contortus* produjo el valor más alto de FC, el más bajo de PC, y valores intermedios de CS y Cen.

Por tanto, *B. diandrus* mostró los mejores valores del Análisis Proximal, es decir resultó baja en Cen y FC e intermedia en PC, pero no muy lejos del valor más alto de proteína que correspondió a *O. burmannii*. El pasto *B. diandrus* fue seguido por *O. burmannii* en cuanto a los mejores valores de las variables del Análisis proximal.

Las variables FDA, Lig, Cel y Hcel no difirieron ($p > 0.05$) entre los pastos estudiados. *B. diandrus* mostró los valores más altos de CC y DIVMS, y el valor más bajo de FDN o pared celular ($p < 0.05$, Tabla 3). *O. burmannii* también produjo los valores más altos de DIVMS y fue intermedio en las demás variables de Van Soest. (Tabla 2, $p < 0.05$). *H. contortus* produjo el valor más alto de FDN, y los más

bajos de CC y DIVMS.

En comparación con los otros dos pastos, *B. diandrus* mostró los mejores valores del Análisis de Van Soest, es decir resultó con baja pared celular (FDN) y fue alto en CS y DIVMS. *B. diandrus* fue seguido por *O. burmannii* en cuanto a los mejores valores de las variables de Van Soest.

Correlaciones

En la Tabla 4 se muestran los coeficientes de correlación significativos ($p < 0.05$ y $p < 0.01$) entre pares de variables, el coeficiente entre CC y PC fue positivo, el coeficiente entre EE y Hcel fue negativo y entre EE y PC fue positivo. Contrariamente, el coeficiente entre FDN y Hcel fue positivo y entre FDN y PC fue negativo. El coeficiente entre Sí y CS fue negativo y entre Sí y Cen fue positivo. El coeficiente entre Hcel y PC fue negativo y también lo fue entre CS y Cen.

En general, los componentes insolubles (hemicelulosa, cenizas y sílice) mostraron correlaciones negativas ($p < 0.05$) con los solubles (extracto etéreo, contenido celular, carbohidratos solubles y proteína cruda). Los componentes solubles, entre sí, resultaron positivamente correlacionados, y así resultaron los componentes insolubles ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Análisis proximal, digestibilidad *in vitro* y análisis de Van Soest

Para *Bromus diandrus* se han reportado valores promedio de PC, CC, FDA y DIVMS de 12.8, 40.9, 31.8 y 64.4%, respectivamente (Hubbard *et al.* 2011). Para *Oplismenus burmannii* se reportaron valores de Cen (6%), PC (7.5 a 8.4%), CC (26.2 a 35.6), FDA (36.2 a 41.7), Lig (8.3 a 10.0), Cel (25.7 a 27.1), Hcel (27.2 a 30.2) y DIVMS (47.6%) (Adjorlolo

Tabla 2. Análisis proximal de tres gramíneas del estado de Morelos, México.

Gramínea	Gen	PC	CS	EE	FC
<i>Bromus diandrus</i>	9.30 ^c	9.37 ^b	46.35 ^a	2.57	33.27 ^b
<i>Oplismenus burmannii</i>	23.22 ^a	10.23 ^a	37.27 ^c	2.46	27.63 ^c
<i>Heteropogon contortus</i>	14.71 ^b	5.20 ^c	44.05 ^b	1.47	34.98 ^a

^{a,b,c} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$), ^a: valores altos, ^b: valores intermedios, ^c: valores bajos. Gen: Cenizas, PC: proteína cruda, CS: carbohidratos solubles, EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda.

Tabla 3. Digestibilidad *in vitro* y análisis de Van Soest de tres gramíneas del estado de Morelos, México.

Gramínea	DIVMS	FDN	CC	FDA	Lig	Cel	Hcel	Sí
<i>Bromus diandrus</i>	79.03 ^a	70.37 ^c	29.63 ^a	46.43	3.72	33.57	26.69	0.77
<i>Oplismenus burmannii</i>	72.39 ^{ab}	77.63 ^b	22.37 ^b	51.41	4.29	29.89	26.69	9.32
<i>Heteropogon contortus</i>	62.71 ^b	84.69 ^a	15.31 ^c	53.77	7.06	34.58	30.93	6.56

^{a,b,c} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$), ^a: valores altos, ^b: valores intermedios, ^c: valores bajos. DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca, FDN: fibra detergente neutro o pared celular, CC: contenido celular, FDA: fibra detergente ácido, Lig: lignina, Cel: celulosa, Hcel: hemicelulosa. Sí: sílice.

et al. 2014, Geng et al. 2020). Para *Heteropogon contortus*, se han reportado valores de Gen, PC, CC, FDA, Lig, Hcel y DIVMS de 6.4 a 7.5, 3.8 a 6.6, 16.9 a 48.0, 22.0 a 52.8, 3.7, 30.0 y 44.2 a 48.6%, respectivamente (Aganga et al. 2005, Sultan et al. 2008).

Tabla 4. Correlaciones significativas (Pearson, $p < 0.05$ y $p < 0.01$) entre pares de variables respuesta, de tres gramíneas del estado de Morelos, México.

	Hcel	CS	PC	Cen
EE	-0.856*	0.912*		
CC	-0.748*	0.751*		
Sí		-0.871**		0.937**
Hcel	1		-0.812**	
CS		1		-0.976**
Cen				1

EE: extracto etéreo, CC: contenido celular, Sí: sílice, Hcel: hemicelulosa, CS: carbohidratos solubles, Cen: cenizas, PC: proteína cruda. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

De entre 11 a 13 datos por variable consultados en la literatura, se encontró en promedio al compararlos con *H. contortus*, que *B. diandrus* y *O. burmannii* resultaron con más PC, CC y DIVMS, es decir, alto valor de CC indica alto valor de PC y alto de DIVMS; estos dos pastos también mostraron valores bajos de pared celular o FDN (componente insoluble).

Los altos valores de PC, CC y DIVMS y bajos de FDN de *B. diandrus* reportados en las referencias citadas al inicio de esta discusión, son congruentes con los encontrados en el presente trabajo (Tabla 2 y

Tabla 3). Los altos valores de pared celular encontrados en *H. contortus* probablemente se deben a su metabolismo C4, y al clima cálido subhúmedo del estado de Morelos (INEGI 2021) en el que esta planta evolucionó y favoreció la síntesis de la pared celular (Pietruszka 2020).

Correlaciones

Estas relaciones negativas entre FDN con CC y PC, coinciden con los resultados de la Tabla 4 en que se detectó una correlación negativa entre Hcel (contenida en la FDN) y CC ($r = -0.748$, $p < 0.05$) y una correlación negativa entre Hcel ($r = -0.812$, $p < 0.05$) y PC (componentes insoluble y soluble, respectivamente), lo cual condujo a una correlación positiva ($r = 0.751$, $p < 0.05$) entre CC y PC (ambos componentes solubles).

Los altos contenidos de PC, CC y DIVMS de *B. diandrus* y *O. burmannii* se explican porque son plantas C3, mientras que *H. contortus* es una planta C4 de la subfamilia *Panicoideae* (Ellis et al. 1980, Giraldo-Cañas et al. 2010). Las gramíneas con la vía fotosintética C3 se consideran más nutritivas que las C4 (Barbehenn et al. 2004), y tienen mayor digestibilidad (Bohnert et al. 2011). Por ello, *B. diandrus*, y *O. burmannii* ambas de la familia *Poaceae*, subfamilias *Pooideae* y *Panicoideae*, respectivamente, mostraron altos contenidos de pro-

teína, y los mayores valores de contenido celular y digestibilidad, así como los más bajos valores de paredes celulares, al compararlas con la gramínea *H. contortus*, que es planta C₄, de la familia *Poaceae*, de la subfamilia *Panicoideae*.

CONCLUSIONES

Por sus altos contenidos de proteína, con-

tenido celular, carbohidratos solubles y digestibilidad, y por sus bajos contenidos de compuestos fibrosos, a la misma edad de corte, se recomienda el uso de *B. diandrus*, en la alimentación de rumiantes. Alternativamente, el uso de *O. burmannii* también se recomienda para rumiantes, debido a sus altos niveles de proteína, contenido celular y digestibilidad, pero teniendo precaución porque esta gramínea acumula un exceso de cenizas.

LITERATURA CITADA

- Adjorlolo L, Adogla-Bessa T, Amaning-Kwarteng K, Ahunu B (2014) Effect of season on the quality of forages selected by sheep in citrus plantations in Ghana. *Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales* 2: 271-277.
- Aganga AA, Omphile UJ, Mojadithogo N (2005) Composition and digestibility of indigenous grasses in the hardveld of Botswana during the dry season. *Archivos de Zootecnia* 54: 587-598.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed. Arlington, Virginia, USA. 771p.
- Archimède H, Rira M, Eugène M, Fleury J, Lastel ML, Periacarpin F, Silou-Etienne T, Morgavi DP, Doreaub M (2018) Intake, total-tract digestibility and methane emissions of Texel and Blackbelly sheep fed C₄ and C₃ grasses tested simultaneously in a temperate and a tropical area. *Journal of cleaner production* 185: 455-463.
- Barbehenn RV, Chen Z, Karowe DN, Spickard A (2004) C₃ grasses have higher nutritional quality than C₄ grasses under ambient and elevated atmospheric CO₂. *Global Change Biology* 10: 1565-1575.
- Bohnert DW, DelCurto T, Clark AA, Merrill ML, Falck SJ, Harmon DL (2011) Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool- or warm-season forage: differences in intake and digestibility. *Journal of Animal Science* 89: 3707-3717.
- Dávila-Aranda P, Lira-Saade R, Valdés-Reyna J (2004) Endemic species of grasses in Mexico: a phytogeographic approach. *Biodiversity and Conservation* 13: 1101-1121.
- Dávila P, Mejía-Saulés MT, Soriano-Martínez AM, Herrera-Arrieta Y (2018) Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96: 462-514.
- Edwards EJ, Still CJ (2008) Climate, phylogeny and the ecological distribution of C₄ grasses. *Ecology Letters* 11: 266-276.
- Ellis RP, Vogel JC, Fuls A (1980) Photosynthetic pathways and the geographical distribution of grasses in South West Africa/Namibia. *South African Journal of Science* 76: 307-314.
- Geng Y, Ranjitkar S, Yan Q, He Z, Su B, Gao S, Niu J, Bu D, Xu J (2020) Nutrient value of wild fodder species and the implications for improving the diet of mithun (*Bos frontalis*) in Dulongjiang area, Yunnan Province, China. *Plant Diversity* 42: 455-463.
- Giraldo-Cañas D (2010) Distribución e invasión de gramíneas C₃ y C₄ (Poaceae) en un gradiente altitudinal de los Andes de Colombia. *Caldasia* 32: 65-86.
- Hubbard AS, Parish JA, Macoon B, Vann RC, Parish JR (2011) Agronomic performance, plant morphology, and nutritive value among three prairie bromegrass entries. Online. *Forage and Grazinglands* 9: 1-2.

- INEGI (2021) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estados de Morelos, Guerrero y Ciudad de México. <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mor/territorio/clima.aspx?tema=me&e=17>. Fecha de revisión: 13 de enero de 2021.
- Norton MR, Malinowski DP, Volaire F (2016) Plant drought survival under climate change and strategies to improve perennial grasses. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36: 1-15.
- Pietruszka MA (2020) Chemical potential-induced wall state transitions in plant cell growth. *Journal of Plant Growth Regulation* 39: 841-866.
- Rommerskirchen F, Plader A, Eglinton G, Chikaraishi Y, Rullkötter J (2006) Chemotaxonomic significance of distribution and stable carbon isotopic composition of long-chain alkanes and alkan-1-ols in C4 grass waxes. *Organic Geochemistry* 37: 1303-1332.
- Sánchez-Ken JG, Cerros-Tlatilpa R (2016) Listado florístico de la familia *Poaceae* del estado de Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 116: 65-105.
- SPSS (2011) Statistical Package for the Social Sciences. Institute. SPSS-X. User's Guide. Version 8, Chicago Illinois, USA. www.ibm.com/legal/copytrade.shtml. Fecha de consulta: 13 de enero de 2021.
- Sultan JI, Rahim IU, Yaqoob M, Nawaz H, Hameed M (2008) Nutritive value of free rangeland grasses of northern grasslands of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 40: 249-258.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.