



ATRIBUTOS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS DE SEMILLA DE PASTOS NATIVOS DEL MÉXICO ÁRIDO

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES OF SEEDS OF GRASS SPECIES NATIVE TO ARID MEXICO

Edith Ramírez-Segura¹, Jorge Alonso Maldonado-Jaquez^{1,2}, Isabel
Torres-Salas¹ y Adrián Raymundo Quero-Carrillo^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Programa de Ganadería, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia (queroadrian@colpos.mx)

RESUMEN

La siembra de gramíneas en temporal árido se basa, principalmente, en propágulos con baja calidad en densidad específica y pureza física, resultando en bajo éxito. Se evaluaron, en condiciones de laboratorio, atributos físicos y fisiológicos en propágulos de *Bouteloua curtipendula*, *Leptochloa dubia*, *Digitaria californica*, *Setaria macrostachya* y *Pennisetum ciliare* (exótico naturalizado) como testigo. Se determinaron atributos físicos como tamaño y forma de cariósipide, pureza física de cariósipide, peso volumétrico, peso de mil semillas y atributos de calidad fisiológica como vigor, viabilidad y germinación en dos tipos de propágulos (cariósipide y propágulos comercializados tradicionalmente) con dos fechas de cosecha. Se verificó el cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza. Las variables no normales se transformaron y se analizaron con estadística no paramétrica Kruskal-Wallis y chi-cuadrada. Los datos se analizaron con un modelo de diseño completamente al azar y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para separación de medias. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.001$) entre especies, fechas de cosecha y tipo de propágulo para longitud de radícula y plúmula. La viabilidad total fue diferentes entre especies ($P = 0.0046$) y especies \times fechas de cosecha para cariósipide y propágulos tradicionales ($P \leq 0.0001$). No se encontraron diferencias para plántulas anormales entre especies y fechas de cosecha en cariósipides ($P > 0.05$). Las dimensiones de cariósipide fueron diferentes ($P \leq 0.0001$) entre especies. A cuatro días de prueba, la germinación de cariósipides fue de 80 % en *B. curtipendula*. Respecto al propágulo comercial, *L. dubia* y *P. ciliare* alcanzaron germinación de 70 y 60 % al octavo día. Las especies de zonas áridas y semiáridas poseen amplio potencial de mejora de atributos físicos y fisiológicos de propágulo mediante beneficio y eliminación total o parcial de brácteas accesorias, lo cual es un factor importante para mejorar el establecimiento de praderas en temporal semiárido mediante la habilitación de siembra mecanizada resultante y otros beneficios de la semilla de calidad.

Palabras clave: atributos de semilla, calidad de propágulo, gramíneas nativas, tipo de propágulo.

SUMMARY

Establishing grass prairies in arid conditions is mainly based on propagules with low quality in specific density and low physical purity, resulting in low success. Physical and physiological traits were evaluated under laboratory conditions in propagules of *Bouteloua curtipendula*, *Leptochloa dubia*, *Digitaria californica*, *Setaria macrostachya* and *Pennisetum ciliare* (naturalized exotic) as control. Physical traits such as size and shape of caryopsis, physical purity of caryopsis, test weight, one-thousand seeds weight and physiological

quality traits such as vigor, viability and germination were determined in two types of propagule (caryopsis and traditionally marketed propagules) at two harvest dates. Compliance with the assumptions of the analysis of variance were verified. Non-normal variables were transformed and analyzed using non-parametric Kruskal-Wallis and chi-square statistics. Data were analyzed using a completely randomized design model and Tukey test ($P \leq 0.05$) for means separation. Differences ($P \leq 0.001$) were found between species, harvesting dates and types of propagule for radicle and plumule length. Total viability was different between species ($P = 0.046$) and species \times harvesting date for caryopsis and traditional propagules ($P \leq 0.0001$). No differences were found between species and harvesting dates for abnormal seedlings in caryopsis ($P > 0.05$). Caryopsis dimensions were different ($P \leq 0.0001$) between species. At four days of testing, germination of caryopsis was 80 % in *B. curtipendula*. Regarding commercial propagule, *L. dubia* and *P. ciliare* reached 70 and 60% at the eighth day. Species from arid and semiarid areas have great potential for improvement of physical and physiological attributes of propagules by physical conditioning and total or partial elimination of accessory bracts, which is an important factor to improve prairies establishment in semiarid rainfed conditions by enabling mechanized planting and other benefits of quality seed.

Index words: Seed attributes, propagule quality, native grasses, type of propagule.

INTRODUCCIÓN

Para la siembra de praderas en temporal semiárido se utilizan propágulos (denominados semilla) comerciales muy variados de acuerdo con la especie, tales como flósculos, ramas o ramillas con una o varias espiguillas, o espiguillas unidas directamente al tallo floral, todos ellos con o sin aristas. En los propágulos comerciales se encuentran los cariósipides; sin embargo, debido a la escasa disponibilidad de equipo especializado de cosecha y beneficio, éstos pueden venir acompañados con contaminantes, tales como flores estériles (lemas vanas), cariósipides mal desarrollados, tallo, ramas, hojas, pedúnculos y pedicelos florales, entre los principales (Quero-Carrillo et al., 2014). Esta diversidad complica tanto la cosecha de semilla como la siembra de praderas,

especialmente en condiciones de temporal semiárido, cuyo atributo distintivo incluye pulsos escasos de lluvia adecuados, en número e intensidad (Edwards *et al.*, 2019), para la siembra. A la fecha, la siembra de praderas de gramíneas de temporal se realiza al voleo debido al escaso flujo del propágulos comerciales en equipo de siembra mecanizada.

La producción de semilla de calidad de gramíneas forrajeras que se adapten a diversos climas es una necesidad en México para promover mayor cobertura vegetal y productividad primaria del pastizal a través de incrementar la frecuencia de siembras exitosas de praderas a bajo costo (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). La semilla de pastos nativos de zonas áridas se estudia escasamente, debido a su baja utilización (De Melo *et al.*, 2016) y éxito al establecer praderas en temporal semiárido (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). Esta baja calidad resulta de bajas tasas de llenado de grano, viabilidad, vigor o por alto grado de latencia. La semilla (propágulo) comercializada de pastos (flósculo, ramas primarias, espiguillas, etc.) para zonas áridas y semiáridas posee gran cantidad de impurezas o brácteas accesorias (con o sin aristas) encerrando a una o varias cariósides (no visibles), en diferente proporción y estadio de madurez, desde R_1 hasta R_6 (Walne y Reddy, 2022), lo que afecta su calidad (De Melo *et al.*, 2016). Cualquiera de estos propágulos cumple y se utiliza con denominación de "semilla".

Los pastos forrajeros son plantas no domesticadas, poseen elevada dehiscencia de semilla, en combinación con cohortes florales múltiples; por tanto, la semilla cosechada es heterogénea (Nuñez y Yamada, 2017) por lo que el beneficio de propágulo es necesario para mejorar su calidad física y fisiológica (Mendoza *et al.*, 2015). El éxito en el establecimiento de especies nativas depende del vigor (Navarro *et al.*, 2015) y germinación de la semilla, además del buen manejo de la siembra (Jiménez-Alfaro *et al.*, 2018; Quero-Carrillo *et al.*, 2014). La baja viabilidad de semilla reduce la acumulación de bancos de semilla; mientras que, bajas tasas de germinación, minimizan la germinación ante pulsos de lluvias esporádicas (Edwards *et al.*, 2019); por tanto, conocer la biología de semilla será informativo para el desarrollo de estrategias para un mejor establecimiento de plántulas (Schnerer *et al.*, 2017). El vigor de semilla se refiere al potencial de establecimiento uniforme de plántulas en condiciones, incluso desfavorables (Navarro *et al.*, 2015). El objetivo del presente estudio fue evaluar atributos de calidad de semilla y generar criterios alternativos para mejorar el propágulo a utilizar para siembras de temporal en regiones del Desierto Chihuahuense y Sonorense.

Materiales y métodos

Material vegetal

Los propágulos comerciales para praderas de temporal con gramíneas (Poaceae) en condiciones de temporal semiárido incluyeron: 1) involucro de ramas modificada constreñidas (flósculo; pasto Buffel); 2) ramas con una o más espiguillas (pasto Banderita); 3) espiguillas con glumas, lema y palea encerrando las cariósides, además de lema estéril adherida (pastos Banderita, Gigante, Punta Blanca y Tempranero), como se muestra en el Cuadro 1.

La semilla experimental se cosechó como propágulo (flósculo, ramas primarias, espiguillas), según correspondiera a la especie bajo estudio (Cuadro 1) en Matehuala, San Luis Pototsí; Valle del Mezquital, Hidalgo y Tecámac, Estado de México, entre 2016 y 2020 y se conservó en laboratorio (obscuridad, 12 °C y 40 % HR) en recipientes plásticos sellados, sin la presencia de macroplagas.

Acondicionamiento de semilla y evaluación

Al inicio de la evaluación en laboratorio (Octubre de 2020) y utilizando tapete corrugado, almohadilla de caucho corrugado y fricción manual, se eliminaron brácteas accesorias a las cariósides. El análisis de laboratorio, que incluyó propágulo comercial y cariósides, se llevó a cabo para evaluar morfología, viabilidad, germinación, pureza física y peso de mil semillas en cuatro especies nativas de zonas áridas de México y una exótica naturalizada, como testigo (Cuadro 1).

Variables evaluadas

Calidad física

Se determinó la pureza física de cariósides en muestras del lote de semilla, además de especies contaminantes y partículas inertes (ISTA, 2009). La muestra de trabajo fue de 10 g, excepto para Banderita (40 g), con cuatro repeticiones. Se separaron en propágulo comercial, otras semillas y material inerte. La cariósides se examinó bajo microscopio estereoscópico (Zeiss, Modelo 464002-9901, Oberkochen, Alemania) y se eliminó material contaminante y cariósides rotas o dañadas, determinándose pureza de cariósides (SSA, 2020). El peso de mil semillas (PMS) se determinó a partir del propágulo puro, se contaron al azar ocho repeticiones de 100 unidades tanto de espiguillas como de cariósides por especie y el peso se obtuvo en g; el dato final de PMS se obtuvo multiplicando por 10 al promedio por repetición (ISTA, 2009). Las cariósides

Cuadro 1. Especies, año de cosecha y propágulo comercializado por especie estudiada.

| Nombre común | Nombre científico | Año de cosecha | Tipo de propágulo [¶] |
|---------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------------|
| Banderita [†] | <i>Bouteloua curtipendula</i> | 2016/2019 | Rama, espiguilla ^{¶¶} |
| Gigante [†] | <i>Leptochloa dubia</i> | 2018/2020 | Espiguilla |
| Punta Blanca [†] | <i>Digitaria californica</i> | 2020/2020 | Espiguilla |
| Tempranero [†] | <i>Setaria macrostachya</i> | 2019/2020 | Espiguilla |
| Buffel ^{††} | <i>Pennisetum ciliare</i> | 2019/2020 | Flósculo y espiguilla |

[†]Nativas de la región semiárida de México, ^{††}exótica naturalizada utilizada como testigo, [¶]propágulo utilizado tradicionalmente, ^{¶¶}espiguilla: cariósipide contenida por brácteas (glumas + lema + palea).

se clasificaron por tamaño; para ello, se tomaron al azar cuatro repeticiones de 200 unidades para medir largo, ancho y grosor (mm), utilizando vernier digital (Knova 6", Modelo KN 8336, México); las cariósipides se separaron por tamaño con tamiz de 0.5 mm para cariósipides chicos (CsCh) y 0.7 mm para cariósipides grandes (CsG).

Calidad fisiológica

Todas las cariósipides y recipientes plásticos se desinfectaron con hipoclorito de sodio comercial 0.6 % por 3 min, se enjuagaron con agua destilada y secaron a la sombra con flujo ligero de aire durante 24 h, dispuestas sobre papel en laboratorio. Se determinó el vigor, para lo cual se evaluaron cuatro repeticiones de 50 propágulos comerciales y 50 cariósipides por especie y año de cosecha sobre toallas de papel en cajas Petri humedecidas con 20 mL de agua destilada, se incubaron en estufa de aire forzado (Modelo AR-290, Felisa, Zapopan, Jalisco, México) a 25 ± 5 °C por 10 d. Se determinó la longitud de radícula y plúmula por especie y cosecha (Marcos-Filho, 2015). La viabilidad se determinó en cuatro repeticiones de 50 cariósipides, con base en la tinción mostrada en el embrión, como reacción a sal de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (tetrazolio 0.5 %); se estandarizó la prueba por especie, se definió el tiempo necesario de imbibición para que las cariósipides alcanzaran turgencia para disectar al embrión; se embebieron en agua destilada durante 3.5 h, y 12 h después, con el apoyo de microscopio estereoscópico se expusieron las estructuras embrionarias a solución de tetrazolio (ISTA, 2009); la reacción se catalogó como: rojo intenso a rosa fuerte, viable; rosa pálido a blanco, no viable. Para la germinación se evaluaron propágulos comerciales y cariósipides mediante la prueba de germinación estándar; cuatro repeticiones de 50 semillas por especie y fecha se colocaron sobre toallas de papel con 20 mL de agua destilada y se incubaron en estufa de aire forzado (Modelo AR-290, Felisa, Zapopan, Jalisco, México) a 25 ± 5 °C bajo un diseño completamente al azar; se realizaron conteos diariamente durante 10 días, se determinó la velocidad de germinación con evaluaciones durante 10

días; se consideró germinación total (GT) al porcentaje de plántulas con raíz y plúmula bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones.

Análisis estadístico

Todos los datos se analizaron con SAS V.9.3. (SAS Institute, 2011). Se verificó 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; aquellas persistentes no normales se analizaron con estadística no paramétrica Kruskal-Wallis y chi-cuadrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vigor de semilla

Se observaron diferencias ($P \leq 0.0001$) entre especies y años de cosecha para vigor, tanto en longitud de radícula como de plúmula (Cuadro 2). Comparando cariósipide con propágulo comercial, se observaron diferencias ($P \leq 0.0001$) en longitud de radícula (49.0 vs. 31.1 mm) y de plúmula (48.4 vs. 31.8 mm), respectivamente. La cariósipide mostró mayores valores; por tanto, las brácteas accesorias en propágulo comercial limitan el desarrollo de la plúmula y radícula (Grafi y Singiri, 2022; Wang *et al.*, 2016) por mayor energía requerida para desarrollar estructuras de absorción y fotosíntesis, lo cual tiene efecto directo en el establecimiento de plántulas. Las causas más comunes de latencia en semilla de pastos incluyen inmadurez del embrión y presencia de inhibidores que regulan la germinación, por lo que sus efectos sobre ésta son variables y se observan como específicos de especie, ecotipo, sitio y año de cosecha (Pausas y Lamont, 2022), como sugieren los resultados del presente estudio. El vigor de semilla fue mayor para cariósipide debido a la ausencia de brácteas accesorias (barrera física o fuente de inhibidores). Se observó

efecto de especies para semillas viables y viabilidad ($P = 0.0046$; Cuadro 3); al respecto, los mayores valores se encontraron en Gigante 2018, Banderita 2019 y Buffel 2020, respectivamente.

La germinación y vigor son atributos importantes que expresan el potencial fisiológico de la semilla para consolidar una planta funcional (Pausas y Lamont, 2022). Tanto la temperatura como la humedad disponible, oxígeno y luz influyen la germinación; por tanto, atributos bioquímicos y fisiológicos de la semilla son

fundamentales por su reacción ante condiciones externas y su eficiencia para utilizar reservas (Gorim y Asch, 2015). El vigor y tipo de propágulo influyen en la germinación y emergencia, por lo que representan una ruta importante para desarrollar alternativas de mejora del propágulo comercial a utilizar en la siembra (Hernández-Guzmán *et al.*, 2015). El propágulo comercial de Buffel muestra latencia por inhibidores, tanto en embrión como brácteas accesorias a cariósipide. El tiempo post-cosecha modifica la germinación, y algunas especies muestran mejor germinación cuando la semilla supera de cuatro a

Cuadro 2. Longitud de radícula y plúmula en plántulas de gramíneas como indicadores de vigor.

| Especie | Fecha de cosecha [†] | Radícula (mm) | Plúmula (mm) |
|--------------|-------------------------------|---------------|--------------|
| Tempranero | 2019 | 24.6 a | 25.3 a |
| Tempranero | 2020 | 16.5 b | 16.1 b |
| Punta Blanca | Marzo 2020 | 48.1 a | 50.6 a |
| Punta Blanca | Octubre 2020 | 46.5 a | 50.6 a |
| Buffel | 2019 | 37.5 a | 33.5 a |
| Buffel | 2020 | 43.2 b | 39.6 b |
| Gigante | 2018 | 58.3 a | 55.4 a |
| Gigante | 2020 | 37.6 b | 37.6 b |
| Banderita | 2016 | 43.6 b | 42.9 b |
| Banderita | 2019 | 49.7 a | 51.9 a |
| P-value | | < 0.0001 | < 0.0001 |

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). [†]Con excepción de Punta Blanca, la cosecha ocurrió en octubre, posterior a la época de lluvias.

Cuadro 3. Viabilidad con tetrazolio y germinación de cariósipides de cuatro especies nativas y una exótica, de pastos con dos fechas de cosecha.

| Especie | Cosecha | Viabilidad (%) [†] | Germinación (%) | | | | | |
|--------------|--------------|-----------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | | | Cs ^{††} | Cs [‡] | Cs ^{‡‡} | PC ^{††} | PC [‡] | PC ^{‡‡} |
| Buffel | 2019 | 67 c | 54 de | 8 bc | 38 bc | 64 a | 19 a | 17 e |
| Buffel | 2020 | 73 bc | 64 cd | 7 bcd | 29 cd | 33 b | 12 b | 55 d |
| Punta Blanca | Marzo 2020 | 75 bc | 74 bc | 4 de | 22 de | 43 b | 11 bc | 46 d |
| Punta Blanca | Octubre 2020 | 62 c | 44 e | 9 b | 47 b | 74 a | 10 bc | 16 e |
| Gigante | 2018 | 89 ^a bc | 88 ab | 4 de | 8 ef | 42 b | 8 cd | 50 d |
| Gigante | 2020 | 77 abc | 72 c | 19 a | 9 ef | 14 c | 8 cd | 78 c |
| Tempranero | 2019 | 20 d | 18 f | 4 cde | 78 a | 2 cd | 4 de | 94 a |
| Tempranero | 2020 | 14 d | 6 f | 4 cde | 90 a | 3 d | 3 e | 94 ab |
| Banderita | 2016 | 93 ab | 90 a | 3 de | 7 f | 10 cd | 6 de | 84 abc |
| Banderita | 2019 | 95 a | 93 a | 2 e | 5 f | 12 cd | 8 cd | 80 bc |

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Cs: cariósipide, PC: propágulo comercial (espiguilla). [†]% viabilidad de la cariósipide, ^{††}plántulas normales, [‡]plántulas anormales, ^{‡‡}semillas muertas. El valor de significancia P -value fue ≤ 0.0001 para todas las columnas

seis meses el periodo de maduración en almacenamiento (Quero *et al.*, 2017); sin embargo, esto no ocurre en todas las especies, tal como se observó para los pastos Tempranero, Punta Blanca, Gigante y Banderita en este estudio. A mayor tiempo de almacenamiento se observó menor germinación para menor tamaño de carióspside, lo cual se relaciona con bajo vigor, por su menor oportunidad de desarrollo en la planta madre.

Se observó efecto de especie para semillas no viables ($P = 0.0025$), los valores mayores se observaron en Tempranero-2019 y Tempranero-2020. Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.0001$) para viabilidad entre especies y años de cosecha para carióspside, así como para germinación en carióspside y propágulo comercial normales (Cuadro 3).

Las especies consideradas siguen el patrón de viabilidad en el que la semilla de cosecha más reciente presentó mayor viabilidad, excepto para pasto Gigante, lo cual está influenciado por diferencias climáticas de crecimiento y maduración de semilla (Hernández-Guzmán *et al.*, 2015), indicando que la viabilidad de semilla de especies nativas difiere entre fechas de muestreo y entre especies y tamaño de carióspside. La calidad de semilla está en función de las condiciones de su desarrollo; por tanto, responde a un buen manejo productivo (agronómico), al igual que el rendimiento.

Un problema en la determinación de viabilidad por cloruro de tetrazolio en pastos es obtener carióspsides adecuadas, ya que en gramíneas de temporal éstas son muy pequeñas y están contenidas en brácteas protectoras. Para *P. ciliare* la evaluación de semilla se describe en reglas de la ISTA; sin embargo, para la valoración de calidad, es necesario determinar el porcentaje de carióspsides contenidas en el propágulo. En *Chloris gayana* y *Megathyrsus maximus* las reglas ISTA (2016) establecen que las espiguillas vanas se deben considerar no viables.

La ISTA no ha publicado protocolos para evaluar pastos nativos de zonas áridas de Norteamérica. En la prueba de viabilidad es importante observar en el patrón de tinción del embrión la intensidad de coloración y turgencia de tejidos, lo que permite la identificación, localización y definición de la naturaleza de daños presentes en los tejidos embrionarios (França-Neto y Krzyzanowski, 2019). Las reglas ISTA (2009) recomiendan corte en semillas de *Urochloa* spp., *C. gayana*, *Dactylis glomerata* y *Megathyrsus* spp., a pesar de su tamaño diminuto. El método para *Pennisetum* (ISTA, 2009) es el de corte longitudinal en la mitad distal del endospermo.

Para Punta Blanca el corte del embrión mostró no ser

necesario; la necesidad de corte puede ser indicador de vigor en Punta Blanca. La calidad física incluye contenido de humedad, peso por unidad de volumen y pureza (al propágulo pretendido: espiguilla, carióspside, flósculo, etc., según especie) de semilla; adicionalmente, puede considerarse tamaño y forma de semilla, peso de mil semillas, color y daño por insectos y hongos (Singh *et al.*, 2021). Se observó efecto de especies y fechas de cosecha ($P \leq 0.05$). El mayor rendimiento en carióspside y pureza física se encontró en Gigante 2018; respecto a peso de mil espiguillas (PME), se observaron mayores valores en Buffel-2019 y 2020, Banderita-2016, Banderita-2019, Gigante-2020 y Punta Blanca Octubre-2020. Para espiguillas por kg, los mayores valores se observaron en Tempranero 2019 y 2020 y en Gigante 2018. Respecto a carióspsides por kg de espiguillas, los mayores valores se observaron en Tempranero-2020 y Buffel-2020 (Cuadro 4).

En pasto Buffel, Rivas-Jacobo *et al.* (2018) encontraron pureza física de 65 %, lo que difiere de los resultados del presente estudio, debido a que estos autores la estimaron con respecto a propágulo (flósculo). Estas diferencias resultan de la forma de evaluar pureza física e informan de la eficiencia de cosecha y beneficio de la semilla (Singh *et al.*, 2021), *i.e.* la calidad física en propágulos comerciales es altamente variable. Este valor es de suma importancia al momento de seleccionar materiales que serán comercializados, pues un menor rendimiento en carióspside indica mayor cantidad de impurezas, lo cual disminuye la calidad física de propágulos comerciales. En estudios realizados en *M. maximus* se ha propuesto no examinar la presencia de carióspsides a causa de la dificultad en la evaluación y la consecuente disparidad entre resultados obtenidos por diferentes laboratorios (De Melo *et al.*, 2016). Diversos índices para describir aspectos relacionados con producción de semilla han sido reportados, tales como fertilidad de panoja y flósculos fértiles por panoja (Ou *et al.*, 2021). Los resultados de pureza, incluyendo flósculos conteniendo carióspsides, pueden ajustarse por porcentaje de germinación y, de esta manera, obtener semilla pura germinable (Wright *et al.*, 2020).

La utilidad del peso de 1000 semillas es calcular la densidad de siembra, y se determina sobre semilla (tipo de propágulo) pura. Cuando se realiza siguiendo reglas de la ISTA, al no discriminar en ésta, el porcentaje de flósculos que contienen carióspside en su interior no representa el porcentaje real de carióspsides y, por tanto, se incluye en dicho peso aquel de flósculos vanos. A mayor peso de carióspsides en cereales se observó mayor tasa de germinación (Grafi y Singiri, 2022); para este estudio, el mayor peso se presentó en los pastos Tempranero y

Cuadro 4. Pureza física en diferentes tipos de propágulo* de cinco especies de gramíneas.

| Especie | Fecha de cosecha | Rendimiento de Cs (g)** | Pureza física en PC (%) | PME (g) | Espiguillas kg ⁻¹ (miles) | Cs kg ⁻¹ (Millones) |
|--------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Buffel | 2019 | 0.2138 bc | 21.4 b | 1.89 | 726.4 f | 1.93 b |
| Buffel | 2020 | 0.0670 cd | 6.7 cd | 1.42 | 702.0 f | 2.04 b |
| Punta Blanca | Marzo 2020 | 0.2510 b | 25.1 b | 0.54 | 1851.0 c | 2.49 a |
| Punta Blanca | Octubre 2020 | 0.3265 ab | 32.7 ab | 0.71 | 1414.4 d | 2.53 a |
| Gigante | 2018 | 0.4815 a | 48.2 a | 0.28 | 3524.2 a | 1.96 b |
| Gigante | 2020 | 0.1800 bcd | 18.0 bc | 0.66 | 1522.6 d | 1.93 b |
| Tempranero | 2019 | 0.2650 b | 26.5 b | 0.27 | 3773.6 a | 1.38 c |
| Tempranero | 2020 | 0.0460 d | 4.6 d | 0.04 | 2580.6 b | 1.37 c |
| Banderita | 2016 | 0.2238 bc | 22.4 d | 1.11 | 1094.7 e | 1.51 bc |
| Banderita | 2019 | 0.2205 bc | 22.05 d | 0.87 | 1143.2 e | 1.32 c |
| P-value | | < 0.0001 | < 0.0001 | 0.0009 | < 0.0001 | 0.0254 |

Medias con letras iguales dentro de columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). *Con presencia de brácteas accesorias en el tipo de propágulo correspondiente, **a partir de 1 g de muestra cruda, PME: peso de mil espiguillas, Cs: cariósipide, PC: propágulo comercial.

Cuadro 5. Atributos de cariósipides de pastos nativos de México y un exótico naturalizado.

| Especie | Largo Cs (mm) | Ancho Cs (mm) | Grosor Cs (mm) | P1000 Cs (g) | CsCh ⁺ (%) | CsG ⁺⁺ (%) |
|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| Tempranero | 1.23 e | 1.00 a | 0.80 a | 0.72 a | 5.29 b | 94.71 a |
| Punta Blanca | 1.46 d | 0.82 c | 0.33 e | 0.40 c | 16.57 a | 83.42 b |
| Buffel | 1.54 c | 0.89 b | 0.51 b | 0.52 b | 23.15 a | 76.85 b |
| Gigante | 1.85 b | 0.82 c | 0.39 d | 0.51 b | 22.93 a | 77.07 b |
| Banderita | 2.66 a | 0.73 d | 0.48 c | 0.66 a | 20.59 a | 79.41 b |
| P-value | < 0.0001 | < 0.0001 | < 0.0001 | < 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 |

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). Cs: cariósipide, P1000Cs: Peso de mil cariósipides, *Rendimiento de criósipides chicas, **Rendimiento de cariósipides grandes.

Banderita (Cuadro 4); además, se observaron diferencias entre especies ($P \leq 0.0001$) para dimensiones de semilla (Cuadro 5).

La forma del cariósipide puede tener influencia sobre el potencial de su manejo post-cosecha (beneficio), lo que no ocurre con el propágulo comercial, y resultaría en mayor apoyo con siembras mecanizadas en surcos al establecer praderas, las cuales, a la fecha se siembran mediante dispersión y no en surcos (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). Las cariósipides con magnitudes (largo, ancho, grueso) proporcionales fueron Tempranero, Buffel, seguidos de Gigante y Punta Blanca. Banderita mostró elevada discrepancia entre magnitudes, éste posee cariósipide alargada y, potencialmente, con mayor dificultad para beneficio mecanizado, mientras que las otras especies pueden ser beneficiadas sin mucho riesgo de romper la cariósipide para eliminar brácteas

accesorias y aristas, aumentando la densidad específica del propágulo (Figura 1).

Lo anterior es importante para mejorar la pureza física del propágulo comercial mediante siembras con el propágulo conveniente; por ejemplo, en pasto Buffel se utiliza únicamente flósculo (siembras no en surcos); sin embargo, con potencial en siembras en surco con flósculo desaristado, espiguilla, cariósipide o combinación. Con respecto a peso de mil cariósipides (P1000Cs), se observaron diferencias significativas entre genotipos ($P = 0.0016$); los mayores valores se encontraron en Tempranero y Banderita, mientras que el menor valor se encontró en Punta Blanca. El peso de semilla es vital para calcular densidad de siembra, mejorar el manejo del propágulo comercial y sus propiedades fisiológicas, dada la correlación positiva de peso de semilla dentro y entre especies

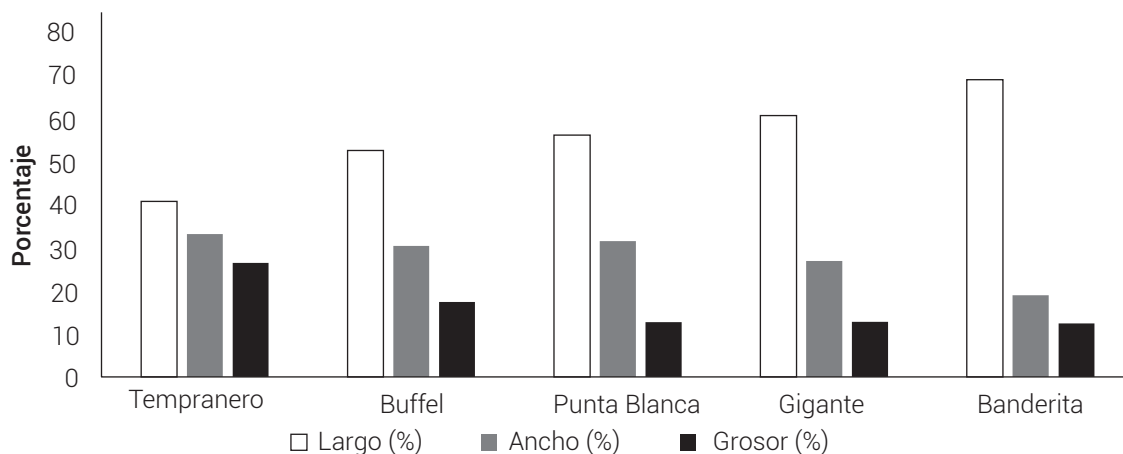


Figura 1. Proporción (%; largo, ancho, grosor) morfológica en cariópsides de pastos nativos y Buffel, como especie naturalizada en México semiárido. La sumatoria de magnitudes es 100 % dentro de cada especie.

con la capacidad de germinación y supervivencia de plántulas en respuesta al vigor de su desarrollo en la planta madre y peso de plántula producida (Costa *et al.*, 2021). Por otro lado, el P1000Cs es indicador de calidad, ya que en un cultivo sujeto a falta de nutrientes, agua, daños por heladas o granizo, cosecha precipitada, etc., se ve reflejado en el peso volumétrico (Ou *et al.*, 2021). Quero *et al.* (2017) señalaron que un mayor tamaño de cariópside se relacionó con mayor germinación y enfatizaron que el peso de semilla varía no solamente entre poblaciones, sino también entre plantas madre de una misma población.

Para velocidad de germinación, las cariópsides de pasto Banderita germinaron en 80 % a cuatro días después de siembra; Gigante-2018 y Punta Blanca Marzo-2020 alcanzaron este porcentaje al día seis; la menor germinación se observó en Tempranero-2019 y 2020, que no superaron 10 % de germinación durante toda la prueba. Respecto a velocidad de germinación del propágulo comercial, Punta Blanca-2020 y Buffel tuvieron la mejor respuesta, alcanzando 70 y 60 % de germinación al día ocho de prueba. En la mayoría de los casos, la semilla de pastos forrajeros tiene un periodo de latencia post-cosecha de tres a siete meses, dependiendo de la especie, sitio y calidad de almacenamiento, por lo que requieren reposo para romper la latencia y alcanzar valores altos de germinación, el almacenamiento previo a la siembra es, por tanto, necesario; sin embargo, se debe considerar el descenso en su poder germinativo (Morales-Nieto, 2012). Por otra parte, y de acuerdo con los resultados, sería importante romper la latencia en pasto Tempranero, como especie con menor respuesta de germinación tanto en cariópside como en espiguilla

y aplicar técnicas como escarificación de cariópsides, remoción de estructuras externas, exposición a diferentes temperaturas, aplicación de ácido sulfúrico, nitrato de potasio y ácido giberélico, entre otros (Villanueva; Com. Pers.)¹. Otros estudios sugieren realizar punción de la cubierta seminal, cercana al embrión, así como del pericarpio y testa, ya que con esto se promueve la germinación en semillas latentes (Huang *et al.*, 2019); además, tratamientos de escarificado químico en pasto Buffel con solución concentrada de ácido sulfúrico (H₂SO₄) durante 4 min, mejoraron de forma significativa la germinación (Bhattari *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Existen diferencias en atributos físicos y fisiológicos del propágulo (propágulo comercial o cariópside) y esto brinda información para mejorar la calidad del propágulo deseado para la siembra en pastos nativos. La calidad del propágulo de pastos es variable y está asociada con factores relacionados con el desarrollo, oportunidad de cosecha (madurez), latencia y el deterioro que ocurre durante el almacenamiento. Las especies nativas de zonas áridas y semiáridas (Banderita, Punta Blanca y Gigante) presentan mejor calidad física y fisiológica con respecto a Buffel. Como resultado de la proporción de cariópside, es posible producir diferente tipo de propágulo: flósculo, espiguilla, lema, cariópside; con o sin aristas (dependiendo de la especie) e influenciar positivamente tanto su flujo en equipos de siembra como la germinación y, por tanto, la calidad de siembras en pastos de

¹Villanueva A. J. F. (2008) Effect of defoliation patterns and developmental morphology on forage productivity and carbohydrate reserves in WW-B.Dahl grass [*Bothriochloa bladhii* (RETZ) S.T. Blake]. Ph. D. Dissertation. Texas Tech University. Lubbock, Texas, USA. 333 p.

zonas áridas. La forma de la carióspside proporciona información sobre el nivel de beneficio que se puede aplicar al propágulo comercial tradicionalmente utilizado; lo anterior será más fácil en las especies proporcionales (largo, ancho, grosor) en el orden siguiente: Tempranero, Buffel, Punta Blanca y Gigante, y complicado, por su proporción en forma para pasto Banderita. Determinar las propiedades físicas y fisiológicas del propágulo a utilizar será informativo para lograr mayor pureza física especificada al tipo de propágulo y, similarmente, mayor diversidad de propágulos para la siembra.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por la beca otorgada para estudios de Doctorado en Ciencias de la primera autora. A la LGAC-11 Innovación Tecnológica y Calidad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

BIBLIOGRAFÍA

- Bhattari S. P., J. Fox and J. Y. Gyasi-Agyei (2008) Enhancing buffel grass seed germination by acid treatment for rapid vegetation establishment on railway batters. *Journal of Arid Environments* 72:255-262, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.06.010>
- Costa J. C., G. E. Meneghello, M. H. A. Jorge and E. Costa (2021) The importance of physiological quality of seeds for agriculture. *Colloquium Agrariae* 17:102-119, <https://doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n4.a452>
- De Melo L. F., C. C. Martins, G. Z. da Silva and M. F. G. Sanches (2016) Processing in the quality of Tanzania grass seeds. *Engenharia Agrícola* 36:1157-1166, <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n6p1157-1166/2016>
- Edwards K. M., C. Schlesinger, M. K. J. Ooi, K. French and B. Gooden (2019) Invasive grass affects seed viability of native perennial shrubs in arid woodlands. *Biological Invasions* 21:1763-1774, <https://doi.org/10.1007/s10530-019-01933-x>
- França-Neto J. B. and F. C. Krzyzanowsky (2019) Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. *Journal of Seed Science* 41:359-366, <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104>
- Gorim L. and F. Asch (2015) Seed coating reduces respiration losses and affects sugar metabolism during germination and early seedling growth in cereals. *Functional Plant Biology* 42:209-218, <https://doi.org/10.1071/FP14142>
- Grafi G. and J. R. Singiri (2022) Cereal husks: versatile roles in grain quality and seedling performance. *Agronomy* 12:172, <https://doi.org/10.3390/agronomy12010172>
- Hernández-Guzmán F. J., A. R. Quero-Carrillo, P. Pérez-Rodríguez, M. Velázquez-Martínez y G. García-de los Santos (2015) Germinación y emergencia de propágulos de pasto en respuesta a pruebas de vigor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1519-1532, <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.546>
- Huang W., H. S. Mayton, M. Amirkhani, D. Wang, and A. G. Taylor (2019) Seed dormancy, germination and fungal infestation of Eastern gama grass seed. *Industrial Crops and Products* 99:109-116, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.041>
- ISTA, International Seeds Testing Association (2009) International Rules for Seed Testing. International Seeds Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA International Seeds Testing Association (2016) International Rules for Seed Testing. International Seeds Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- Jiménez-Alfaro B., M. Hernández-González, E. Fernández-Pascual, P. Toorop, S. Frischie and C. Gálvez-Ramírez (2018) Germination ecology of winter annual grasses in Mediterranean climates: applications for soil in olive groves. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 262:29-35, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.013>
- Marcos-Filho J. (2015) Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agrícola* 72:363-374, <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Mendonça G. S., C. C. Martins, D. Martins e M. T. G. Lopes. (2015) Aspectos físicos e fisiológicos de sementes de *Fimbristylis dicotoma* relacionados à germinação e dormência. *Revista Ciência Agronômica* 46:539-545, <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150036>
- Morales-Nieto C. R., J. F. Enríquez-Quiroz, J. F. Villanueva-Avalos, F. Herrera-Cedano, A. R. Quero-Carrillo, J. Becerra-Becerra, ... y P. Jurado-Guerra (2012) Manual para el establecimiento y manejo de semilleros de especies forrajeras en México. Folleto Técnico Núm. 21. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 76 p, <https://doi.org/10.13140/2.1.3069.9848>
- Navarro M., G. Febles and R. S. Herrera (2015) Vigor: essential element for seed quality. *Cuban Journal of Agricultural Science* 49:447-458.
- Núñez F. D. B. and T. Yamada (2017) Molecular regulation of flowering time in grasses. *Agronomy* 7:17, <https://doi.org/10.3390/agronomy7010017>
- Ou C., M. Wang, L. Hou, Y. Zhang, M. Sun, S. Sun, ... and P. Mao (2021) Responses of seed yield components to the field practices for regulating seed yield of smooth brome grass (*Bromus inermis* Leyss.). *Agriculture* 11:940, <https://doi.org/10.3390/agriculture11100940>
- Pausas J. G. and B. B. Lamont (2022) Fire-released seed dormancy – a global synthesis. *Biological Reviews* 97:1612-1639, <https://doi.org/10.1111/brv.12855>
- Quero C. A. R., F. J. Hernández G., P. Pérez R., A. Hernández L., G. García S., P. Landa S. y S. E. Ramírez S. (2017) Germinación de carióspsides 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., L. Miranda-Jiménez, F. J. Hernández-Guzmán y F. A. Rubio A. (2014) Mejora del establecimiento de praderas de temporal. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 31 p, <https://doi.org/10.13140/2.1.5101.2161>
- Rivas-Jacobo M. A., J. Sandoval-Alvarado, A. Herrera-Corredor, J. Marín-Sánchez, F. Escalera-Valente y J. Loya-Olguín (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 Institute (2011) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- Schermer A., B. Melander, P. K. Jensen, P. Kudsk and L. A. Avila (2017) Germination of Winter annual grass weeds under a range of temperatures and water potentials. *Weed Science* 65:468-478, <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.7>
- Singh S. K., S. Kautkar and A. K. Patil. (2021) Impact of engineering properties of grass seeds in developing post-harvest operations and machineries. *Environmental Conservation Journal* 22:395-399, <https://doi.org/10.36953/ECJ.2021.22345>
- SSA, Seed Services Australia (2020) Seed Certification Manual. Seed Services Australia. Urrbrae, Australia. 86 p.
- Walne C. H. and K. R. Reddy (2022) Temperature effects on the shoot and root growth, development, and biomass accumulation of corn (*Zea mays* L.). *Agriculture* 12:443, <https://doi.org/10.3390/agriculture12040443>
- Wang Z., L. Wang, Z. Liu, Y. Li, Q. Liu and B. Liu (2016) Phylogeny, seed traits and ecological correlates of seed germination at the community level in a degraded sandy grassland. *Frontiers in Plant Science* 7:1532, <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01532>
- Wright B. R., P. K. Latz, D. E. Albrecht and R. J. Fensham (2020) Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) eradication in arid central Australia enhances native plant diversity and increases seed resources for granivores. *Applied Vegetation Science* 24:e12533, <https://doi.org/10.1111/avsc.12533>