

# Caracterización estomática de poblaciones de pasto Lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el norte de México

Stomatal characterization of wolfgrass [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] populations in northern Mexico

Jaime Neftalí Márquez-Godoy<sup>1</sup>, Carlos Raúl Morales-Nieto<sup>2\*</sup>, Raúl Corrales-Lerma<sup>2</sup> y Alan Álvarez-Holguín<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán, C.P. 80398 Culiacán, Sinaloa, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico R. Almada km 1. C. P. 31000 Chihuahua, Chihuahua, México.

\*Correspondencia: Correo electrónico: [cnieto@uach.mx](mailto:cnieto@uach.mx) (Carlos Raúl Morales-Nieto)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i1.1376>

Recibido: 09 de octubre de 2023; Aceptado: 04 de marzo de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. Humberto González-Rodríguez

## Resumen

El pasto Lobero es una especie nativa de gran importancia en zonas áridas y semiáridas del norte de México. Por tal motivo, el objetivo fue explorar y realizar una caracterización estomática en poblaciones de pasto Lobero. 33 poblaciones en etapa fenológica madura fueron sujetas a estudio. Las variables evaluadas fueron, número de estomas (NE), células epidérmicas (NC), área estomática (AE) e índice estomático (IE) en la superficie adaxial (haz) y abaxial (envés) de la hoja. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza por bloques completamente al azar con cinco repeticiones. Los resultados muestran que el pasto Lobero es una especie anfiestomática y presenta estomas de tipo Diacítico o cariofiláceo. Lo que sugiere que la caracterización estomática es una técnica importante que nos brinda información valiosa sobre la estructura foliar de las especies vegetales.

**Palabras clave:** caracterización estomática, *Muhlenbergia phleoides*, anatomía foliar, ecología vegetal, especie nativa.

## Abstract

Wolfgrass is native species of great importance in arid and semiarid areas of northern Mexico. For this reason, the objective was to explore and carry out a stomatal characterization in Wolfgrass populations. 33 populations in mature phenological stage were subject to study. The variables evaluated were number of stomata (NE), epidermal cells (NC), stomatal area (AE) and stomatal index (IE) on the adaxial (beam) and abaxial (underside) Surface of the leaf. The data were analyzed using a completely randomized block analysis of variance with five repetitions. The results show that Wolfgrass is amphistomatic species and has diacytic or caryophyllaceous type stomata. Which suggests that stomatal characterization is an important technique that provides us with valuable information about the leaf structure of plant species.

**Keywords:** stomatal characterization, *Muhlenbergia phleoides*, leaf anatomy, plant ecology, native species.

## 1. Introducción

Los pastizales son uno de los ecosistemas más extensos a nivel mundial, abarcando aproximadamente el 40 % de la superficie terrestre, con una extensión de 3,500 millones de hectáreas (Zhou *et al.*, 2018). En México, los pastizales ocupan alrededor de 300,000 km<sup>2</sup>, lo que representa aproximadamente el 16 % del territorio (Zermeño-González *et al.*, 2011), y en el estado de Chihuahua, cubren el 24 % del territorio (INEGI, 2013). Sin embargo, estos ecosistemas están amenazados por diversos factores, como la expansión de tierras de cultivo, el crecimiento urbano y el uso excesivo de ganado, lo que resulta en la degradación de la diversidad de pastos (Abdulahi *et al.*, 2016; Bardgett *et al.*, 2021). Para proteger y mejorar los pastizales, se han empleado diversas técnicas, como la rehabilitación de pastizales, con el objetivo de aumentar la diversidad de especies y fomentar el crecimiento de la vegetación (Abdulahi *et al.*, 2016). Sin embargo, la investigación para identificar especies de pastos adecuadas para la resiembra se ha centrado principalmente en estudios de caracterización morfológica y nutricional (Morales-Nieto *et al.*, 2015, 2016).

Es importante considerar la selección de especies de pastos en función de su sistema estomático, ya que los estomas desempeñan un papel crucial en la regulación del balance de agua y la fotosíntesis. Por lo tanto, el conocimiento de la distribución y densidad de los estomas puede proporcionar información valiosa sobre la capacidad de establecimiento y productividad de las especies de pastos (Lawson y Blatt, 2014; Álvarez-Holguín *et al.*, 2018). Álvarez-Holguín *et al.* (2018) llevaron a cabo una caracterización detallada de la distribución y densidad de estomas, así como de la cantidad de clorofila, en el pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*). Sus conclusiones indican que los genotipos con menor densidad estomática e índice estomático, y mayor área estomática y concentración de clorofila, contribuyen a una mayor producción de follaje. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la estructura estomática al seleccionar especies de pastos para la rehabilitación y mejora de los pastizales.

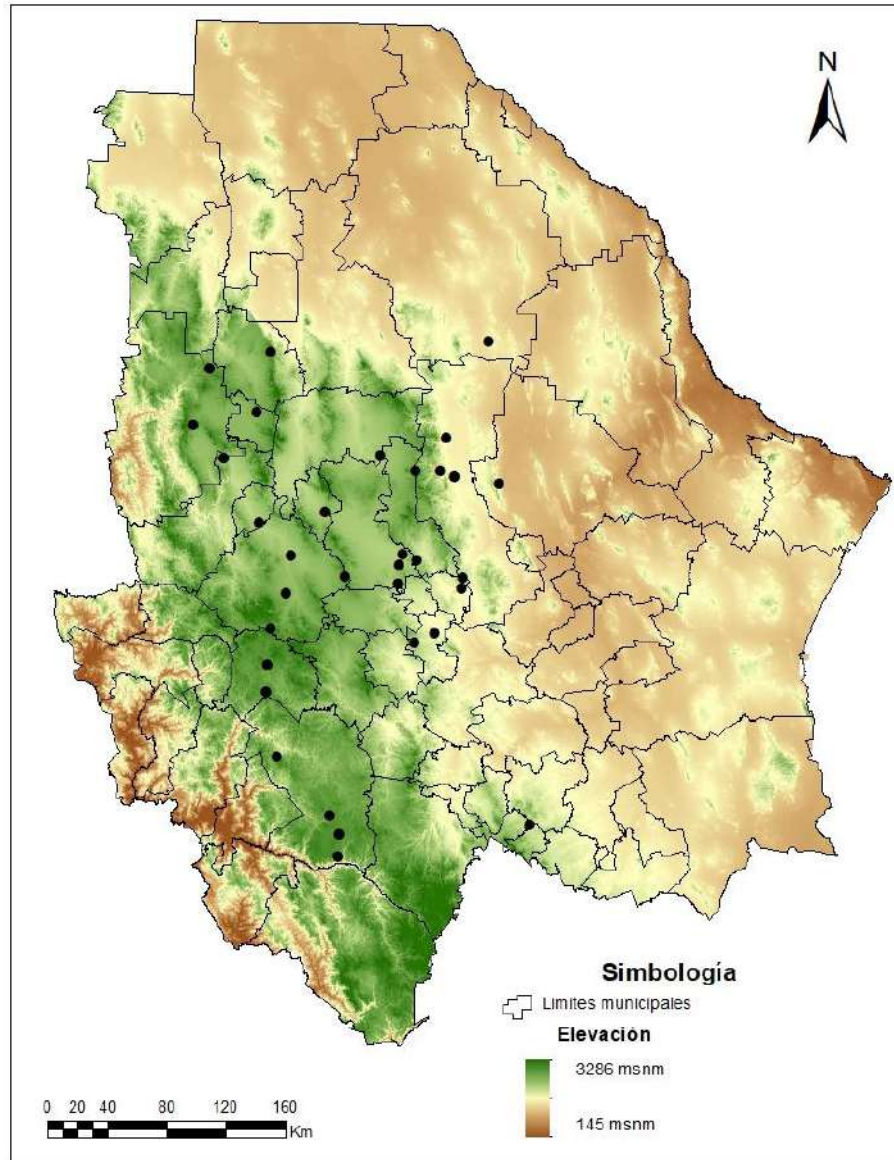
El pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) es una especie nativa que se encuentra en los pastizales del norte de México. Se caracteriza por tener una altura promedio de planta de 58.47 cm y un diámetro de macollo de 5.80 cm. Además, su contenido de proteína cruda varía entre 5.47 % y 10.22 % (Márquez-Godoy et al., 2022). A pesar de su importancia, hay una falta de información sobre el aparato estomático de muchas especies de gramíneas, lo cual es crucial para evaluar su rusticidad, capacidad de establecimiento y producción. Por este motivo, el objetivo de este estudio fue explorar y realizar una caracterización estomática en poblaciones de pasto Lobero en el estado de Chihuahua.

## 2. Materiales and métodos

### 2.1. Materiales

En el año 2016, se recolectaron semillas de 33 poblaciones nativas de pasto Lobero en diferentes municipios del estado de Chihuahua (Fig. 1). Cada ubicación proporcionó aproximadamente 200 g de semilla, representando así la diversidad genética de las poblaciones estatales. La Tabla 1 ofrece información sobre los municipios, coordenadas geográficas y las condiciones ambientales de cada sitio de recolección.

Las semillas fueron almacenadas durante seis meses para inducir la ruptura de su estado natural de latencia. Posteriormente, se sembraron en bolsas de poliuretano negro llenadas con suelo franco-arenoso en condiciones de invernadero. Con el fin de mantener una densidad de población uniforme, se sembraron 25 semillas en cada maceta y se aplicó riego cada tres días para mantener el suelo húmedo. Tras 90 días, se realizó un aclareo para dejar solo una planta por maceta. Luego, las macetas fueron trasplantadas y conservadas *ex situ* en la zona agrícola del poblado "El Vallecillo", municipio de Chihuahua. El área de estudio se caracteriza por presentar una temperatura anual promedio de 18 °C, una precipitación media anual de 415.1 mm y una topografía mayormente plana (INEGI, 2015). Después del trasplante, cada población recibió 2 L de agua como único riego para asegurar su establecimiento. Además, se protegió el área experimental mediante la instalación de cercas con alambre de púas para evitar el acceso del ganado y el pastoreo en la zona.



**Figura 1.** Ubicación de los 33 sitios de recolecta de semilla de pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) en el estado de Chihuahua.

**Figure 1.** Location of the 33 Wolfstail (*Muhlenbergia phleoides*) seed collection sites in the state of Chihuahua.

**Tabla 1.** Características de los 33 sitios de recolecta de poblaciones de pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) en el estado de Chihuahua.**Table 1.** Characteristics of the 33 collection sites of populations of Wolfstail Grass (*Muhlenbergia phleoides*) in the state of Chihuahua.

Población	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Altitud (m)	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 Dguez.
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
35	415.1	18.0	1606	29 1 54	106 19 26	Chihuahua
36	415.1	18.0	2118	28 25 4	106 15 40	Chihuahua
37	415.1	18.0	1545	29 16 7	106 22 53	Chihuahua

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Variables medidas

Se evaluaron la densidad estomática (NE), el número de células epidérmicas (NC), el índice estomático (IE) por milímetro cuadrado ( $\text{mm}^2$ ) y el área estomática (AE) en micrómetros cuadrados ( $\mu\text{m}^2$ ) (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018). Estas variables se midieron en cada una de las 33 poblaciones. Para ello, se seleccionó una hoja madura de cada planta. El método consistió en colocar una gota de pegamento instantáneo Kola Loka® (Kola Loka SA de CV, México) en un portaobjetos. Posteriormente, se presionó la hoja sobre la gota durante 30 segundos con ayuda de un borrador de goma, y luego se despegó del portaobjetos. Estos procedimientos se llevaron a cabo en las superficies del haz (adaxial) y envés (abaxial) de cada hoja. Las muestras se examinaron en condiciones de iluminación natural con la ayuda de un microscopio electrónico con un aumento de 40x, y se capturaron imágenes de cinco campos ópticos que tenían un área de  $0.0945 \text{ mm}^2$ . Dentro de cada imagen, se realizó un conteo de células epidérmicas (NC) y estomas (NE). A partir de estos conteos, se calculó la densidad por milímetro cuadrado ( $\text{mm}^2$ ). El área estomática (AE) se determinó utilizando tres estomas elegidos al azar de cada campo óptico, y se utilizó el software Zen 2 core para la captura y análisis de las imágenes. Por otra parte, el índice estomático (IE) se calculó utilizando la ecuación  $\%IE = [NE/(NC+NE)]*100$ , que representa el porcentaje de estomas con relación al total de células estomáticas y epidérmicas, según la propuesta de Wilkinson (1979). Las variables NE, NC, IE y AE se calcularon por separado para el haz (adaxial) y envés (abaxial). Este procedimiento permitió obtener datos detallados sobre la estructura y densidad de las células y estomas en ambas caras de la hoja.

### 2.2.3. Métodos estadísticos

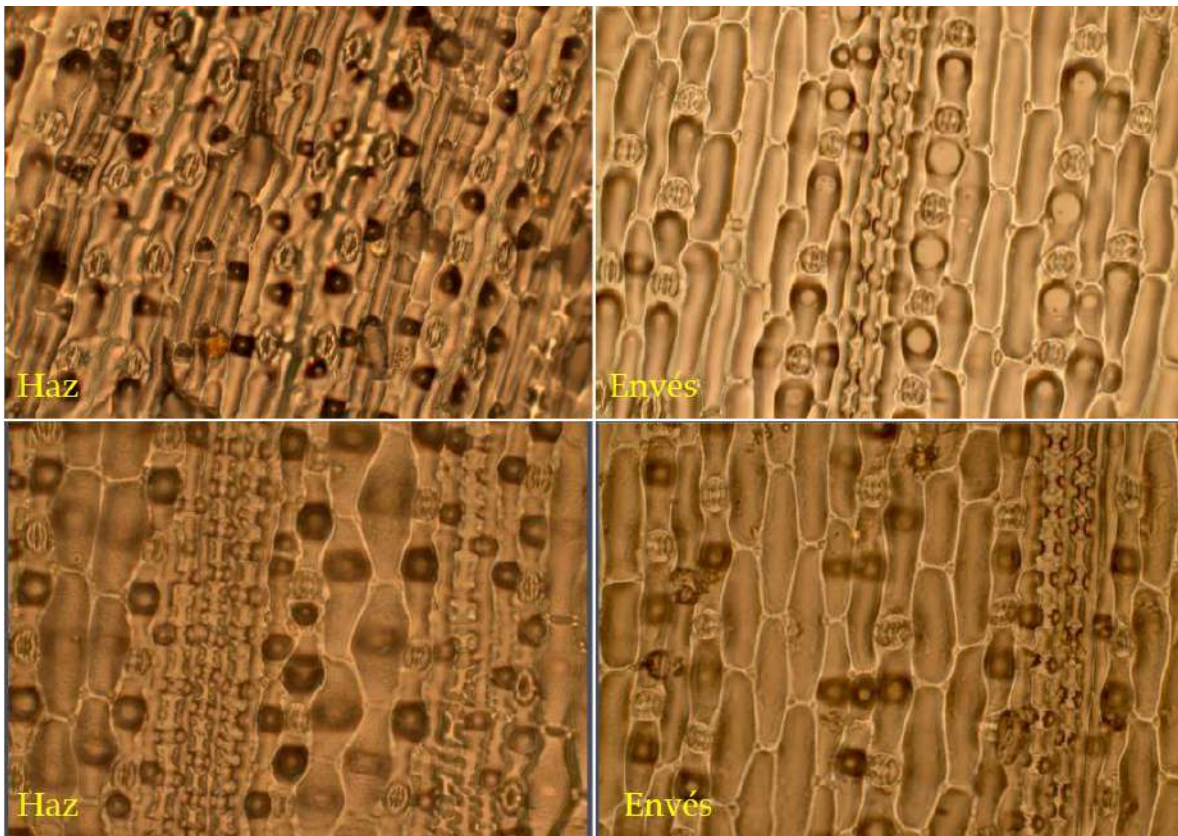
Los datos de las variables NE, NC, IE y AE fueron analizados mediante un análisis de varianza por bloques completamente al azar con cinco repeticiones. Este análisis se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (2006), con un nivel de significancia de 0.05.

## 3. Resultados and discusión

El pasto Lobero exhibió una distribución estomática en ambas superficies de la lámina foliar (Fig. 2), tanto en el adaxial (haz) como en el abaxial (envés), lo que lo clasifica como una especie anfiestomática. Álvarez-Holguín *et al.* (2018) realizaron una caracterización estomática en tres variedades (Vaugh, Niner, El Reno) y dos genotipos (E-689 y E-592) de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), concluyendo que esta especie es anfiestomática. Por otra parte, Trod *et al.* (2018) analizaron la distribución y densidad estomática de *Trichloris crinita* y *T. pluriflora*, dos gramíneas anfiestomáticas perennes nativas de Argentina. La presencia de estomas en ambas caras de la hoja



ofrece una ventaja significativa en condiciones de zonas áridas y semiáridas, ya que permite un uso eficiente del agua sin comprometer la tasa fotosintética (Reyes-López *et al.*, 2015). Bucher *et al.* (2017) señalaron que las especies anfiestomáticas prosperan en hábitats secos y con alta radiación solar debido a su mayor eficiencia en el uso del agua. Además, la disposición de estomas en ambas partes de la hoja facilita una mayor transmisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a las células del mesófilo. Esto permite que las plantas C4 mantengan su capacidad fotosintética incluso con los estomas cerrados, lo que resulta en una mayor eficiencia en el uso del agua al reducir la pérdida por transpiración (Parkhurst *et al.*, 1988; Klooster y Plamer-Young, 2004).



**Figura 2.** Distribución de los estomas en ambas caras (adaxial y abaxial) del pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*), procedentes de Chihuahua, México.

**Figure 2.** Distribution of stomata on both sides (adaxial and abaxial) of Wolfstail Grass (*Muhlenbergia phleoides*), from Chihuahua, Mexico.

El rango promedio de estomas en la parte adaxial fue de 19 y 23 en la parte abaxial, presentando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre ambas (Tabla 2). La distribución de los estomas en la lámina foliar es variable y depende de factores como las condiciones climáticas, radiación solar, disponibilidad de agua, concentración de CO<sub>2</sub>, altitud y especie (Woodward y Kelly, 1995; Reyes-López *et al.*, 2015).

**Tabla 2.** Estadísticos simples para variables cuantitativas estomáticas de pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) en el estado de Chihuahua, México.

**Table 2.** Simple statistics for quantitative stomatal variables of Wolfstail Grass (*Muhlenbergia phleoides*) in the

	Variable	Media	Desviación estándar	Intervalo máximo-mínimo	Coefficiente de variación (%)
Haz	Estomas	19.0 <sup>a</sup>	5.1	34.0 -9.0	27.4
	Células	87.0 <sup>a</sup>	23.5	157.0 - 42.0	27.0
	Área	299.4 <sup>a</sup>	58.1	467.0 - 177.6	19.4
	estomática (µm <sup>2</sup> )				
	Índice estomático	17.9 <sup>a</sup>	2.8	25.9 - 11.2	15.5
Envés	Estomas	23.0 <sup>b</sup>	5.9	42.0 - 10.0	26.4
	Células	116.0 <sup>b</sup>	27.1	200.0 - 54.0	23.4
	Área	268.1 <sup>b</sup>	49.5	422.5 - 161.2	18.4
	estomática (µm <sup>2</sup> )				
	Índice estomático	16.4 <sup>b</sup>	2.5	25.0 - 8.5	15.3

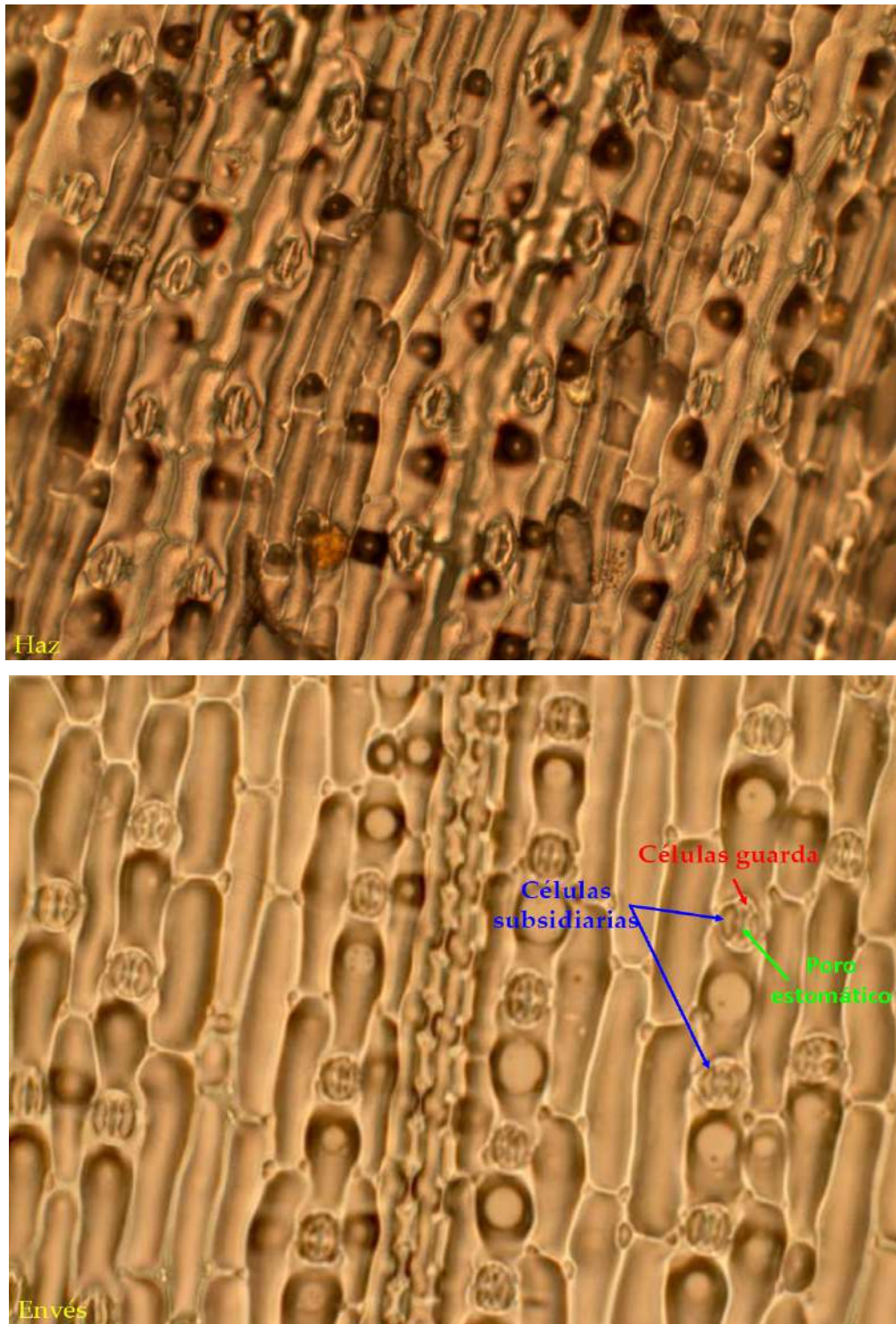
state of Chihuahua, Mexico.

Medias con letras diferentes representan diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

Sin embargo, Sánchez y Aguirreola (1996) mencionaron que hay un mayor número de estomas en la parte abaxial (envés) de las hojas, coincidiendo con los resultados obtenidos en el pasto Lobero. Respecto a la clasificación de los estomas según el número y disposición de las células, se observó que el pasto Lobero presenta estomas de tipo Diacítico o Cariofiláceo (Fig. 3). Este tipo de estomas se caracteriza por tener dos células subsidiarias en forma arriñonada y se encuentran alineados con las células epidérmicas. Los estomas son estructuras microscópicas presentes en la epidermis de las hojas de las plantas y son responsables de controlar el intercambio de vapor de agua y CO<sub>2</sub> entre la planta y el medio ambiente (Bertolino *et al.*, 2019). Además, según la teoría de difusión física, se ha



demostrado en varias especies que un alto número de estomas reduce el área estomática para compensar la escasez de CO<sub>2</sub> (Haworth *et al.*, 2013; Field *et al.*, 2015; Bertolino *et al.*, 2019).



**Figura 3.** Estomas de tipo diacítico o cariofiláceo en pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*), procedentes de Chihuahua, México.

**Figure 3.** Diacitic or caryophyllaceous type stomata in Wolfstail Grass (*Muhlenbergia phleoides*), from Chihuahua, Mexico.

Por otro lado, el área estomática fue mayor en la parte adaxial (299.4 mm<sup>2</sup>) que en la abaxial (268.1 mm<sup>2</sup>). El tamaño del estoma es una variable crucial para la fotosíntesis, ya que un mayor tamaño aumenta la absorción de CO<sub>2</sub>, beneficiando la producción de biomasa y el crecimiento de la planta (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018), siempre y cuando el agua no sea un limitante (Liu *et al.*, 2019). Finalmente, el índice estomático, al igual que las demás variables, mostró un índice mayor en la parte adaxial (17.9) que en la abaxial (16.4) del pasto Lobero. Álvarez-Holguín *et al.* (2018) encontraron que tres variedades (Vaughn, Niner y El Reno) y dos genotipos (E-689 y E-592) de pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*) presentaban un índice estomático mayor en la parte abaxial (17.1) que en la adaxial (14.9), resultados similares a los obtenidos en el pasto Lobero. El índice estomático proporciona información sobre la cantidad de estomas y células epidérmicas en una determinada área de la superficie foliar (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018). Esta variable es menos susceptible a los factores mencionados, lo que permite comparar la densidad de estomas entre individuos de la misma especie y entre diferentes especies de plantas, proporcionando información sobre sus adaptaciones fisiológicas y su respuesta a condiciones ambientales específicas (Croxdale, 2000; Wang *et al.*, 2007).

## 4. Conclusión

El pasto Lobero se clasifica como una especie anfiestomática debido a la presencia de estomas en ambas superficies de la lámina foliar, tanto en el haz (adaxial) como en el envés (abaxial).

Se observó que los estomas y células epidérmicas presentaron un mayor número en la superficie abaxial, mientras que el área e índice estomático fueron mayores en la parte adaxial.

La caracterización estomática emerge como una técnica valiosa que proporciona información detallada sobre la estructura de las especies vegetales, incluido el pasto Lobero. Esta información puede ser de gran utilidad para comprender mejor su fisiología y ecología, lo que a su vez puede contribuir a su adecuado manejo y conservación.

Por lo tanto, se sugiere la realización de estudios adicionales sobre la eficiencia fotosintética del pasto Lobero. Estos estudios podrían proporcionar una comprensión más completa de su funcionamiento fisiológico y su interacción con el entorno, lo que ayudaría a diseñar estrategias más efectivas para su gestión y conservación.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## 5. References

- Abdulahi, M. M., Hashim, H. & Teha, M. (2016). Rangeland degradation: Extent, impacts, and alternative restoration techniques in the rangelands of Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 19(3): 305–318. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2234>
- 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. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29900>
- Bardgett, R. D., Bullock, J. M., Lavarel, S., Manning, P., Schaffner, U., Ostle, N. & Shi, H. (2021). Combatting global grassland degradation. *Nature Reviews Earth & Environment* 2(10): 720–735. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s43017-021-00207-2>
- Bertolino, L. T., Caine, R. S. & Gray, J. E. (2019). Impact of stomatal density and morphology on water-use efficiency in a changing world. *Frontiers in Plant Science* 10: 225. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2019.00225/FULL>
- Bucher, S. F., Auerswald, K., Grün-Wenzel, C., Higgins, S. I., Jorge, J. G. & Römermann, C. (2017). Stomatal traits relate to habitat preferences of herbaceous species in a temperate climate. *Flora* 229: 107–115. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253017331328>
- Croxdale, J. L. (2000). Stomatal patterning in angiosperms. *American Journal of Botany* 87(8): 1069–1080. <https://doi.org/10.2307/2656643>
- Field, K. J., Duckett, J. G., Cameron, D. D. & Pressel, S. (2015). Stomatal density and aperture in non-vascular land plants are non-responsive to above-ambient atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations. *Annals of Botany* 115(6): 915–922. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv021>
- Haworth, M., Elliott-Kingston, C. & McElwain, J. C. (2013). Co-ordination of physiological and morphological responses of stomata to elevated [CO<sub>2</sub>] in vascular plants. *Oecologia* 171(1): 71–82. <https://doi.org/10.1007/S00442-012-2406-9>
- INEGI. (2013). Cartografía de uso de suelo y vegetación del estado de Chihuahua.
- INEGI. (2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua.
- Klooster, B. & Palmer-Young, E. (2004). Water stress marginally increases stomatal density in *E. canadensis*, but not in *A. gerardii*. *Tillers* 5: 35-40.
- Lawson, T. & Blatt, M. R. (2014). Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiology* 164(4): 1556–1570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1104/pp.114.237107>

- Liu, C., He, N., Zhang, J., Li, Y., Wang, Q., Sack, L. & Yu, G. (2018). Variation of stomatal traits from cold temperate to tropical forests and association with water use efficiency. *Functional Ecology* 32(1): 20–28. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12973>
- 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 lobo (Muhlenbergia phleoides Columbus) en Chihuahua, México. *Acta Universitaria* 32: 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2022.3404>
- Morales-Nieto, C. R., Avendaño-Arrazate, C., Melgoza-Castillo, A., Gil-Vega, K. D. C., Quero-Carrillo, A., Jurado-Guerra, P. & Martínez-Salvador, 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. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242016000400455&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242016000400455&script=sci_arttext)
- Morales-Nieto, C. R., Avendaño-Arrazate, C., Melgoza-Castillo, A., Martínez-Salvador, M. & Jurado-Guerra, P. (2015). Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de zacate temprano (*Setaria macrostachya* Kunth) en Chihuahua, México. *Phyton*, 84(1): 190–200. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572015000100026&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572015000100026&script=sci_arttext)
- Parkhurst, D. F., Wong, S. C., Farquar, G. D. & Cowan. I. R. (1988). Gradients of intracellular CO<sub>2</sub> levels across the leaf mesophyll. *Plant Physiol.* 86:1032-1037. doi:10.1104/pp.86.4.1032
- Reyes-López, D., Quiroz-Valentín, J., Kelso-Bucio, H. A., Huerta-Lara, M., Avendaño-Arrazate, C. H. & Lobato-Ortiz, R. (2015). Caracterización estomática de cinco especies del género *Vanilla*. *Agronomía Mesoamericana* 26(2): 237–246. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19279>
- Sánchez, M. & Aguirreola, J. (1996). Relaciones hídricas. *Fisiología y bioquímica vegetal*. Edigrafos. Madrid. España. 49-90.
- Statistical Analysis System (SAS). (2006). *Statistical Analysis System 9.1.3: User's guide*. Cary. [https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/stat\\_ug\\_7313.pdf](https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/stat_ug_7313.pdf)
- Trod, M. A., Tomas, P. A., Cervigni, G. D., Zabala, J. M., Marinoni, L. D. & Giavedoni, J. A. (2018). Análisis de la distribución y densidad estomática en *Trichloris* (Chloridoideae, Poaceae), bajo diferentes regímenes hídricos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 53(4): 1-10. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v53.n4.21979>
- Wang, Y., Chen, X. & Xiang, C. B. (2007). Stomatal density and bio-water saving. *Journal of Integrative Plant Biology* 49(10): 1435-1444. <https://doi.org/10.1111/j.1672-9072.2007.00554.x>
- Wilkinson, R. H. (1979). The plant surface (mainly leaf). In Claredon Press. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1571980075013058688>
- Woodward, F. I. & Kelly, C. K. (1995). The influence of CO<sub>2</sub> concentration on stomatal density. *New Phytologist* 131(3): 311-327. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1995.tb03067.x>
- Zermeño-González, A., Ríos-Estudillo, J. A., Gil-Marín, J. A., Cadena-Zapata, M. & Villarreal-Quintanilla, J. Á. (2011). Dinámica del flujo de bióxido de carbono y de energía sobre un pastizal natural del norte de México. *Bioagro* 23(1): 35–42. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612011000100005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000100005)

Zhou, W., Yang, H., Zhou, L., Chen, Y., Huang, L. & Ju, W. (2018). Dynamics of grassland carbon sequestration and its coupling relation with hydrothermal factor of Inner Mongolia. *Ecological Indicators* 95: 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.008>

2024 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>