

Diversidad morfológica y nutricional de poblaciones de pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) en Chihuahua, México

Morphological and nutritional diversity of Wolftail Grass (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) populations in Chihuahua, Mexico

Jaime Neftalí Márquez-Godoy¹, Raúl Corrales-Lerma¹, Alan Álvarez-Holguín², Federico Villarreal-Guerrero¹, Eduardo Santellano-Estrada¹, Alfredo Pinedo-Álvarez¹, Carlos Raúl Morales-Nieto^{1*}

¹Departamento de Recursos Naturales. Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada kilómetro 1. Código postal 31000. Chihuahua, Chihuahua, México.

²Campo Experimental La Campana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Cd. Aldama, kilómetro 33.5, carretera Chihuahua-Ojinaga.

*Autor de correspondencia.

Resumen

El pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) es un recurso forrajero nativo del norte de México; sin embargo, se desconoce su variabilidad en cuanto a atributos forrajeros. El objetivo de este estudio fue caracterizar la variabilidad morfológica y nutricional de 30 poblaciones de pasto lobero del estado de Chihuahua. La caracterización se realizó el segundo año de establecimiento a través de las variables morfológicas y nutricionales. Los datos morfológicos se analizaron con técnicas multivariadas. Para los datos nutricionales se realizó análisis de varianza y comparación de medias Tukey. Los tres primeros CP (componentes principales) explicaron el 82.38% de la variación total. El análisis de conglomerados jerárquicos identificó cuatro grupos. En el análisis nutricional, las poblaciones solo presentaron diferencias ($p < 0.05$) en la variable PC. La variabilidad que presentó el pasto lobero permite inferir que existe diversidad morfológica entre poblaciones del estado de Chihuahua; no obstante, las variables nutricionales no presentaron diferencia entre las poblaciones de esta especie.

Palabras clave: Pasto nativo; diversidad; valor nutricional.

Abstract

Wolftail grass (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) is a native forage resource from northern Mexico; however, its variability in terms of forage attributes is unknown. The objective of this study was to characterize the morphological and nutritional variability of 30 populations of wolftail grass in the state of Chihuahua. The characterization was carried out the second year of establishment through the morphological and nutritional variables. Morphological data were analyzed with multivariate techniques. For nutritional data, analysis of variance and comparison of Tukey means were performed. The first three PC (principal components) explained 82.38% of the total variation. Hierarchical cluster analysis identified four groups. In the nutritional analysis, the populations only presented differences ($p < 0.05$) in the CP variable. The variability that wolftail grass presented allows to infer that there is morphological diversity among populations of the state of Chihuahua; however, the nutritional variables did not show differences between the populations of this species.

Keywords: Native grass; diversity; nutritional value.

Recibido: 04 de agosto de 2021

Aceptado: 28 de abril de 2022

Publicado: 27 de julio de 2022

Cómo citar: Márquez Godoy, J. N., Corrales Lerma, R., Álvarez Holguín, A., Villarreal Guerrero, F., Santellano Estrada, E., Pinedo Álvarez, A., & Morales Nieto, C. R. (2022). Diversidad morfológica y nutricional de poblaciones de pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) en Chihuahua, México. *Acta Universitaria* 32, e3404. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2022.3404>

Introducción

La principal fuente de forraje para ganado y fauna silvestre se encuentra en los pastizales naturales. Sin embargo, el 95% de estos ecosistemas presentan algún grado de sobrepastoreo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2015). La degradación de los pastizales ha generado una baja importante en los productos y servicios que generan estos ecosistemas, como son la producción de ganado, infiltración de agua y captura de carbono (Chaplot *et al.*, 2016). Para atender esta problemática, es necesario contar con diversidad de poblaciones de pastos nativos. Actualmente, se han realizado estudios de caracterización morfológica para seleccionar ecotipos de pastos nativos, con el propósito de encontrar genotipos que se adapten a condiciones climáticas locales y con mayores probabilidades de establecerse en programas de rehabilitación de pastizales (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018; Morales *et al.*, 2016). Por otra parte, es importante analizar el valor nutricional para conocer la disponibilidad de nutrientes para animales en pastoreo (Barragán *et al.*, 2019).

Para seleccionar genotipos sobresalientes de pastos forrajeros nativos, se han realizado numerosos estudios de caracterización, tanto morfológica como nutricional. Morales *et al.* (2009, 2012, 2013, 2015, 2016) caracterizaron morfológicamente 173, 32, 91, 44 y 51 ecotipos y poblaciones de pasto navajita (*Bouteloua gracilis*), gigante (*Leptochloa dubia*), punta blanca (*Digitaria californica*), tempranero (*Setaria macrostachya*) y banderita (*Bouteloua curtipendula*) en el estado de Chihuahua. De igual forma, Morales *et al.* (2008) caracterizaron la diversidad morfológica de 577 ecotipos de pasto banderita provenientes de diferentes estados de la república mexicana para seleccionar poblaciones con alto potencial productivo. Por otro lado, Álvarez-Holguín *et al.* (2020) analizaron la composición nutricional de diferentes variedades comerciales de pasto banderita procedentes de Estados Unidos de América.

El pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) es una especie perene que forma parte de la dieta del ganado, la fauna silvestre y es nativa del estado de Chihuahua (Hernández-Barboza *et al.*, 2014). Presenta amplia distribución a lo largo de las sierras y valles centrales del estado de Chihuahua (Gutiérrez *et al.*, 2020). Por su valor forrajero, palatabilidad y resistencia al pastoreo, esta gramínea es considerada como una de las más importantes en los pastizales del norte de México (Melgoza *et al.*, 2016).

Debido a la diversidad climática y de suelo que presentan las zonas del estado de Chihuahua, las poblaciones de esta especie pudieran presentar diferencias morfológicas y nutricionales, así como poblaciones con mayor rusticidad, capacidad de establecimiento, producción de semilla, valor forrajero, entre otros atributos. Por lo anterior, el objetivo fue analizar la variabilidad morfológica y nutricional de 30 poblaciones de pasto lobero distribuidas en el estado de Chihuahua.

Materiales y métodos

Recolecta de germoplasma

En octubre y noviembre del año 2016 se recolectó semilla de 30 poblaciones de pasto lobero en diferentes regiones del estado de Chihuahua (Figura 1). La Tabla 1 presenta los municipios, coordenadas y variables ambientales de los sitios de recolecta. Cada población fue seleccionada a una distancia mínima de 50 km entre población para disminuir similitudes fisiográficas y ambientales. En cada sitio de muestreo se recolectaron aproximadamente 200 g de semilla, la cual correspondió al germoplasma de una población. La semilla recolectada se almacenó durante seis meses para ruptura natural de latencia.



Figura 1. Distribución de los sitios de recolecta de 30 poblaciones de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua, México.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Características de los sitios de recolecta de 30 poblaciones de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua, México.

Población	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Coordenadas		Municipio
				N	O	
3	502.8	15.8	1748	28 21 7	106 15 49	Santa Isabel
4	498.0	16.7	1818	28 1 11	106 34 49	Belisario Domínguez
5	496.7	16.0	1820	28 18 12	106 28 50	Gran Morelos
6	496.7	13.7	1742	28 30 16	106 28 52	Riva Palacio
7	496.7	13.7	1956	28 31 16	106 34 28	Riva Palacio
8	478.1	14.2	2008	28 29 38	106 41 38	Cuauhtémoc
10	415.1	18.0	1590	29 5 35	106 21 13	Chihuahua
11	415.1	18.0	1781	29 4 17	106 25 27	Chihuahua
12	415.1	18.0	2297	29 4 8	106 35 46	Chihuahua
13	458.3	14.3	2019	29 9 37	106 50 30	Namiquipa
15	496.7	13.7	2077	28 32 27	106 26 38	Riva Palacio
16	478.1	14.2	2281	28 24 46	107 4 11	Cuauhtémoc
17	531.0	12.6	2013	28 44 15	107 39 55	Matachí
18	489.6	13.1	2093	29 7 16	107 55 13	Temósachi
19	734.5	10.7	2226	29 19 19	108 8 18	Madera
20	734.5	10.7	2155	29 34 23	108 8 49	Madera
21	734.5	10.7	2167	29 24 52	107 56 27	Madera
22	561.3	12.2	2227	29 24 22	107 41 59	Gómez Farías
23	757.0	10.2	2248	29 46 32	107 36 41	Ignacio Zaragoza
24	469.9	16.0	1819	26 55 5	105 47 5	San Fco. Del oro
25	469.9	16.0	2208	26 51 34	106 5 49	San Fco. Del oro
26	490.8	17.8	2312	26 57 22	106 32 30	Balleza
27	779.9	10.2	2403	26 50 48	107 4 59	Guachochi
28	490.8	17.8	2415	26 42 38	106 5 4	Balleza
29	779.9	10.2	2498	26 57 41	107 8 47	Guachochi
30	779.9	10.2	2230	27 18 57	107 30 52	Guachochi
31	738.6	11.0	2345	27 42 11	107 35 41	Bocoyna
32	738.6	11.0	2367	27 52 17	107 35 20	Bocoyna
33	511.0	13.7	2341	28 5 32	107 34 3	Guerrero
34	511.0	13.7	2162	28 18 35	107 28 12	Guerrero

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del presente estudio.

Desarrollo de plantas en invernadero

Para la siembra se utilizaron masetas de poliuretano negro de 25 cm de altura por 15 cm de diámetro, perforadas de la parte inferior. Cada maceta se llenó entre 21 cm y 22 cm con suelo de textura franco-arenoso. Se sembraron alrededor de 25 semillas por maceta de cada población, a las cuales se suministró agua a capacidad de campo. Se realizó un aclareo a las dos semanas después de la emergencia, dejando solo la planta más homogénea por maceta, con cinco repeticiones por población. Las plantas fueron desarrolladas en invernadero durante tres meses antes de ser trasplantadas en campo.

Trasplante en campo

Las plantas desarrolladas en invernadero fueron trasplantadas en campo para ser evaluadas *ex situ*, en una parcela ubicada en el poblado El Vallecillo (28° 24.98' N; 106° 13.17' O) del municipio de Chihuahua. El área cuenta con una topografía plana, temperatura media de 18° C, precipitación promedio de 415 mm anuales y una altitud de 1760 m.s.n.m. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2015). Los genotipos de cada población fueron trasplantados bajo un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. Cada individuo se trasplantó a un metro de distancia entre sí y a dos metros entre cada bloque. Para asegurar el establecimiento de los ecotipos, a cada planta se le suministró al momento del trasplante un litro de agua, posteriormente, todas las plantas se desarrollaron bajo condiciones de temporal. El área de estudio fue cercada y excluida de pastoreo.

Caracterización morfológica y nutricional

La caracterización se realizó al segundo año de establecimiento de las plantas. Cada ecotipo se evaluó durante la etapa de madurez con base en las siguientes variables: altura de follaje (AF), la cual se midió desde el suelo hasta el término de la densidad foliar, antes de la hoja bandera; altura de planta (AP), que se obtuvo del suelo hasta la espiga más alta; densidad de tallos (DT), que se cuantificó al contar cada uno de los tallos de cada planta; ancho de hoja (AH) y largo de hoja (LH), los cuales se determinaron escogiendo una hoja madura sin imperfecciones en la parte media de la planta; diámetro de macollo (DM), que se midió en la base de la planta a nivel del suelo; rendimiento de forraje (RF), que se determinó cortando la planta a cinco centímetros de la corona de crecimiento, el forraje se colocó en bolsas de papel previamente identificadas, el cual fue secado posteriormente en una estufa de aire forzado a 75 °C por 72 h; finalmente, la proporción hoja-tallo (PHT) se obtuvo por medio de la separación de hojas y tallos para estimar la diferencia en peso.

El forraje seco fue molido en un molino con malla de 2 mm para evaluar las variables químicas nutricionales como: proteína cruda (PC), lignina (LIG), materia seca (MS), fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN), las cuales se determinaron con espectrofotometría de infrarrojo cercano, utilizando el equipo NIR SpectraStar 2600 XT. La FDA y la FDN solamente fueron utilizadas para determinar la hemicelulosa (HEM) y la celulosa (CEL) por diferencia, debido a que la HEM = FDN – FDA y la CEL = FDA – LIG.

Análisis estadístico

Las variables morfológicas se analizaron a través de un análisis de componentes principales (ACP). Posteriormente, se realizó un análisis de conglomerados (ACL) por el método de ligamiento de Ward. El número de grupos se determinó con base en los pseudo estadísticos F, T² y CCC, basados en el coeficiente cuadrado de Pearson (R²), para estimar similitud entre los grupos. Por último, se realizó un análisis multivariado de la varianza (Manova) con contrastes ortogonales para inferir diferencias multivariadas ($p < 0.05$) entre grupos. Para el contenido nutricional se realizó un análisis de varianza (Anova) y comparación de medias con la prueba Tukey. Finalmente, se realizó un análisis de correlación para observar la asociación entre las variables morfológicas y nutricionales. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.1.3 (Statistical Analysis System [SAS], 2006).

Resultados

Los coeficientes de variación (CV) más altos fueron para densidad de tallos y rendimiento de forraje con 31.42% y 41.86%, respectivamente (Tabla 2). El rango de altura de planta en pasto lobero fue de 41.50 cm como mínima y una máxima de 67.20 cm. Por otra parte, el largo y ancho de hoja mostraron promedios de 9.88 cm (4.85 cm–12.73 cm) y 0.33 mm (0.20 mm–0.40 mm), respectivamente (Tabla 2).

El análisis de componentes principales (CP) mostró que los primeros tres componentes explicaron el 82.38% de la variabilidad total (Tabla 3). Las variables morfológicas que más contribuyeron al CP1 fueron altura de follaje (0.455), densidad de tallos (0.404), diámetro de macollo (0.377), rendimiento de forraje (0.365) y proporción hoja-tallo (0.365). Estas variables están relacionadas con rendimiento de forraje en poblaciones de pasto lobero. El CP2 agrupó variables relacionadas con el crecimiento como altura de planta (0.443) y largo de hoja (0.547). Finalmente, el CP3 se caracterizó por agrupar solo la variable ancho de hoja (0.667) (Tabla 4).

Tabla 2. Estadísticos simples para variables cuantitativas morfológicas de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua, México.

Variable	Media	Desviación estándar	Intervalo mínimo-máximo	Coefficiente de variación
AF (cm)	18.55	3.58	11.50 – 25.80	19.62
AP (cm)	58.47	6.13	41.50 – 67.20	10.66
DT	45.48	14.05	20.25 – 72.40	31.42
AH (mm)	0.33	0.04	0.20 – 0.40	12.76
LH (cm)	9.88	1.66	4.85 – 12.73	17.04
DM (cm)	5.80	0.95	4.00 – 8.00	16.60
RF (g MS planta ⁻¹)	8.95	3.68	3.30 – 15.74	41.86
PHT	0.32	0.05	0.26 – 0.41	15.61

AF = altura de follaje; AP = altura de planta; DT = densidad de tallos; AH = ancho de hoja; LH = largo de hoja; DM = diámetro de macollo; RF = rendimiento de forraje; PHT = proporción hoja tallo.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del presente estudio.

Tabla 3. Contrastes ortogonales con variables que solo presentan diferencias estadísticas entre los cuatro grupos reagrupados de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus].

Variable	Contraste	Valor F	Valor P
Altura de planta	G1 vs G2	0.67	0.421
	G1 vs G3	0.04	0.8352
	G1 vs G4	11.03	0.0027
	G2 vs G3	0.78	0.3851
	G2 vs G4	14.11	0.0009
	G3 vs G4	8.31	0.0078
	G1 vs G2	8.56	0.0068
Densidad de tallos	G1 vs G3	50.53	<0.0001
	G1 vs G4	6.18	0.0197
	G2 vs G3	18.34	0.0002
	G2 vs G4	0.21	0.6489
	G3 vs G4	7.61	0.0105
	G1 vs G2	2.21	0.1487
	G1 vs G3	15.99	0.0005
Rendimiento de forraje	G1 vs G4	4.18	0.0512
	G2 vs G3	6.5	0.0171
	G2 vs G4	0.99	0.3291
	G3 vs G4	0.93	0.3448

P<0.05 indica diferencia estadística multivariada entre grupo, con base en Lambda de Wilks

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del presente estudio.

Tabla 4. Valores \pm error estándar y agrupamiento Tukey de la composición nutricional en etapa de madurez en poblaciones de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua.

Población	PC	LIG	MS	HEM	CEL
3	10.22 \pm 1.55 ^a	7.38 \pm 0.91 ^a	92.53 \pm 0.34 ^a	38.64 \pm 1.28 ^{ab}	28.72 \pm 1.70 ^a
4	8.19 \pm 1.42 ^{ab}	8.17 \pm 0.78 ^a	93.44 \pm 0.28 ^a	38.25 \pm 2.41 ^{ab}	30.80 \pm 1.87 ^a
5	9.87 \pm 1.67 ^{ab}	7.07 \pm 0.23 ^a	93.14 \pm 0.39 ^a	36.49 \pm 0.41 ^b	30.25 \pm 2.62 ^a
6	9.64 \pm 1.04 ^{ab}	6.35 \pm 0.42 ^a	92.89 \pm 0.75 ^a	38.37 \pm 1.51 ^{ab}	28.47 \pm 1.23 ^a
7	8.05 \pm 1.54 ^{ab}	7.25 \pm 0.33 ^a	93.04 \pm 0.54 ^a	37.98 \pm 1.15 ^{ab}	30.79 \pm 1.25 ^a
8	6.42 \pm 1.93 ^{ab}	7.41 \pm 0.93 ^a	92.40 \pm 1.10 ^a	39.25 \pm 2.33 ^{ab}	31.97 \pm 2.40 ^a
10	7.89 \pm 0.56 ^{ab}	7.66 \pm 0.38 ^a	92.99 \pm 0.41 ^a	40.21 \pm 2.43 ^{ab}	30.60 \pm 0.38 ^a
11	7.86 \pm 0.77 ^{ab}	6.86 \pm 0.87 ^a	92.72 \pm 0.86 ^a	38.73 \pm 1.24 ^{ab}	31.13 \pm 2.25 ^a
12	8.04 \pm 0.76 ^{ab}	8.27 \pm 0.32 ^a	93.48 \pm 0.36 ^a	39.85 \pm 1.12 ^{ab}	31.47 \pm 0.57 ^a
13	6.83 \pm 0.59 ^{ab}	7.99 \pm 0.35 ^a	93.26 \pm 0.24 ^a	39.04 \pm 1.08 ^{ab}	31.06 \pm 0.75 ^a
15	7.27 \pm 0.37 ^{ab}	7.62 \pm 0.48 ^a	93.49 \pm 0.49 ^a	41.08 \pm 1.06 ^{ab}	30.59 \pm 0.60 ^a
16	7.85 \pm 3.05 ^{ab}	7.60 \pm 0.88 ^a	92.81 \pm 0.33 ^a	39.88 \pm 0.12 ^{ab}	30.45 \pm 2.57 ^a
17	8.31 \pm 1.39 ^{ab}	7.45 \pm 0.94 ^a	93.30 \pm 0.58 ^a	38.34 \pm 1.96 ^{ab}	31.07 \pm 0.85 ^a
18	7.68 \pm 1.03 ^{ab}	6.77 \pm 0.55 ^a	92.61 \pm 0.35 ^a	39.54 \pm 1.15 ^{ab}	30.99 \pm 0.65 ^a
19	6.80 \pm 1.34 ^{ab}	7.93 \pm 0.69 ^a	93.36 \pm 0.45 ^a	39.77 \pm 2.00 ^{ab}	31.73 \pm 0.83 ^a
20	6.91 \pm 2.12 ^{ab}	7.86 \pm 0.41 ^a	93.03 \pm 0.22 ^a	43.47 \pm 4.31 ^a	31.24 \pm 1.29 ^a
21	6.77 \pm 1.93 ^{ab}	7.70 \pm 0.58 ^a	93.03 \pm 0.82 ^a	38.39 \pm 2.43 ^{ab}	32.09 \pm 0.99 ^a
22	8.83 \pm 2.20 ^{ab}	7.42 \pm 0.66 ^a	93.17 \pm 0.38 ^a	38.35 \pm 3.15 ^{ab}	29.28 \pm 1.62 ^a
23	8.02 \pm 1.69 ^{ab}	7.52 \pm 1.23 ^a	93.29 \pm 0.98 ^a	37.92 \pm 1.69 ^{ab}	30.44 \pm 2.01 ^a
24	7.74 \pm 0.18 ^{ab}	7.86 \pm 0.71 ^a	93.24 \pm 0.34 ^a	39.60 \pm 1.20 ^{ab}	30.66 \pm 1.45 ^a
25	7.48 \pm 1.84 ^{ab}	7.59 \pm 1.16 ^a	93.11 \pm 1.10 ^a	37.98 \pm 1.92 ^b	30.33 \pm 1.75 ^a
26	8.92 \pm 0.79 ^{ab}	8.05 \pm 0.38 ^a	93.31 \pm 0.23 ^a	38.08 \pm 1.29 ^b	29.55 \pm 1.45 ^a
27	8.51 \pm 0.48 ^{ab}	6.66 \pm 0.88 ^a	92.57 \pm 1.19 ^a	40.87 \pm 3.75 ^{ab}	31.28 \pm 1.95 ^a
28	8.97 \pm 1.53 ^{ab}	6.94 \pm 1.35 ^a	92.88 \pm 0.41 ^a	39.04 \pm 1.94 ^{ab}	28.97 \pm 1.95 ^a
29	6.87 \pm 0.29 ^{ab}	7.51 \pm 0.11 ^a	93.97 \pm 0.12 ^a	38.81 \pm 0.83 ^{ab}	30.47 \pm 0.92 ^a
30	8.56 \pm 1.32 ^{ab}	7.77 \pm 0.61 ^a	92.91 \pm 0.44 ^a	39.72 \pm 2.30 ^{ab}	29.85 \pm 1.26 ^a
31	5.47 \pm 0.88 ^b	8.21 \pm 0.68 ^a	93.29 \pm 0.53 ^a	40.98 \pm 2.85 ^{ab}	32.19 \pm 0.50 ^a
32	8.03 \pm 1.11 ^{ab}	7.31 \pm 0.94 ^a	93.31 \pm 0.42 ^a	39.36 \pm 0.61 ^{ab}	30.29 \pm 1.47 ^a
33	7.02 \pm 0.51 ^{ab}	8.32 \pm 0.45 ^a	93.27 \pm 0.41 ^a	40.22 \pm 0.95 ^{ab}	31.36 \pm 1.54 ^a
34	7.93 \pm 0.82 ^{ab}	7.41 \pm 0.81 ^a	92.94 \pm 0.71 ^a	40.24 \pm 3.40 ^{ab}	30.69 \pm 1.69 ^a

Medias con letra diferentes representa diferencias estadísticas ($p < 0.05$); PC = proteína cruda (%); LIG = lignina (%); MS = materia seca (%); HEM = hemicelulosa (%); CEL = celulosa (%)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del presente estudio.

La Figura 2 muestra la distribución de las 30 poblaciones de pasto lobero, según los valores obtenidos de las diferentes variables. De acuerdo con los pseudo estadísticos F, T² y CCC, se formaron cuatro grandes grupos que presentaron diferencia multivariada ($p < 0.0001$). El coeficiente de similitud (R^2) fue de 0.83 entre los cuatro grupos, lo que señala que los grupos formados son diferentes entre sí.

El grupo I (G-I) integró 12 poblaciones originarias de siete municipios (Belisario Domínguez, Riva Palacio, Chihuahua, Madera, Balleza, Guachochi y Guerrero) que se caracterizaron por presentar valores más altos en altura de follaje (20.25 cm), densidad de tallos (56.54), diámetro de macollo (6.05 cm) y rendimiento de forraje (11.19 g MS planta⁻¹). El grupo II (G-II) agrupó nueve poblaciones provenientes de siete municipios (Gran Morelos, Cuauhtémoc, Namiquipa, Riva Palacio, Gómez Farías, San Francisco del Oro y Bocoyna) y presentó el valor más alto en altura de planta (61.04 cm). Por otra parte, el grupo III (G-III) asoció seis poblaciones procedentes de Santa Isabel, Chihuahua, Matachí, Temósachi, Ignacio Zaragoza y Balleza, que se caracterizaron por presentar el valor más alto en largo de hoja (10.52 cm); sin embargo, presentó el valor más bajo en densidad de tallos (25.36). Finalmente, el grupo IV (G-IV) fue el más pequeño, ya que solo agrupó tres poblaciones originarias de dos municipios (Guachochi y Bocoyna) y se destacó por presentar los valores mínimos en altura de follaje (12.38 cm), altura de planta (42.66 cm), largo de hoja (6.87 cm), diámetro de macollo (4.61 cm), rendimiento de forraje (3.44 g MS planta⁻¹) y proporción hoja-tallo (0.29).

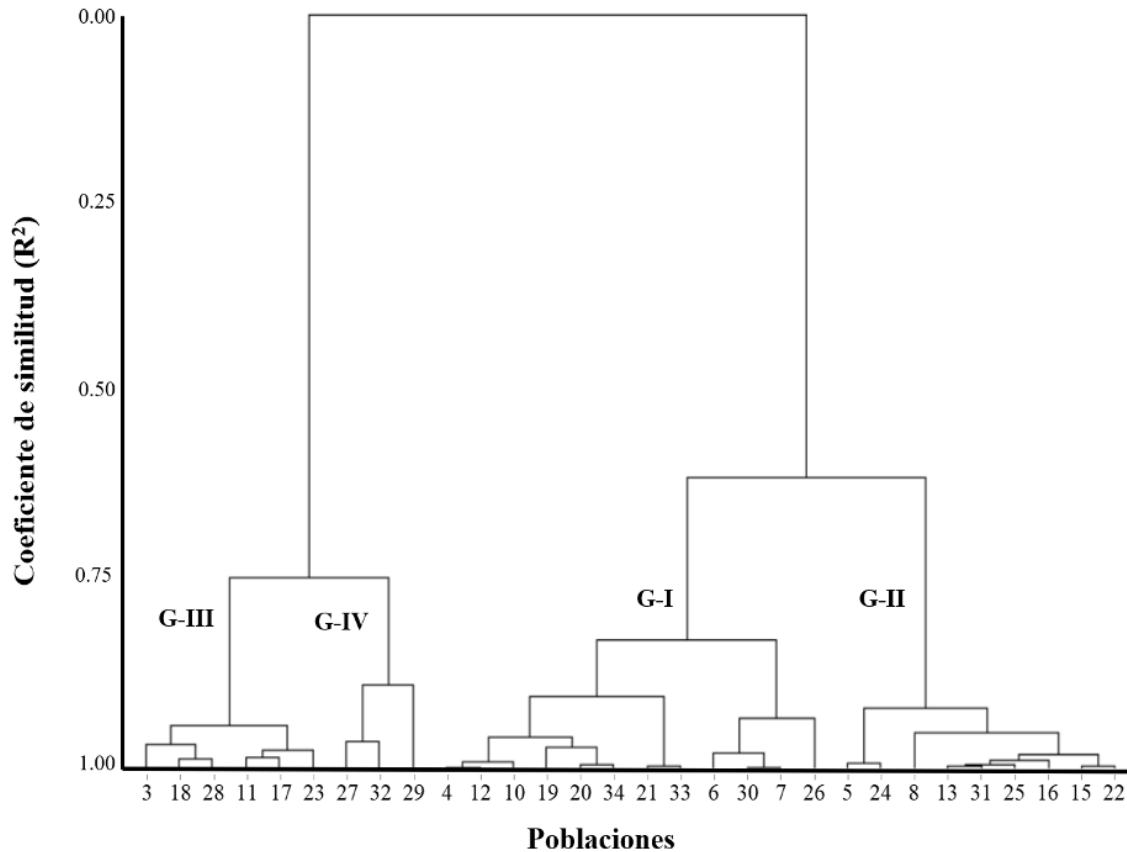


Figura 2. Dendrograma del análisis de variables morfológicas para 30 poblaciones de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus], con base en el método de ligamiento de Ward.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del presente estudio.

El análisis descriptivo mostró diferencia entre grupos, pero a través del análisis inferencial de contrastes ortogonales se determinó cuáles variables morfológicas mostraron el efecto necesario para diferenciar los grupos conformados (Tabla 5). Las variables altura de follaje, ancho y largo de hoja, diámetro de macollo y proporción hoja-tallo no presentaron diferencias entre grupos ($p > 0.05$). Por otro lado, la variable altura de planta presentó diferencias solamente con el G-IV ($p < 0.05$), pero fue igual para G-II y G-III ($p > 0.05$). En densidad de tallos el G-I fue diferente ($p < 0.05$) al G-II, G-III y G-IV. Por último, el rendimiento de forraje fue igual al G-I con el G-II y G-IV ($p > 0.05$), pero diferente al G-III ($p < 0.05$).

Tabla 5. Contrastes ortogonales con variables que solo presentan diferencias estadísticas entre los cuatro grupos reagrupados de pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus).

Variable	Contraste	Valor F	Valor p
Altura de planta	GI vs GII	0.67	0.421
	GI vs GIII	0.04	0.8352
	GI vs GIV	11.03	0.0027
	GII vs GIII	0.78	0.3851
	GII vs GIV	14.11	0.0009
	GIII vs GIV	8.31	0.0078
	GI vs GII	8.56	0.0068
Densidad de tallos	GI vs GIII	50.53	<0.0001
	GI vs GIV	6.18	0.0197
	GII vs GIII	18.34	0.0002
	GII vs GIV	0.21	0.6489
	GIII vs GIV	7.61	0.0105
	GI vs GII	2.21	0.1487
	GI vs GIII	15.99	0.0005
Rendimiento de forraje	GI vs GIV	4.18	0.0512
	GII vs GIII	6.5	0.0171
	GII vs GIV	0.99	0.3291
	GIII vs GIV	0.93	0.3448

$p < 0.05$ indica diferencia estadística multivariada entre grupo, con base en Lambda de Wilks.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al análisis nutricional, el contenido de proteína cruda en etapa de madurez fluctuó entre 5.47% y 10.22% de la población 3, proveniente de Santa Isabel y la población 31 de Bocoyna, respectivamente, únicas poblaciones que presentaron diferencia ($p < 0.05$) entre sí (Tabla 6). Las variables lignina, hemicelulosa, celulosa y materia seca no presentaron diferencias ($p > 0.05$), esto se debe a la baja variación que se obtuvo en estas variables de dichas poblaciones. La hemicelulosa, celulosa y lignina presentaron en promedio 39.28%, 30.62% y 7.53%, respectivamente. La población 6, originaria de Riva Palacio, fue la que presentó menor cantidad de lignina (6.35%), mientras que la población 33, procedente de Guerrero, presentó los valores más altos (8.32%). Por otra parte, la población 20, proveniente de Madera, obtuvo el valor más alto de hemicelulosa (43.47%); y la población 5, originaria de Gran Morelos, mostró el valor más bajo (36.49%).

Tabla 6. Valores \pm error estándar y agrupamiento Tukey de la composición nutricional en etapa de madurez en poblaciones de pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) en el estado de Chihuahua.

Población	PC	LIG	MS	HEM	CEL
3	10.22 \pm 1.55 ^a	7.38 \pm 0.91 ^a	92.53 \pm 0.34 ^a	38.64 \pm 1.28 ^{ab}	28.72 \pm 1.70 ^a
4	8.19 \pm 1.42 ^{ab}	8.17 \pm 0.78 ^a	93.44 \pm 0.28 ^a	38.25 \pm 2.41 ^{ab}	30.80 \pm 1.87 ^a
5	9.87 \pm 1.67 ^{ab}	7.07 \pm 0.23 ^a	93.14 \pm 0.39 ^a	36.49 \pm 0.41 ^{ab}	30.25 \pm 2.62 ^a
6	9.64 \pm 1.04 ^{ab}	6.35 \pm 0.42 ^a	92.89 \pm 0.75 ^a	38.37 \pm 1.51 ^{ab}	28.47 \pm 1.23 ^a
7	8.05 \pm 1.54 ^{ab}	7.25 \pm 0.33 ^a	93.04 \pm 0.54 ^a	37.98 \pm 1.15 ^{ab}	30.79 \pm 1.25 ^a
8	6.42 \pm 1.93 ^{ab}	7.41 \pm 0.93 ^a	92.40 \pm 1.10 ^a	39.25 \pm 2.33 ^{ab}	31.97 \pm 2.40 ^a
10	7.89 \pm 0.56 ^{ab}	7.66 \pm 0.38 ^a	92.99 \pm 0.41 ^a	40.21 \pm 2.43 ^{ab}	30.60 \pm 0.38 ^a
11	7.86 \pm 0.77 ^{ab}	6.86 \pm 0.87 ^a	92.72 \pm 0.86 ^a	38.73 \pm 1.24 ^{ab}	31.13 \pm 2.25 ^a
12	8.04 \pm 0.76 ^{ab}	8.27 \pm 0.32 ^a	93.48 \pm 0.36 ^a	39.85 \pm 1.12 ^{ab}	31.47 \pm 0.57 ^a
13	6.83 \pm 0.59 ^{ab}	7.99 \pm 0.35 ^a	93.26 \pm 0.24 ^a	39.04 \pm 1.08 ^{ab}	31.06 \pm 0.75 ^a
15	7.27 \pm 0.37 ^{ab}	7.62 \pm 0.48 ^a	93.49 \pm 0.49 ^a	41.08 \pm 1.06 ^{ab}	30.59 \pm 0.60 ^a
16	7.85 \pm 3.05 ^{ab}	7.60 \pm 0.88 ^a	92.81 \pm 0.33 ^a	39.88 \pm 0.12 ^{ab}	30.45 \pm 2.57 ^a
17	8.31 \pm 1.39 ^{ab}	7.45 \pm 0.94 ^a	93.30 \pm 0.58 ^a	38.34 \pm 1.96 ^{ab}	31.07 \pm 0.85 ^a
18	7.68 \pm 1.03 ^{ab}	6.77 \pm 0.55 ^a	92.61 \pm 0.35 ^a	39.54 \pm 1.15 ^{ab}	30.99 \pm 0.65 ^a
19	6.80 \pm 1.34 ^{ab}	7.93 \pm 0.69 ^a	93.36 \pm 0.45 ^a	39.77 \pm 2.00 ^{ab}	31.73 \pm 0.83 ^a
20	6.91 \pm 2.12 ^{ab}	7.86 \pm 0.41 ^a	93.03 \pm 0.22 ^a	43.47 \pm 4.31 ^{ab}	31.24 \pm 1.29 ^a
21	6.77 \pm 1.93 ^{ab}	7.70 \pm 0.58 ^a	93.03 \pm 0.82 ^a	38.39 \pm 2.43 ^{ab}	32.09 \pm 0.99 ^a
22	8.83 \pm 2.20 ^{ab}	7.42 \pm 0.66 ^a	93.17 \pm 0.38 ^a	38.35 \pm 3.15 ^{ab}	29.28 \pm 1.62 ^a
23	8.02 \pm 1.69 ^{ab}	7.52 \pm 1.23 ^a	93.29 \pm 0.98 ^a	37.92 \pm 1.69 ^{ab}	30.44 \pm 2.01 ^a
24	7.74 \pm 0.18 ^{ab}	7.86 \pm 0.71 ^a	93.24 \pm 0.34 ^a	39.60 \pm 1.20 ^{ab}	30.66 \pm 1.45 ^a
25	7.48 \pm 1.84 ^{ab}	7.59 \pm 1.16 ^a	93.11 \pm 1.10 ^a	37.98 \pm 1.92 ^{ab}	30.33 \pm 1.75 ^a
26	8.92 \pm 0.79 ^{ab}	8.05 \pm 0.38 ^a	93.31 \pm 0.23 ^a	38.08 \pm 1.29 ^{ab}	29.55 \pm 1.45 ^a
27	8.51 \pm 0.48 ^{ab}	6.66 \pm 0.88 ^a	92.57 \pm 1.19 ^a	40.87 \pm 3.75 ^{ab}	31.28 \pm 1.95 ^a
28	8.97 \pm 1.53 ^{ab}	6.94 \pm 1.35 ^a	92.88 \pm 0.41 ^a	39.04 \pm 1.94 ^{ab}	28.97 \pm 1.95 ^a
29	6.87 \pm 0.29 ^{ab}	7.51 \pm 0.11 ^a	93.97 \pm 0.12 ^a	38.81 \pm 0.83 ^{ab}	30.47 \pm 0.92 ^a
30	8.56 \pm 1.32 ^{ab}	7.77 \pm 0.61 ^a	92.91 \pm 0.44 ^a	39.72 \pm 2.30 ^{ab}	29.85 \pm 1.26 ^a
31	5.47 \pm 0.88 ^b	8.21 \pm 0.68 ^a	93.29 \pm 0.53 ^a	40.98 \pm 2.85 ^{ab}	32.19 \pm 0.50 ^a
32	8.03 \pm 1.11 ^{ab}	7.31 \pm 0.94 ^a	93.31 \pm 0.42 ^a	39.36 \pm 0.61 ^{ab}	30.29 \pm 1.47 ^a
33	7.02 \pm 0.51 ^{ab}	8.32 \pm 0.45 ^a	93.27 \pm 0.41 ^a	40.22 \pm 0.95 ^{ab}	31.36 \pm 1.54 ^a
34	7.93 \pm 0.82 ^{ab}	7.41 \pm 0.81 ^a	92.94 \pm 0.71 ^a	40.24 \pm 3.40 ^{ab}	30.69 \pm 1.69 ^a

Medias con letras diferentes representa diferencias estadísticas ($p < 0.05$); PC = proteína cruda (%); LIG = lignina (%); MS = materia seca (%); HEM = hemicelulosa (%); CEL = celulosa (%).

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de correlación (Tabla 7) se observa que las variables morfológicas y nutricionales no presentaron una relación ($p > 0.05$), sin embargo, la asociación de las variables por separado sí presentaron relación ($p < 0.05$). Por ejemplo, altura de forraje se asoció positivamente con densidad de tallos ($r = 0.66$), rendimiento de forraje (0.82) y proporción hoja-tallo (0.85). Por otra parte, altura de planta se asoció ($p < 0.05$) con largo de hoja ($r = 0.62$); esta relación es congruente, debido a que la mayor producción de forraje se encuentra en poblaciones con mayor altura de planta y largo de hoja. En cuanto al componente nutricional, se presentó una correlación negativa ($p > 0.05$) en proteína cruda con lignina ($r = -0.48$) y hemicelulosa ($r = -0.48$).

Tabla 7. Coeficientes de correlación entre variables morfológicas y nutricionales de 30 poblaciones de pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) en el estado de Chihuahua.

	AF	AP	DT	AH	LH	DM	RF	PHT	PC	LIG	MS	HEM	CEL
AF	1												
AP	0.55*	1											
DT	0.66**	0.32	1										
AH	0.15	0.33	-0.16	1									
LH	0.31	0.62*	0.09	0.35	1								
DM	0.57*	0.30	0.60*	0.27	0.36	1							
RF	0.82**	0.54*	0.89**	0.04	0.27	0.64**	1						
PHT	0.85**	0.05	0.61*	-0.05	-0.00	0.51*	0.65**	1					
PC	0.20	-0.01	-0.06	0.26	0.14	0.11	0.06	0.24	1				
LIG	0.10	0.31	0.42	-0.10	-0.01	0.04	0.36	-0.06	-0.48*	1			
MS	0.04	-0.04	0.22	-0.43	-0.25	0.01	0.20	0.10	-0.26	0.54*	1		
HEM	-0.27	-0.26	0.09	-0.26	-0.10	-0.07	-0.09	-0.16	-0.48*	0.24	0.06	1	
CEL	-0.21	0.05	0.00	-0.02	-0.20	-0.16	-0.05	-0.30	-0.80**	0.41	0.10	0.36*	1

Diferencia estadística * = ($p < 0.05$); ** = ($p < 0.0001$); AF = altura de forraje; AP = altura de planta; DT = densidad de tallos; AH = ancho de hoja; LH = largo de hoja; DM = diámetro de macollo; RF = rendimiento de forraje; PHT = proporción hoja tallo; PC = proteína cruda; LIG = lignina; MS = materia seca; HEM = hemicelulosa; CEL = celulosa.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

En cuanto a los CV, se observó que existió heterogeneidad en los valores de las variables estudiadas. Corrales-Lerma *et al.* (2017) reportaron bajos CV (menores al 20%) para variables morfológicas evaluadas en poblaciones de pasto rosado (*Melinis repens*) en el estado de Chihuahua y asumieron que no existió variabilidad morfológica en esta especie invasora.

Con respecto a la altura de planta, los resultados obtenidos concuerdan a lo descrito por Hernández-Barboza *et al.* (2014), quienes reportaron en pasto lobero alturas de planta desde 40 cm hasta 60 cm en Tecozahutla, Hidalgo, México. Sin embargo, en otro estudio, Herrera & Peterson (2017) reportaron para esta misma especie rangos en largo de hoja de 3 cm a 10 cm y ancho de hoja de 1 mm a 1.5 mm en Pátzcuaro, Michoacán, México. Estos valores obtenidos en poblaciones de pasto lobero permiten inferir que esta especie nativa comparte atributos similares con poblaciones de otros estados de México.

El comportamiento mostrado en el análisis de componentes principales fue similar a otros estudios de gramíneas nativas en el norte de México, donde se caracterizó la diversidad morfológica, presentando una amplia diversidad fenotípica. Morales *et al.* (2012) encontraron que con tres CP se explicaba el 79% de la variación total en 91 ecotipos de pasto punta blanca (*Digitaria californica*) en el estado de Chihuahua; además, variables como densidad de tallos y altura de follaje se agruparon en el CP1. De igual forma, Morales *et al.* (2013, 2016) reportan que con los primeros tres CP se explicaba el 75.30% de la variabilidad total en 32 poblaciones de pasto gigante (*Leptochloa dubia*) y 73.83% en 51 poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), respectivamente; y señalan que esta amplia diversidad se debe principalmente a las diferentes condiciones ambientales, como temperatura, humedad, precipitación, elevación y condiciones edáficas del suelo de los sitios de procedencia, los cuales influyen en el crecimiento y productividad de las especies vegetales (Muslera & Ratera, 1991; Pittarello *et al.*, 2020).

La variabilidad morfológica de las poblaciones de pasto lobero es de gran utilidad en la búsqueda y selección de caracteres como rendimiento de forraje y semilla, ya que encontrar poblaciones de esta planta con estos caracteres podría ayudar a diversificar la alimentación de los animales en pastoreo, además de que podrían ser consideradas recursos forrajeros para la protección y estabilidad del suelo (Morales *et al.*, 2016; Villareal *et al.*, 2014). Por los resultados anteriores, las poblaciones del G-I se pueden considerar como materiales aptos para doble propósito, que sería producción de forraje y semilla. En este sentido, es importante conservar germoplasma de la diversidad de pasto lobero para iniciar programas de mejoramiento genético y disponer de genotipos mejorados para su uso en programas de rehabilitación de pastizales. Otra ventaja es que, al tratarse de una especie nativa del estado de Chihuahua, se puede seleccionar semilla de las poblaciones que presentaron mayor éxito de establecimiento, con lo cual se reducirían riesgos en el establecimiento y disminución de costos en los programas de resiembra (Jefferson *et al.*, 2002; Schellenberg *et al.*, 2012). La caracterización morfológica es la base para seleccionar individuos sobresalientes en cuanto a producción de forraje, semilla, resistencia a sequías, entre otras características utilizadas para la rehabilitación de áreas degradadas (Corrales-Lerma *et al.*, 2017; Morales *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2013; Schellenber *et al.*, 2012).

Con respecto al análisis nutricional, las poblaciones presentaron diferencia ($p < 0.05$) solamente en la variable proteína cruda. Este componente nutricional es importante debido a que es el suplemento más costoso que conforma la dieta de los animales; por lo tanto, es uno de los nutrientes que determina el valor nutritivo del forraje (Nava-Berumen *et al.*, 2018; Oliva *et al.*, 2015). En otros estudios, Melgoza *et al.* (2016) mencionan que esta especie puede alcanzar hasta un 11% de proteína cruda. Esta variación es ocasionada por el periodo estacional y es afectada por las condiciones climáticas, topográficas y nutrientes del suelo, lo que ocasiona la diferencia de expresión entre los ecotipos de las diferentes poblaciones (Corrales-Lerma *et al.*, 2017; Lugassi *et al.*, 2019).

Por otra parte, Hernández-Barboza *et al.* (2014) reportan resultados similares en un análisis bromatológico del pasto lobero en el ejido La Mesilla, Tecozahutla, Hidalgo, México. Los valores de lignina que presentaron las poblaciones de pasto lobero en este estudio superaron a los reportados en otras gramíneas evaluadas en el estado de Chihuahua, como *Bouteloua curtipendula* (Álvarez-Holguín *et al.*, 2020) y *Melinis repens* (Corrales-Lerma *et al.*, 2017).

La lignina es un polímero que forma parte de la pared celular que ayuda al crecimiento de la planta, así como a los tejidos y órganos para dar resistencia y mejorar el establecimiento de las especies vegetales (Liu *et al.*, 2018). Por otra parte, la lignina es el principal factor que limita la degradación de las especies vegetales al ser consumidos por los ruminantes y no ruminantes (Ramírez *et al.*, 2002; Van Soest, 1994). Por su parte, la celulosa es la encargada de regular el crecimiento de la planta y el funcionamiento de la pared celular para realizar funciones como el movimiento del agua y defensa de la planta (Cosgrove, 2005; Rongpipi *et al.*, 2019). Finalmente, la hemicelulosa es la encargada de dar rigidez, ya que forma parte de la pared secundaria de las angiospermas y contribuye desde el 20% hasta 40% del peso total de la biomasa (Busse-Wicher *et al.*, 2016; Terret & Dupree, 2019). Estos compuestos dan forma y estructura a la pared celular vegetal y son importantes en la digestibilidad y aprovechamiento de la planta para los animales (Rongpipi *et al.*, 2019). Los animales herbívoros, como es el caso del ganado bovino, han desarrollado cámaras de fermentación, donde albergan a simbioses microbianas que les ayudan a degradar compuestos de la pared celular para convertirlos en energía (Camacho-Escobar *et al.*, 2020; Granados-Sánchez *et al.*, 2008).

En el análisis de correlación de la parte morfológica, Gutiérrez *et al.* (2020) reportan en esta misma gramínea una alta correlación ($p < 0.05$) del rendimiento de forraje con altura de forraje ($r = 0.88$) y densidad de tallos ($r = 0.88$). Estos mismos autores señalan que entre mayor sea la altura de forraje y densidad de tallos, las especies vegetales tendrán mayor producción de forraje. Por su parte, Sánchez *et al.* (2017) encontraron una relación altamente positiva ($p < 0.0001$) entre altura de planta y largo de hoja ($r = 0.58$) en ecotipos de pasto buffel (*Pennisetum ciliare*) en Debre Zeit, Etiopía. Otra asociación ($p < 0.0001$) importante fue entre densidad de tallos y rendimiento de forraje ($r = 0.89$), ya que la densidad de tallos establece la producción de la planta (Boe & Beck, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2020).

En cuanto al análisis nutricional, solo se presentó una correlación en proteína cruda con lignina ($r = -0.48$) y hemicelulosa ($r = -0.48$), lo que significa que a mayor contenido de proteína cruda las otras variables disminuyen su porcentaje. El comportamiento anterior concuerda a lo reportado por Gutiérrez *et al.* (2020), quienes encontraron una correlación negativa ($p < 0.0001$) con las variables antes mencionadas. Esto se debe a que la lignina es un polímero que está presente en las paredes celulares y es responsable de su rigidez, lo que ocasiona que sea indigestible para las bacterias del rumen y limita el aprovechamiento de los carbohidratos (López-Herrera *et al.*, 2017). Por otra parte, la celulosa y hemicelulosa son polisacáridos estructurales que representan la principal fuente de energía para los animales en pastoreo (Dominguez *et al.*, 2012).

Conclusiones

La variabilidad que presentó el pasto lobero permite inferir que existe diversidad morfológica entre poblaciones del estado de Chihuahua, sin embargo, las variables nutricionales no presentaron gran diferencia entre las poblaciones de esta especie.

Se identificaron las poblaciones procedentes de Belisario Domínguez, Riva Palacios, Chihuahua, Madera, Balleza, Guachochi y Guerrero como ecotipos aptos para la producción de forraje. El pasto lobero presenta un valor forrajero que va de regular a bueno; sin embargo, se recomienda determinar su digestibilidad.

La población originaria de Santa Isabel presentó buen valor nutricional, bajo contenido de lignina y alto contenido de proteína cruda. Por lo anterior, se recomienda reproducirlo y considerarlo para posible registro como variedad.

La relación ente las características morfológicas y nutricionales varió de acuerdo al lugar de procedencia, mientras que la proteína cruda influyó en el contenido de lignina, hemicelulosa y celulosa, por tanto, se recomienda incluir en los programas de mejoramiento genético y considerar estas características al seleccionar poblaciones de pasto lobero.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (No. BECA 883966). A la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Conflictos de interés

No existe conflicto de interés.

Referencias

- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Avendaño-Arrazate, C. H., Rubio-Arias, H. O., & Villarreal-Guerrero, F. (2018). Caracterización estomática, concentración de clorofila y su relación con producción de biomasa en *Bouteloua curtipendula*. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 251-261. doi: <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29900>
- Álvarez-Holguín, A., Ochoa Rivero, J. M., Ponce García, O. C., Morales Nieto, C. R., & Corrales Lerma, R. (2020). Atributos agronómicos, composición nutricional y su relación en genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*). *Ciencia e Innovación*, 3(2), 279-289. https://www.researchgate.net/publication/361493817_ATRIBUTOS_AGRONOMICOS_COMPOSICION_NUTRITIONAL_Y_SU_RELACION_EN_GENOTIPOS_DE_PASTO_BANDERITA
- Barragán, W. A., Mestra, L. I., & Cajas, Y. S. (2019). Nutritional characterization of forages in multistrata silvopastoral systems during the rainy season in Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 31(2), 18-39. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193208184>
- Boe, A., & Beck, D. L. (2008). Yield components of biomass in switchgrass. *Crop Science*, 48(4), 1306-1311. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.08.0482>
- Busse-Wicher, M., Li, A., Silveira, R. L., Pereira, C. S., Tryfona, T., Gomes, T. C. F., Skaf, M. S., & Dupree, P. (2016). Evaluation of xylan substitution patterns in gymnosperms and angiosperms: Implication for xylan interaction with cellulose. *Plant Physiology*, 171(4), 2418-2431. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.16.00539>
- Camacho-Escobar, M. A., Ramos-Ramos, D. A., Ávila-Serrano, N. Y., Sánchez-Bernal, E. I., & López-Garrido, S. J. (2020). Las defensas físico-químicas de las plantas y su efecto en la alimentación de los rumiantes. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 443-453. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.629>
- Chaplot, V., Dlamini, P., & Chivenge, P. (2016). Potential of grassland rehabilitation through high density-short duration grazing to sequester atmospheric carbon. *Geoderma*, 271, 10-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.02.010>
- Corrales-Lerma, R., Morales-Nieto, C. R., Villarreal-Guerrero, F., Santellano-Estrada, E., Melgoza-Castillo, A., Álvarez-Holguín, A., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2017). Caracterización morfológica y nutricional de pasto rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] en el estado de Chihuahua. *Agroproductividad*, 10(10), 103-109. <https://core.ac.uk/download/pdf/249319964.pdf>
- Cosgrove, D. J. (2005). Growth of the plant cell wall. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 6(11), 850-861. doi: <https://doi.org/10.1038/nrm1746>
- Domínguez, T. G., Ramírez, R. G., Estrada, A. E., Scott, L. M., González, H., & Alvarado, M. S. (2012). Importancia nutrimental en plantas forrajeras del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, 15(59), 77-93. <http://eprints.uanl.mx/2721/1/11ArticuloMatorraloso.pdf>

- Granados-Sánchez, D., Ruíz-Puga, P., & Barrera-Escorcia, H. (2008). Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(1), 51-63. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v14n1/v14n1a9.pdf>
- Gutiérrez, J. O., Morales, C. R., Álvarez, A., Corrales, C., & Gustavo, C. (2020). Relación entre atributos agronómicos y nutricionales en pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus]. *Ciencia e Innovación*, 3(1), 155-147. https://www.researchgate.net/publication/361493851_RELACION_ENTRE_ATRIBUTOS_AGRONOMICOS_Y_NUTRICIONALES_EN_PASTO_LOBERO_Muhlenbergia_phleoides_Kunth_Columbus
- Hernández-Barboza, J. C., Núñez-Martínez, G., & Castro-López, S. (2014). Análisis nutricional y coeficiente de agostadero invernal del zacate lobero (*Lycurus phleoides*) en el Ejido de la mesilla, Hidalgo. *Journal of Veterinary Science of UAM-X*, 1(1), 34-40. <http://articulosjhb.blogspot.com/2013/12/prueba-1.html>
- Herrera, Y., & Peterson, P. M. (2017). Familia Gramineae 15énero15lia Chloridoideae I: (género *Muhlenbergia*). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. doi: <https://doi.org/10.21829/fb.47.2017.199>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825076191.pdf
- Jefferson, P. G., McCaughey, W. P., May, K., Woosaree, J., MacFarlane, L., & Wright, S. M. B. (2002). Performance of American native grass cultivars in the Canadian prairie provinces. *Native Plants Journal*, 3(1), 24-33. doi: <https://doi.org/10.3368/npj.3.1.24>
- Liu, Q., Luo, L., & Zheng, L. (2018). Lignins: Biosynthesis and biological functions in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(2), 335. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms19020335>
- López-Herrera, M., Rojas-Bourrillon, A., & Zumbado-Ramírez, C. (2017). Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún con plátano Pelipita 1. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 629-642. doi: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.25237>
- Lugassi, R., Zaady, E., Goldshleger, N., Shoshany, M., & Chudnovsky, A. (2019). Spatial and temperatural monitoring of pasture ecological quality: Sentinel-2-based estimation of crude protein and neutral detergent fiber contents. *Remote Sensing*, 11(7), 799. doi: <https://doi.org/10.3390/rs11070799>
- Melgoza, C. A., Morales, C. R., Santos, S. T., Royo, M., Quintana, M., & Lebgue, T. (2016). Manual práctico para la identificación de las principales plantas en los agostaderos de Chihuahua, Chihuahua, México. Tercera edición. *Editorial UACH*, 3(1), 1-207.
- Morales, C. R., Avendaño-Arrazate, C., Melgoza-Castillo, A., Martínez-Salvador, M., & Jurado-Guerra, P. (2015). Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de zacate temprano (*Setraria macrostachya*) en Chihuahua, México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 84(1), 190-200. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572015000100026
- Morales, C. R., Avendaño, C., Melgoza, A., Gil, K., Quero, A., & Martínez, M. (2016). Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(4), 455-469. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v7n4/2448-6698-rmcp-7-04-00455.pdf>
- Morales, C. R., Madrid, L., Melgoza, A., Martínez, M., Arévalo, S., Quintán, R. C., & Jurado, P. (2009). Análisis morfológico de la diversidad del pasto navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. Ex Kunth) Lag. Ex Steud], en Chihuahua, México. *Técnica Pecuaria en México*, 47(3), 245-256. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61312111002.pdf>
- Morales, C. R., Melgoza, A., Jurado, P., Martínez, M., & Avendaño, C. (2012). Caracterización fenotípica y molecular de poblaciones de zacate punta blanca (*Digitaria californica* (Benth.) Henr.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(2), 171-184. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v3n2/v3n2a3.pdf>
- Morales, C. R., Rivero, O., Melgoza, A., Jurado, P., & Martínez, M. (2013). Caracterización morfológica y molecular de *Leptochloa dubia* (Poaceae) en Chihuahua, México. *Polibotánica*, (36), 79-94. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682013000200005
- Morales, C. R., Quero, A., Pérez, J., Hernández, A., & Le, O. (2008). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia*, 42(7), 767-775. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952008000700003&script=sci_arttext

- Muslera, E., & Ratera, C. (1991). Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento (2ª Ed.). Mundi-Prensa. https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991000274549706331&context=U&vid=34CVA_UMH:VU1&lang=es
- Nava-Berumen, C. A., Rosales-Serna, R., Carrete-Carreón, F. O., Jiménez-Ocampo, R., Domínguez-Martínez, P. A., & Reyes-Estrada, E. O. (2018). Productividad y calidad de forrajes de pastos cultivados durante la época seca en Durango, México. *Agrociencia*, 52(8), 803-816. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n6/2521-9766-agro-52-06-803.pdf>
- Oliva, M., Rojas, D., Morales, A., Oliva, C., & Oliva, M. A. (2015). Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 211-215. doi: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.07>
- Pittarello, M., Lonati, M., Enri, S. R., & Lombardi, G. (2020). Environmental factors and management intensity affect in different ways plant diversity and pastoral value of alpine pastures. *Ecological Indicators*, 115, 106429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106429>
- Ramírez, R., Ramírez, R. G., & López, F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *CIENCIA UANL*, 5(2), 1405-9177. <http://eprints.uanl.mx/1175/>
- Rongpipi, S., Ye, D., Gomez, E. D., & Gomez, E. W. (2019). Progress and opportunities in the characterization of cellulose-An important regulator of cell wall growth and mechanics. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1894. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01894>
- Sánchez, R. A., Morales, C. R., Hanson, J., Santellano, E., Jurado, P., Villanueva, J. F., & Melgoza, A. (2017). Caracterización forrajera de ecotipos de zacate buffel en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(1), 13-26. doi: <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i1.68>
- Schellenberg, M. P., Biligetu, B., McLeod, G. J., & Wang, Z. (2012). Phenotypic variation of side-oats grama grass [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] collections from the Canadian prairie. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(6), 1043-1048. doi: <https://doi.org/10.4141/cjps2011-142>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2015). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*. México. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
- Statistical Analysis System (SAS). (2006). *Statistical Analysis System 9.1.3: User's guide*. Cary. https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf
- Terrett, O. M., & Dupree, P. (2019). Covalent interactions between lignin and hemicelluloses in plant secondary cell walls. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 97-104. doi: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.10.010>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2a Ed.). Comstock, Cornell University Press. [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1044355](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1044355)
- Villarreal, J. A., Hernández, A., Martínez, P. A., Guerrero, J. D., & Velasco, M. E. (2014). Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2), 231-245. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v5n2/v5n2a8.pdf>