

PARÁMETROS DE CALIDAD EN PROPÁGULOS DE PASTOS NATIVOS E INTRODUCIDOS COSECHADOS EN SEQUÍA

QUALITY PARAMETERS IN PROPAGULES OF NATIVE AND INTRODUCED GRASSES HARVESTED IN DROUGHT

María M. López-Velazquez¹, Edith Ramírez-Segura^{2*}, Ricardo A. Sánchez-Gutiérrez³, Santiago Joaquín-Cancino⁴, Luis C. Muñoz-Salas⁵, Odilón Gayosso-Barragán²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Texcoco, Edo. de México, México. ^{2,5}Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF). Ojuelos, Jalisco, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera, Zacatecas, México. ⁴Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ⁵Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Gral. Enrique Estrada, Zac.

*Autor de correspondencia (edith210609@gmail.com)

RESUMEN

El establecimiento exitoso de gramíneas en los agostaderos de la región árida y semiárida de México requiere el conocimiento de las especies presentes en dichas zonas, así como la calidad del propágulo utilizado. Con el objetivo de evaluar la calidad física y fisiológica de propágulos se cosecharon 13 especies de pastos forrajeros (10 especies nativas y tres introducidas) en sequía. En los propágulos cosechados de diferentes especies se registraron las variables: peso hectolítico (PH), peso de mil semillas (P1000S) o diásporas y cariópsides, número de cariópsides en 100 ramillas y/o espiguillas, porcentaje de germinación, vigor y viabilidad. Las medias se compararon mediante Diferencia Significativa Honesta de Tukey ($P < 0.05$). Los resultados en todas las variables evaluadas indican que hubo diferencias ($P \leq 0.001$) entre especies y que hubo variación en todas las especies evaluadas, tanto en calidad física como fisiológica. Las especies con mayor número de cariópsides fueron *Eragrostis superba* (Peyr), *Bouteloua hirsuta* (Kunth) Scribn, *Bouteloua scorpioides* Lag y *Disakisperma dubium* (Kunth), especies que además presentaron los porcentajes de germinación y viabilidad más altos. El pasto llorón y Gigante fueron los de mayor PH y P1000S. Usar cariópsides incrementa la germinación, lo que resultará en el establecimiento exitoso en campo. En sequía se observó baja calidad de los propágulos evaluados.

Palabras clave: cariópsides, espiguillas y/o ramilla, germinación, viabilidad, vigor.

SUMMARY

The successful establishment of grasses in the pastures of the arid and semiarid regions of Mexico requires knowledge of the species present in these areas, as well as the quality of the propagules used. In order to evaluate the physical and physiological quality of propagules, thirteen species of forage grasses (10 native and three introduced species) were harvested in drought. The following variables were recorded in the harvested propagules of different species: volumetric weight (PH), weight of thousand seeds (P1000S) or diaspores and caryopses, number of caryopses in 100 twigs and/or spikelets, germination percentage, vigor and viability. Honest Significant Difference of Tukey ($P < 0.05$) compared means. Results for all the variables evaluated indicate that there were differences ($P \leq 0.001$) between species and that there was variation in all the species evaluated, both in physical and physiological quality. The species with the highest number of caryopses were *Eragrostis*

superba (Peyr), *Bouteloua hirsuta* (Kunth) Scribn, *Bouteloua scorpioides* Lag and *Disakisperma dubium* (Kunth), species that also presented the highest germination and viability percentages. The weeping grass and Giant grass had the highest PH and P1000S. Using caryopses increases germination, which will result in successful establishment in the field. In drought, low quality of the propagules evaluated was observed.

Index words: caryopsis, germination, spikelets and/or twig, viability, vigor.

INTRODUCCIÓN

México se caracteriza por la diversidad en riqueza agrostológica nativa. Los estados más sobresalientes por el número de taxas que albergan son: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Jalisco, Puebla y Estado de México, con 508, 490, 468, 423, 384 y 381, respectivamente. Las subfamilias con mayor diversidad de especies son *Chloridoideae* en zonas cálidas y secas, *Panicoideae* en regiones cálidas y húmedas y *Pooideae* en zonas templadas (Dávila et al., 2018). En regiones áridas y semiáridas se realiza gran parte de la actividad ganadera del país, donde los pastos son la principal fuente de alimentación, tanto en ganadería extensiva y trashumante (PACP-Ch, 2011). Sin embargo, durante los últimos años se ha observado sobrepastoreo, lo que ha ocasionado erosión de suelo y pérdida de la diversidad genética de plantas y especies silvestres; por lo que es fundamental recuperar los agostaderos. Diversos autores han sugerido múltiples alternativas para su recuperación; sin embargo, pocos estudios consideran la calidad de la semilla utilizada en las resiembras.

En pastos la semilla adquiere diversas connotaciones y de forma general puede llamarse propagulo o diáspora a cada unidad estructural que permite su propagación, pudiendo tratarse de partes vegetativas o inflorescencias.

Dependiendo de la especie y nivel de beneficio, el propágulo puede incluir: toda la inflorescencia (racimo, panícula, espiga), rama o ramilla (incluyen varios flósculos o flores, a lo cual se le llama espiguilla), espiguilla (con diversas brácteas accesorias, glumas, lema y palea) y el fruto o semilla verdadera, llamada cariópside, escasamente utilizada en siembras. Esta diversidad de propágulos se utiliza y pueden utilizarse para siembra de praderas y agostaderos; por tanto, resulta indispensable que los técnicos o el ganadero se aseguren de la calidad del propágulo a emplear, debido a que el éxito de su establecimiento en zonas de temporal depende en gran medida de dicho parámetro. Aunado a esto, la preparación del terreno, factores climáticos y edáficos, especie a reseñar, suelo y precipitación son otros factores importantes a considerar (CONAZA, 2011; Morales *et al.*, 2012; Martín, 2014; Velásquez *et al.*, 2014).

La calidad de la semilla considera cuatro componentes: genético, sanitario, físico y fisiológico. La calidad genética incluye la pureza varietal, las resistencias a enfermedades o sequía, la adaptabilidad y productividad (Carranza *et al.*, 2022). La calidad sanitaria se refiere a que esté libre de microrganismos, de insectos, de hongos y de enfermedades (Velázquez *et al.*, 2015; Quero-Carrillo *et al.*, 2020). La calidad física considera criterios como contenido de humedad, pureza física, daño mecánico, apariencia, peso de mil semillas y peso hectolítico, semilla uniforme, entre otros (Tillmann *et al.*, 2003; Velázquez *et al.*, 2015). La calidad fisiológica incluye pruebas de germinación, días a madurez, latencia, tasas de crecimiento y viabilidad (Copeland y McDonald, 2001; Velázquez *et al.*, 2015). En pastos, las evaluaciones deben hacerse tanto en espiguilla como en cariópside y debe complementarse con una adecuada evaluación de la capacidad de emergencia de plántulas en campo, que es una prueba de vigor (Tillmann *et al.*, 2003). Las pruebas de vigor son consideradas como pruebas del potencial para la emergencia y desarrollo de plántulas en diversas condiciones ambientales (Rajjou *et al.*, 2012).

Los factores ambientales pueden influir en el desarrollo, producción y la calidad de las semillas (Luna *et al.*, 2005). Algunos pastos son tolerantes a condiciones de sequía en zonas semiáridas con precipitación anual de 250-350 mm (Cox, 1984; NRCS, 2012; Velázquez *et al.*, 2015). La evaluación de la calidad de la semilla permite diferenciar y sugerir los ambientes más adecuados para su producción (Sierra *et al.*, 2016). Adicionalmente, el uso de semillas de calidad es una de las inversiones más rentables en la economía de todo agricultor (García-Rodríguez *et al.*, 2018). Sin embargo, el principal problema para incrementar la propagación de pastos es la baja oferta de semilla de calidad (Joaquín *et al.*, 2016). La calidad de semilla

garantiza alto desempeño en germinación y emergencia, genera plantas fuertes, vigorosas, bien desarrolladas, que se establecen en diferentes condiciones edafoclimáticas, proporcionando además un rendimiento más eficiente (Krzyszowski *et al.*, 2018). El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad física y fisiológica de propágulos de 13 especies de pastos forrajeros (10 especies nativas y tres introducidas) cosechadas en sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta de propágulos se realizó en los pastizales y áreas aledañas al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF) del INIFAP, ubicado en el municipio de Ojuelos de Jalisco, coordenadas 21° 46' 55" latitud norte y 101° 36' 39" longitud oeste, a 2,230 msnm. El municipio tiene un clima semiárido templado. La temperatura media anual es de 13.9 °C y su temperatura mínima y máxima promedio oscila entre los 5.6 °C y 27.4 °C. La precipitación media anual es de 594 mm y la precipitación promedio acumulada es de 453.60 mm. El municipio está constituido por suelos aluviales en su mayor parte y roca extrusiva ácida. Los suelos dominantes pertenecen al tipo xerosol y litosol (IIEG, 2021). Durante el año de colecta se registró el nivel de precipitación mensual mediante pluviómetros. De acuerdo con IIEG (2021), la precipitación media anual para Ojuelos de Jalisco, Jalisco es de 594 mm; sin embargo, para el año 2022 se registró una precipitación pluvial acumulada de 235 mm, lo que indica que se presentó una sequía. El mes con menor precipitación fue junio (2 mm), mientras que, octubre fue el que presentó mayor lluvia (19 mm).

Los propágulos, que se cosecharon durante los meses de noviembre y diciembre del 2022, corresponden a 13 especies de gramíneas forrajeras, cada una fue considerada como un tratamiento (Cuadro 1), que incluyen racimos, espigas, espiguillas y cariópsides. En los diversos propágulos cosechados se evaluó su calidad física y fisiológica.

Calidad física en diásporas y cariópsides

En cada uno de los 13 tratamientos se obtuvo una muestra de 6.0 g, mediante el método manual de mitades para uniformizar y reducir. Una vez obtenida la muestra se limpió hasta obtener diásporas (ramillas y espiguillas), sin pedúnculo floral; posteriormente, por escarificación física se obtuvieron las cariópsides. Los 13 tratamientos fueron evaluados en un diseño experimental completamente al azar, mediante las variables relacionadas a la calidad física: 1) Peso hectolítico (PH). Se tomaron al azar cuatro repeticiones de una muestra de 5 g de diásporas

y 1 g de cariópsides, vertida en una probeta de 20 ml para determinar el volumen ocupado, 2) Peso de 1000 semillas (P1000S) en ramilla y/o espiguillas y cariópsides. De cada especie se contaron y pesaron ocho repeticiones de 100 ramillas, espiguillas y cariópsides, con los datos obtenidos se calculó el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación, que se multiplicó por la media aritmética de las ocho repeticiones por 100 (ISTA, 2020). Los resultados obtenidos permitieron estimar el número de diásporas y cariópsides para cada especie, 3) Número de cariópsides en 100 diásporas. De cada especie se tomaron al azar cuatro repeticiones de 100 diásporas (ramillas y espiguillas), en cada grupo se eliminaron glumas, lema y pálea por escarificación física, limpieza sobre tapete de caucho corrugado, hasta obtener las cariópsides. Finalmente se contó el número de cariópsides presentes por repetición.

Calidad fisiológica de diásporas y cariópsides

La calidad fisiológica de cada uno de los 13 tratamientos fue evaluada en un diseño experimental completamente al azar, mediante tres pruebas: 1) Prueba de germinación estándar. Esta prueba se realizó en diásporas y cariópsides, para lo cual se colocaron cuatro repeticiones de 50 propágulos por tratamiento en cajas Petri, mediante el método "sobre papel", en el que se humedeció el sustrato

y se mantuvo constante el nivel de agua durante todo el ensayo. Se realizó conteo diario de plántulas durante 15 días. Las variables evaluadas en la prueba de germinación fueron el porcentaje de plántulas normales (GN) al día 15 después de iniciada la prueba y la viabilidad o germinación total (GT), que incluye plántulas normales y anormales al finalizar la prueba, 2) Prueba de viabilidad con tetrazolio (TZ). Para esta prueba se utilizaron cuatro repeticiones de 25 cariópsides por tratamiento evaluado. Las cariópsides se embebieron en agua corriente por 3 h; posteriormente, se diseccionaron longitudinalmente para exponer las estructuras embrionarias en TZ y se colocaron en cajas Petri sumergidos por 12 h en solución TZ al 0.1 % en completa oscuridad. Transcurrido el tiempo, las cariópsides se lavaron con agua destilada y se colocaron sobre papel húmedo para observar en el microscopio estereoscópico la coloración obtenida en el eje embrionario. La coloración rosa intenso significa que el embrión es viable, mientras que no coloración o coloración no uniforme significa que el embrión no es viable, 3) Prueba de vigor. En el día 15 de la prueba de germinación estándar se tomaron al azar veinte plántulas normales de cada repetición, tanto en diásporas como en cariópsides. En cada tratamiento se midió la longitud de plúmula (LP), desde el cuello de la plántula hasta el ápice de la hoja más larga y la longitud de la radícula (LR), de la base a la punta de la raíz seminal.

Cuadro 1. Especies de gramíneas nativas e introducidas cosechadas en el Altiplano semiárido de México.

Nombre científico	Nombre común	Propágulo cosechado
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	Navajita azul [†]	Espiguilla [¶]
<i>Bouteloua hirsuta</i> (Kunth) Scribn	Navajita velluda [†]	Ramilla, espiguilla
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	Pasto banderita [†]	Espiguilla
<i>Bouteloua scorpioides</i> Lag	Liendrilla roja [†]	Espiguilla
<i>Muhlenbergia phleoides</i> (Kunth) Columbus sin. <i>Lycurus pheoides</i>	Zacate lobero [†]	Espiguilla
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth	Grama [†]	Espiguilla
<i>Disakisperma dubium</i> (Kunth) P.M. Peterson & N.Snow sin.	Gigante [†]	Espiguilla
<i>Leptochloa dubia</i> Kunth	Klein [†]	Espiguilla
<i>Panicum coloratum</i> L.	Popotillo plateado [†]	Espiguilla
<i>Bothriochloa barbinodis</i> (Lag.) Herter	Zacate llorón [†]	Espiguilla
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrader) Nees. sin <i>Eragrostis chloromelas</i> Steud.	Boer ^{††}	Espiguilla
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrader) Nees. var. Boer	Garrapata ^{††}	Ramilla, espiguilla
<i>Eragrostis superba</i> (Peyr)	B-dhal ^{††}	Espiguilla
<i>Bothriochloa bladhii</i> (Retz.) S. T. Blake		

[†]: nativas de la región semiárida de México, ^{††}: exótica naturalizada, [¶]: espiguilla: cariópside contenida entre brácteas (glumas + lema + palea).

Análisis estadístico

Todos los datos se analizaron con SAS V.9.3. (SAS, 2011), no sin antes verificar la normalidad y homogeneidad de varianza de los datos de cada variable. Las variables que no cumplieron con los supuestos se transformaron mediante raíz cuadrada ($\sqrt{x + 0.5}$) y se sometieron a análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS y pruebas de Tukey ($P \leq 0.05$) para separar las medias. Las variables porcentaje de germinación y viabilidad no normales se analizaron con estadística no de Kruskal-Wallis y se realizó una comparación de pares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad física en diásporas y cariópsides

En el Cuadro 2 se muestra el análisis de varianza para las variables en las cuales hubo diferencias estadísticamente significativas entre especies. Dado que el análisis detectó diferencias estadísticas entre especies se procedió a comparar el comportamiento promedio de cada una de ellas. Los resultados mostraron que en todos los casos fue estadísticamente significativo ($P < 0.0001$) para PH y P1000S en diásporas y cariópsides, así como el número de cariópsides contenidas en 100 diásporas (Cuadro 3).

Las especies con mayor PH en diásporas fue Klein, mientras que, los pastos Navajita velluda y Garrapata presentaron mayor P1000S, debido a que en estas especies el propágulo utilizado fueron racimos; sin embargo, para el resto de especies se utilizaron espiguillas. Las especies de pasto Popotillo plateado y Pasto banderita mostraron mayor peso en cariópside.

Existen diferencias de valores entre especies, como lo reporta Rivas-Jacobo et al. (2018). Estos autores observaron diferencia significativa entre 12 pastos forrajeros en la variable de PH de 31.03 kg hL⁻¹ en Banderita, 36.14 kg hL⁻¹ en Llorón, 31.91 kg hL⁻¹ en Navajita y 19.52 kg

hL⁻¹ en Popotillo plateado. Los valores en P1000S fueron 0.682 g en Pasto banderita, 0.665 g en Llorón, 0.612 g en Navajita y 0.751 g en Popotillo plateado. Probablemente, la disparidad en los resultados se deba a la época de cosecha, a la poca precipitación e incluso al concepto de propágulo, el cual como ya se explicó anteriormente resulta ser muy amplio para pastos.

Este estudio muestra que en un año de sequía se puede obtener desde un 80 % hasta un 12.75 % de cariópsides, según la especie y el tipo de suelo en que estén establecidas. Para Pasto banderita se obtuvieron 40 cariópsides en 100 diásporas. Al respecto, Gutiérrez et al. (2017) encontraron en esta misma especie un promedio de 536 diásporas por gramo, en los cuales se encontraron 85 cariópsides, lo cual muestra que sólo el 15 % de las diásporas presentan semilla verdadera; es decir, una cariópside desarrollada, pero no necesariamente madura, el resto es basura, lo cual explica el bajo porcentaje de germinación y probablemente sea uno de los motivos del bajo éxito al establecimiento de las praderas o agostaderos.

En gramíneas, la calidad física de la semilla depende principalmente del genotipo y, en menor medida, del tamaño de esta; sin embargo, este último parámetro afecta el P1000S, longitud, ancho y espesor de semilla (Pérez et al., 2006). El peso de mil semillas permite conocer y estimar el número de semillas presentes por kilogramo, que difiere de acuerdo al tipo de propágulo a utilizar en las resiembras. Si se utiliza en greña (inflorescencia, ramillas, espigas o espiguillas) se tiene gran volumen ocasionado por las glumas, lemas, paleas y aristas presentes de acuerdo a cada especie. En contraste, la utilización de cariópside se caracteriza por presentar un número elevado de éstas por kilogramo, el cual es variable según la especie, ya que cada cariópside difiere en forma, tamaño (morfología) y acumulación de reservas en el endospermo. Considerando lo anterior se estima la densidad de siembra (kg SPV ha⁻¹), que en conjunto con una correcta preparación del terreno harán exitoso el establecimiento y/o resiembra (León et al., 2018).

Cuadro 2. Análisis de varianza de las variables evaluadas para calidad física de 13 especies de pastos forrajeros presentes en zonas áridas y semiáridas de México.

FV	PH (kg hL ⁻¹)		P1000S		Número de cariópside en 100 diásporas
	Diásporas	Cariópsides	Diásporas	Cariópsides	
Tr	4154.20**	260.09**	1.32**	1.6×10-03**	259426.80**
E	0.57	11.78	0.0026	0.000016	1272.65
CV	1.01	5.08	18.24	10.18	26.34

FV: factor de variación, Tr: tratamiento, E: error, CV: coeficiente de variación, PH: peso hectolítico, P1000S: peso de mil semillas. **: Diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.001$).

Cuadro 3. Comparación de medias de variables de calidad física en 13 especies de pastos forrajeros de zonas áridas y semiáridas de México.

Tratamiento	PH (kg hL^{-1})		P1000S (g)		Número de Cariópside/100 diásporas
	Diásporas	Cariópside	Diásporas	Cariópside	
Navajita azul	79.86 g	60.78 d	0.043 d	0.026 ef	13.500 c
Navajita velluda [†]	78.94 g	66.70 cd	1.955 a	0.032 de	774.750 a
Pasto banderita	91.34 e	68.41 bcd	0.184 c	0.067 b	41.00 c
Liendrilla roja	79.65 g	68.72 bcd	0.043 d	0.030 def	31.750 c
Zacate lobero	78.88 g	67.35 cd	0.039 d	0.012 h	49.750 c
Gigante	96.48 c	71.35 bc	0.084 cd	0.044 c	80.250 c
Grama	80.58 g	60.58 d	0.019 d	0.015 gh	27.500 c
Garrapata [†]	94.57 dc	76.72 ab	1.041 b	0.030 def	633.500 b
Klein	102.06 a	49.10 e	0.035 d	0.035 d	19.250 c
B-dhal	82.85 f	67.03 cd	0.033 d	0.022 fg	24.000 c
Llorón	98.49 b	73.87 abc	0.032 d	0.026 ef	35.250 c
Popotillo plateado	2.59 i	65.38 cd	0.107 cd	0.079 a	17.500 c
Boer	6.82 h	81.66 a	0.020 d	0.011 h	12.750 c
DSH	2.22119	8.55394	0.09807	0.00720	75.98165

Medias con literales iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$). [†]La unidad de dispersión utilizada en estas especies fue el racimo (conjunto de espiguillas, formada por un gran número de flósculos). DSH: Diferencia Significativa Honesta.

En el Cuadro 4 se reporta el número estimado de diásporas y cariópsides presentes por kilogramo en 13 pastos forrajeros cosechados en un año seco.

El pasto Boer, Zacate lobero y Grama son las especies que presentaron mayor número de cariópsides kg^{-1} (superior a los 6 millones kg^{-1}), debido a la morfología de los mismos (Ramírez *et al.*, 2022). De las especies evaluadas, la mayoría presenta longitud, ancho y grosor de la cariópside inferior a un milímetro (datos no reportados en este artículo). Algunas excepciones a ello son Pasto banderita y Popotillo plateado, lo cual se refleja en el número de cariópsides kg^{-1} . Ambas especies tienen como característica presentar una longitud de cariópside cercana a los 3 mm (Ramírez *et al.*, 2022). Beltrán *et al.* (2018) reportaron para pasto Llorón una producción de 6,916,000 cariópsides kg^{-1} contabilizados a partir de semilla escarificada, en condiciones de riego, lo cual contrasta con los resultados obtenidos en este estudio, donde se aprecia una disminución del 47 % de la producción de cariópsides bajo condiciones de sequía.

Calidad fisiológica de diásporas y cariópsides

En el Cuadro 5 se muestra el análisis de varianza para la variable vigor, en la que se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$).

Dado que el análisis detectó diferencias estadísticas entre tratamientos se realizó una prueba de comparación de medias (Cuadro 6). En el caso de las variables porcentaje de germinación y viabilidad, al no cumplir con los supuestos, se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis y se realizó una comparación de pares.

El porcentaje de germinación (GN) varió entre especies y propágulo evaluado. En diásporas el valor más bajo se observó en la variedad Boer (0.5 %), mientras que en pasto Garrapata se obtuvo el 73.5 % y en Pasto banderita 14.5 %. Estos resultados difieren a los presentados por Gutiérrez *et al.* (2017), quienes recolectaron semillas de campo de Pasto banderita y observaron porcentajes de germinación de diásporas inferiores al 5 %. Mientras que, los pastos con mayor porcentaje de germinación de cariópsides fueron Navajita azul, Pasto banderita, Gigante y Llorón, con 55.5, 54.8, 52.8 y 52 % de germinación, respectivamente. En las pruebas de germinación se observa que la presencia de brácteas accesorias (glumas, lemas, paleas y aristas) la disminuye, excepto para pasto Garrapata y pasto Navajita velluda, donde la germinación fue 27.7 y 32.9 % mayor en diásporas que en cariópsides. Para el resto de las especies el retiro de brácteas favoreció la germinación total.

Cuadro 4. Comparación de medias para número de semillas en 13 especies de pastos forrajeros de zonas áridas y semiáridas de México.

Tratamiento	Número de semillas kg ⁻¹	
	Diásporas	Cariópsides
Navajita azul	2,371,658 c	3,893,408 cde
Navajita velluda *	51,502 e	3,132,655 cde
Pasto banderita	545,315 de	1,508,086 de
Liendrilla roja	2,338,324 c	3,462,036 cde
Zacate lobero	2,605,414 bc	8,202,214 ab
Gigante	1,194,731 d	2,286,528 de
Grama	5,277,778 a	6,589,636 bc
Garrapata*	96,187 e	3,408,009 cde
Klein	2,856,207 bc	2,907,599 de
B-dhal	3,086,390 b	4,550,160 cd
Llorón	3,187,404 b	3,841,883 cde
Popotillo plateado	940,753 d	1,264,778 e
Boer	4,887,218 a	10,029,138 a

Cuadro 5. Análisis de varianza para variables de calidad fisiológica de 13 especies de pastos forrajeros de zonas áridas y semiáridas de México.

FV	Prueba de viabilidad			
	Diásporas		Cariópsides	
	LP	LR	LP	LR
Tr	23.64**	14.81**	21.45**	24.26**
E	0.53	0.72	0.25	0.31
CV	47.86	80.43	25.17	39.39

FV: factor de variación, Tr: tratamiento, E: error, CV: coeficiente de variación, LP: largo de plúmula en mm, LR: largo de radícula en mm, **: Diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.001$).

Por otro lado, Rivas-Jacobo *et al.* (2018) observaron gran variabilidad en la germinación de semillas de doce genotipos de pastos y en diferentes años de colecta; no obstante, los genotipos con mayor porcentaje de germinación fueron Pega ropa, Navajita y Llorón, con 91.7, 89 y 87.2, respectivamente. De la misma manera, Gutiérrez-Gutiérrez *et al.* (2022), al evaluar 22 especies de gramíneas presentes en el desierto de Chihuahua, observaron que el porcentaje de germinación osciló desde 3.75 hasta 76.3%; por ejemplo, 20 % en Navajita azul, 63 % en Gigante, menos de 45 % para Grama y Navajita velluda y menos de 75 % en Boer.

En otro estudio, el porcentaje de germinación en Navajita azul y Pasto banderita oscilo entre 50 y 95 %, cantidad

que disminuyó a mayor tiempo de almacenamiento; sin embargo, en las especies introducidas Rhodes y Buffel los porcentajes de germinación fueron mayores conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, aunado al mayor tamaño de cariópside (Quero-Carrillo *et al.*, 2017). En pasto Gigante se han encontrado valores entre 72 y 88 %, en Pasto banderita entre 90 y 93 % (Ramírez-Segura *et al.*, 2022). La variabilidad en la germinación puede deberse a diversos factores climáticos, edafológicos, genéticos, latencia, bióticos, abióticos como la sequía observada durante el año de cosecha, entre otros. La latencia fisiológica es común en semillas, particularmente en semillas de regiones áridas secas (Erickson *et al.*, 2016).

Es importante considerar que, en pastos introducidos,

Cuadro 6. Comparación de medias para porcentaje de germinación (GN) y viabilidad (PG) en 13 especies de pastos forrajeros de zonas áridas y semiáridas de México.

Tratamiento	Germinación			
	Diásporas		Cariópsides	
	GN	GT	GN	GT
Navajita azul	8.0 c	9.5 cd	55.5 a	62.5 a
Navajita velluda	42.5 b	48.5 b	5.6 d	15.60 d
Pasto banderita	14.5 c	20.5 c	54.8 a	62.0 a
Liendrilla roja	6.0 c	6.5 cd	36.0 abc	46.4 abc
Zacate lobero	2.0 c	2.5 d	8.5 cd	20.00 cd
Gigante	35.0 b	44.5 b	52.8 a	65.6 a
Grama	15.0 c	21.5 c	17.2 cd	22.80 cd
Garrapata	73.5 a	82.5 a	48.0 ab	54.8 ab
Klein	10.5 c	12.5 cd	35.6 abc	46.0 abc
B-dhal	4.0 c	9.0 cd	12.80 cd	23.6 cd
Llorón	12.0 c	15.5 cd	52.0 a	64.4 a
Popotillo plateado	7.5 c	10.5 cd	21.6 bcd	29.60 bcd
Boer	0.5 c	0.5 d	32.0 abcd	44.0 abc
DSH	14.6850	15.8846	27.6061	29.9525

GN: plántulas normales, GT: viabilidad o germinación total. Medias con literales iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$). DSH: Diferencia Significativa Honesta.

como Buffel, se presenta latencia después de la cosecha y ésta baja conforme pasa el tiempo, debido a que esta especie evolucionó en ambientes de escasa precipitación y desarrolló sustancias químicas (antocianinas) que inhiben la germinación cuando la semilla está recién cosechada. Por ello, se sugiere almacenar por períodos superiores a un año para que la germinación sea cercana al 50 % (Velázquez *et al.*, 2015). Sin embargo, en pastos nativos, como banderita y Navajita azul, no se observa este fenómeno, aunque la germinación puede verse afectada por la presencia de brácteas, tal como se observa en este estudio. Las brácteas accesorias brindan protección a la cariópside durante el almacenamiento, pudiendo encontrar valores de germinación de 75 a 97 % en condiciones de laboratorio durante 16 meses después de cosecha (Velázquez *et al.*, 2015).

Los resultados de viabilidad realizados con cloruro de tetrazolio mostraron valores superiores al 90 % para la mayoría de las especies, excepto para pasto Klein y B-dhal, cuyos porcentajes de viabilidad fueron 73 y 68 %, respectivamente (Cuadro 7). Nuestros resultados son similares a los reportados por Álvarez *et al.* (2022), quienes al evaluar siete pastos nativos y un exótico en condiciones de riego encontraron porcentajes de viabilidad entre 60 y

90 %. De manera similar, Hernández-Guzmán *et al.* (2015) observaron valores desde 35 hasta 96 % en pastos nativos e introducidos. En pasto Gigante se han obtenido valores de viabilidad entre 77 y 89 % y en Pasto banderita valores de 93 a 95 % (Ramírez-Segura *et al.*, 2022). En este estudio, los resultados de calidad física y fisiológica, principalmente germinación, son relativamente bajos y pueden deberse a las condiciones climáticas, principalmente a la escasa precipitación del año de colecta, a la latencia por brácteas accesorias, entre otros factores.

Las pruebas de comparación de medias para las variables largo de plúmula y radícula son consideradas como una medida del vigor y de acuerdo a lo reportado en este estudio se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$). El largo de estas estructuras varía según el tipo de propágulo utilizado (Cuadro 8). Las especies con mayor longitud de plúmula fueron Pasto banderita, Gigante, Navajita, en diásporas se observaron valores de 3.63, 2.60 y 2.43 mm, mientras que en cariópside de 4.53, 2.92, 2.41 mm, respectivamente. En cuanto a elongación de radícula Pasto banderita y Garrapata presentaron 2.63 y 2.11 mm en diásporas; sin embargo, en cariópside las especies que desarrollaron mayor tamaño radicular fueron Llorón y Gigante, con 3.95 y 2.34 mm. Al respecto, Rivas-Jacobo et

Cuadro 7. Comparación de medias para viabilidad con prueba de tetrazolio en cariópsides de 13 especies de pastos forrajeros de zonas áridas y semiáridas de México.

Tratamiento	Viabilidad (%)
Navajita azul	96 a
Navajita velluda	99 a
Pasto banderita	93 a
Liendrilla roja	99 a
Zacate lobero	95 a
Gigante	100 a
Grama	91 a
Garrapata	96 a
Klein	73 b
B-dhal	68 b
Llorón	92 a
Popotillo plateado	98 a
Boer	91 a
DSH	11.9

Medias con literales iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$). DSH: Diferencia Significativa Honesta.

Cuadro 8. Comparación de medias para variables de vigor en 13 especies de pastos forrajeros de zonas áridas y semiáridas de México.

Tratamiento	Vigor en diásporas		Vigor en Cariópside	
	LP (cm)	LR (cm)	LP (cm)	LR (cm)
Navajita azul	2.43 bc	1.24 cde	2.92 b	1.07 cde
Navajita velluda o vellosa	1.68 d	1.05 cde	1.27 ef	1.20 cd
Pasto banderita	3.63 a	2.63 a	4.53 a	0.45 f
Liendrilla roja	0.96 ef	0.46 ef	2.54 bc	0.70 def
Zacate lobero	0.34 fg	0.10 f	1.4 def	1.09 cde
Gigante	2.60 b	1.56 bc	2.41 c	2.34 b
Grama	1.38 de	0.66 def	1.59 de	0.78 def
Garrapata	1.89 cd	2.11 ab	1.45 def	1.47 c
Klein	1.45 de	1.40 bcd	1.67 de	0.64 ef
B-dhal	0.48 ef	0.19 f	1.11 f	1.40 c
Llorón	1.19 de	1.02 cde	1.68 de	3.95 a
Popotillo plateado	1.76 cd	1.18 cde	1.83 d	0.64 ef
Boer	0.03 g	0.01 f	1.30 ef	2.48 b
DSH	0.70298	0.81831	0.47803	0.53661

Medias con literales iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$). DSH: Diferencia Significativa Honesta.

al. (2018) observaron el mayor vigor de plántula en zacate Punta Blanca, Plumilla, Pega Ropa, Navajita y Llorón, con valores que oscilaron entre 2.0 y 4.0 mm. Sin embargo, Ramírez-Segura et al. (2022), en Pasto banderita y Gigante, encontraron valores de 4.3 y 5.8 mm en LR y 4.2 y 5.5 mm en LP, respectivamente.

De acuerdo a los datos reportados en este estudio se sugiere el uso de cariópsides de especies nativas para la recuperación de agostaderos y pastizales en zonas áridas y semiáridas de México. Sin embargo, se debe tener en cuenta la cantidad de precipitación anual en temporal, para lograr un establecimiento exitoso. Al respecto, Yeaton y Flores (2009) sugieren restablecer, en zonas semiáridas, especies de los siguientes géneros: *Hilaria*, *Microchloa*, *Bouteloua*, *Aristida*, *Muhlenbergia*, *Bothriochloa*, *Carex* y *Dichondra*, debido principalmente a que tienen la capacidad de facilitar la entrada de los grupos funcionales posteriores y pueden ser reemplazados competitivamente por ellos. Por su parte, Allington y Valone (2011) sugieren establecer *Eragrostis intermedia* y *Bouteloua hirsuta* en tierras áridas, por su plasticidad y resistencia a cambios en las propiedades físicas del suelo. Adicionalmente, se debe considerar que la calidad de las semillas depende críticamente de los factores bióticos y abióticos que operan en el período de desarrollo, floración, llenado de

grano, madurez fisiológica, cosecha, nivel de beneficio y almacenamiento, entre otros (Probert et al., 2007; Ramírez-Segura et al., 2022).

CONCLUSIONES

Esta investigación permitió conocer los parámetros de calidad que son posibles obtener durante un año seco en pastos forrajeros presentes en regiones áridas y semiáridas de México, además de mostrar que la escarificación física incrementa el porcentaje de germinación en la mayoría de las especies. La calidad física del propágulo probablemente estuvo influenciada por las condiciones ambientales, principalmente escasa precipitación. Por lo que, se sugiere continuar evaluando los parámetros de calidad en diferentes fechas de cosecha y ambientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Allington G. R. H. and T. J. Valone (2011) Long-Term Livestock Exclusion in an Arid Grassland Alters Vegetation and Soil. *Rangeland Ecology & Management* 64:424-428, <https://doi.org/10.2111/REM-D-10-00098.1>
- Álvarez V. P., G. A. R. Rojas, C. S. Joaquín, M. M. Velázquez, O. L. T. Rodríguez y G. F. J. Hernández (2022) Producción de forraje y semilla de ocho pastos al establecimiento en Tulancingo, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13:1041-1053, <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.3027>
- Beltrán L. S., D. C. A. García, O. C. Catarina Loredo, M. J. Urrutia, A. J. A. Hernández y V. H. G. Gámez (2018) "Llorón Imperial", *Eragrostis curvula* (Schrad) Nees, variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9:400-407.
- Carranza G. S., A. C. Carballo, H. E. M. Villaseñor, A. L. Hernández y M. E. Ramírez (2022) Calidad física de semilla en 24 variedades mejoradas de trigo liberadas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13: 827-840, <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.3003>
- CONAZA, Comisión Nacional de Zonas Áridas (2011) Análisis de la problemática de la sequía 2011–2012 y sus efectos en la ganadería y la agricultura de temporal, <http://www.conaza.gob.mx/transparencia/Documents/Publicaciones/boletin5.pdf>. (Mayo 2023).
- Cox J. R. (1984) Shoot production and biomass transfer of big sacaton [*Sporobolus wrightii*]. *Journal of Range Management* 37: 377-380, <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/viewFile/7746/7358>
- Dávila P., M. T. Mejía-Saulés, A. M. Soriano-Martínez y Y. Herrera-Arrieta (2018) Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96: 462-514. DOI: 10.17129/botsci.1894
- Erickson T. E., N. Shackelford, K. W. Dixon, S. R. Turner and D. J. Merritt (2016) Overcoming physiological dormancy in seeds of *Triodia* (Poaceae) to improve restoration in the arid zone. *Restoration Ecology* 24: S64–S76, <https://doi.org/doi.wiley.com/10.1111/rec.1235>
- García-Rodríguez J. J., M. A. Ávila-Perches, F. P. Gámez-Vázquez, M. O-Olán y A. J. Gámez-Vázquez (2018) Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41: 31-37, <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.31-37>.
- Gutiérrez-Gutiérrez O. G., O. Rivero-Hernández, J. H. Vega-Mares y A. Melgoza-Castillo (2022) Patrones de germinación en gramíneas presentes en el Desierto Chihuahuense. *Botanical Science* 100:989-999, <https://doi.org/10.17129/botsci.3007>
- Gutiérrez G. U., H. A. Minor, P. E. Castellanos, R. J. J. Martínez y R. A. Esquivel (2017) Viabilidad de semilla de zacate Pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] cosechada en poblaciones naturales del municipio de Mapimí, Durango. *Agrofaz* 17:115-122, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6505182>
- Hernández-Guzmán F. J., A. R. Quero-Carrillo, P. Pérez-Rodríguez, M. Velázquez-Martínez y G. García-de los Santos G (2015) Germinación y emergencia de propágulos de pasto, en respuesta a pruebas de vigor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1519-1532, <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4532>
- IIEG, Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (2021) Ojuelos de Jalisco. Diagnóstico del municipio, <http://efaidnbmnbbnibpcajpcgclclefindmkaj/><https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2021/10/Ojuelos-1.pdf> (Mayo 2023).
- Joaquín S., B. M. Joaquín, A. R. Rojas, B. Estrada, J. Hernández and A. G. Limas (2016) Evaluación de la fecha de cosecha en el rendimiento y calidad de semilla de *Brachiaria brizantha*. *Interciencia* 41: 616-621, <https://www.researchgate.net/publication/319881150>
- Krzyzanowski F. C., J. B. França-Neto and A. A. Henning (2018) A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. *Circular Técnica* 136, 24 p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>
- León R., N. Bonifaz N. y F. Gutiérrez (2018) Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas. Abya-Yala. Quito-Ecuador. 622 p.
- Luna F. M., S. J. R. Gutiérrez, R. A. Peña, Ch. F. G. Echavarría y G. J. Martínez (2005) Comportamiento de variedades precoces de maíz en la región semiárida y árida del Centro-Norte de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:39-45, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028106>
- Martín G. O. (2014) Técnicas de refinamiento y recuperación de pastizales. Serie didáctica. San Miguel de Tucumán, Argentina. 65 p.
- Morales N. C., J. F. Enríquez, J. F. Villanueva, F. Herrera, A. R. Quero, J. Becerra, R. A. Sánchez y P. Jurado (2012) Manual para el establecimiento y manejo de semilleros de especies forrajeras en México. S. E. Santiago Ixcuintla. INIFAP-SAGARPA. Folleto Técnico 21. pp. 1-76. DOI:10.13140/2.1.3069.9848
- NRCS, Natural Resources Conservation Service United States Department of Agriculture (2012) 'Saltalk' Alkali Sacaton *Sporobolus airoides* (Torr.) Torr., <https://www.nrcs.usda.gov/plantmaterials/txpmcrb11558.pdf> (Febrero 2023).
- PACP-Ch (2011) Plan de acción para la conservación y uso sustentable de los Pastizales del desierto Chihuahuense en el estado de Chihuahua 2011-2016, http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pdf/PACP_chihua_hua.pdf. (Febrero 2023).
- Pérez M. C., A. L. Hernández, F. V. C. González, G. S. García, A. C. Carballo, T. T. R. Vásquez y M. R. G. Tovar (2006) Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México* 32:341-352, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000300010&lng=es&tlang=es. (Mayo 2006).
- Probert R., J. Adams, J. Coneybeer, A. Crawford and F. Hay (2007) Seed quality for conservation is critically affected by pre-storage factors. *Australian Journal of Botany* 55:326-335, <https://doi.org/10.1017/BTO6046>
- Quero-Carrillo A. R., F. J. G. Hernández, P. R. Pérez, A. L. Hernández, G. S. García, P. S. Landa y S. E. S. Ramírez (2017) Germinación de cariópsides clasificados por tamaño y diásporas de cuatro pastos para temporal semiárido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:489-502, <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.26>
- Quero-Carrillo A. R., R. A. Zárate, Y. L. Robles, D. C. Nava, J. L. Miranda y M. S. González (2020) Pathogenic fungi associated to commercial seed of mexican varieties of *Bouteloua curtipendula*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 38:198-214, <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2002-4>
- Rajjou L., M. Duval, K. Gallardo, J. Catusse, J. Bally, C. Job and D. Job (2012) Seed Germination and Vigor. The Annual Review of Plant Biology 63:507-33, <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550>
- Ramírez-Segura E., J. J. A. Maldonado, S. I. Torres y C. A. R. Quero (2022) Atributos físicos y fisiológicos de semilla de pastos nativos del México árido. *Revista Fitotecnia Mexicana* 45:453-460, <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.4.453>
- Rivas-Jacobo M., A. J. Sandoval, C. A. Herrera, S. J. Marín, V. F. Escalera and

- O. J. Loya (2018) Evaluación de semilla de pastos cosechados en caminos y campos de cultivos. *Abanico Veterinario* 8:36-46. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.3>.
- SAS (2011) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- Sierra M. M., M. F. Rodríguez, C. A. Palafox, C. A. Espinosa, M. P. Andrés, M. N. Gómez y B. R. Valdivia (2016) Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520, en el trópico de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 13:19-32, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722016000100019&lng=es&tlang=es.
- Tillman M. A. A., V. D. C. de Mello y G. R. M. Rota (2003) Analise de sementes. In: Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. Rua. Río Grande do Sul Brasil. 223 p.
- Velásquez M., I. Sánchez, R. Gutiérrez, J. A. Muñoz y H. Macías (2014) Impacto hidrológico del cambio de uso del suelo de un pastizal nativo a praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). *Revista Chapingo serie Zonas Áridas* 13: 47-58, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545055002>
- Velázquez M. M., G. F. J. Hernández, B. J. F. Cervantes y V. H. G. Gámez (2015) Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. Folleto para Productores No. MX-0-310307-52-03-17-10-66. INIFAP, San Luis Potosí. 36 p.
- Yeaton R. I. and F. J. L. Flores (2009) Community structure of a southern Chihuahuan Desert grassland under different grazing pressures. *South African Journal of Botany* 75:510-517, <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.04.004>.