

PATRONES DE GERMINACIÓN EN GRAMÍNEAS PRESENTES EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE GERMINATION PATTERNS ON GRASSES PRESENT AT THE CHIHUAHUAN DESERT

 OBED G. GUTIÉRREZ-GUTIÉRREZ¹,  OTILIA RIVERO-HERNÁNDEZ²,  JOSÉ HUMBERTO VEGA-MARES²
Y  ALICIA MELGOZA-CASTILLO^{2*}

¹ Campo Experimental Valle de Culiacán-INIFAP, Culiacán, Sinaloa, México

² Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor de correspondencia: amelgoza@uach.mx

Resumen

Antecedentes: Las características de germinación en gramíneas pueden ayudar a explicar la adaptación a cambios ambientales, así como comportamientos de invasión.

Hipótesis: Cada especie tiene características de germinación que pueden explicar su éxito de establecimiento en pastizales naturales.

Especies de estudio: *Bouteloua curtipendula*, *B. dactyloides*, *B. eriopoda*, *B. gracilis*, *B. hirsuta*, *B. repens*, *B. rigidiseta*, *Chloris virgata*, *Digitaria californica*, *Eragrostis curvula*, *E. echinochloidea*, *E. lehmanniana*, *E. superba*, *Heteropogon contortus*, *Hilaria mutica*, *Leptochloa dubia*, *Melinis repens*, *Muhlenbergia emersleyi*, *M. macroura*, *M. rigida*, *Pappophorum bicolor* y *Pennisetum ciliare* (16 especies nativas y seis exóticas).

Sitio de estudio y fechas: Pastizales del Desierto Chihuahuense, 2019.

Métodos: Pruebas de germinación a 28 °C, humedad constante y en oscuridad. Las variables cuantificadas fueron número de semillas germinadas, tiempo de germinación y longitud de raíz y tallo. Con base en esto se determinó: rango, tiempo, velocidad, índice de germinación y proporción raíz:tallo.

Resultados: El rango de germinación fue ≤ 4 días en 18 especies. Los valores más altos ($P < 0.05$) fueron 7.8 semillas por día y 3.3 de índice de germinación. Once de las especies presentaron valores ≤ 1 en R:T a la semana de crecimiento.

Conclusiones: Las especies *E. curvula*, *B. curtipendula*, *L. dubia* y *D. californica* presentan valores que las ubican con potencial para su rápido establecimiento en zonas áridas. Sin embargo, las exóticas invasoras *E. lehmanniana* y *Melinis repens* posiblemente tienen otras estrategias que facilitan su establecimiento.

Palabras clave: proporción raíz:tallo, restauración, velocidad de germinación.

Abstract

Background: Germination characteristics of grasses are the bases for explain possible adaptation to environmental changes, as well as invasive behavior.

Hypotheses: Each species has germination characteristics that can explain its establishment success in grassland.

Studied species: *Bouteloua curtipendula*, *B. dactyloides*, *B. eriopoda*, *B. gracilis*, *B. hirsuta*, *B. repens*, *B. rigidiseta*, *Chloris virgata*, *Digitaria californica*, *Eragrostis curvula*, *E. echinochloidea*, *E. lehmanniana*, *E. superba*, *Heteropogon contortus*, *Hilaria mutica*, *Leptochloa dubia*, *Melinis repens*, *Muhlenbergia emersleyi*, *M. macroura*, *M. rigida*, *Pappophorum bicolor*, and *Pennisetum ciliare* (16 native species and six exotic species).

Study area and dates: Chihuahuan desert grasslands, 2019.

Methods: Germination test at 28 °C at constant moisture and in the dark. Response variables were number of seed germinated, time of germination and length of root and shoot. Based on those, range, time, velocity, index of germination and root:shoot ratio were calculated.

Results: Germination range was ≤ 4 days on 18 species. The highest values ($P < 0.05$) were 7.8 germinated seed per day and 3.3 of germination index. Eleven species had a value ≤ 1 of R:S at one week age.

Conclusions: *E. curvula*, *B. curtipendula*, *L. dubia*, and *D. californica* showed one or more adaptations that place them with potential for a rapid establishment in arid zones. However, the invasive aliens *E. lehmanniana* and *Melinis repens* possibly have other strategies that facilitate their establishment.

Key words: germination velocity, restoration, root: shoot ratio.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

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



A pesar de la importancia de los pastizales, éstos enfrentan una problemática en su estructura y funcionalidad ecológica (Evans *et al.* 2011). En el estado de Chihuahua, estos problemas incluyen cambios de uso de suelo (Pool *et al.* 2014), fragmentación (Curtin *et al.* 2002, Manjarrez-Domínguez *et al.* 2015), invasión de plantas exóticas (Ortega-Santos *et al.* 2013), sobrepastoreo (Melgoza-Castillo *et al.* 2014), entre otros. Aunado a estos problemas, todos los ecosistemas están sujetos a los efectos del cambio climático (Zanin & Mangabeira-Alberna 2016, Yao *et al.* 2019). Los cambios rápidos en temperatura y la reducción de precipitación darán como resultado importantes recambios en la estructura vegetal e indudablemente cambios en la funcionalidad de los ecosistemas (Evans *et al.* 2011). Así, los servicios del ecosistema se verán afectados tanto en cantidad como en calidad, con repercusiones en la calidad de vida del ser humano (Havstad *et al.* 2007, Ceballos *et al.* 2010).

En la restauración de la funcionalidad de los ecosistemas, solo en el oeste de los Estados Unidos de América se requieren anualmente cientos de toneladas de semilla de plantas nativas que representan un gasto de millones de dólares (Knutson *et al.* 2009, Kildisheva *et al.* 2016). La riqueza florística de México representa un potencial para evaluar, así como nuevos mercados por explorar. En el caso específico de gramíneas, a nivel nacional se han reportado 1,416 taxones (Sánchez-Ken 2019) y en el estado de Chihuahua 421 (Herrera & Peterson 2018). Un primer paso es tener el conocimiento sobre la biología de la semilla de plantas potenciales para la restauración e información básica para incrementar sus probabilidades de éxito (Panchal *et al.* 2011, Aires *et al.* 2013, Mummey *et al.* 2016, Kildisheva *et al.* 2018). Además, esta información puede apoyar al entendimiento de comportamientos invasivos de algunas especies de plantas (Wilsey & Polley 2006, Xu *et al.* 2019).

La germinación de semillas y el establecimiento de plántulas son etapas críticas en las plantas, especialmente en ambientes áridos (Bewley *et al.* 2013, Baskin & Baskin 2014). Entre otros factores, el porcentaje de germinación de las semillas depende de: la etapa fenológica de la planta al momento de colecta, las condiciones ambientales locales y tiempo de cosecha, así como las condiciones de almacenamiento (Panchal *et al.* 2011; Bewley *et al.* 2013). Por otra parte, características como la velocidad y la uniformidad de la germinación y un rápido desarrollo de las plántulas están relacionadas con características adaptativas de las poblaciones (Bewley *et al.* 2013; Baskin & Baskin 2014, Mummey *et al.* 2016, Duchini *et al.* 2018).

En plantas silvestres de Australia, Jurado & Westoby (1992) clasificaron en tres categorías la germinación de 150 especies. Dentro de estas, la germinación rápida ocurre cuando el 50 % de la semilla germina en los primeros tres días, media cuando este porcentaje se presentaba entre el día cuatro y seis, y lenta del día siete al nueve. De este trabajo se concluye que las especies con rápida germinación aprovechan los periodos cortos de humedad; sin embargo, las de lenta germinación mantienen bancos de semilla en el suelo debido a la incertidumbre de la humedad suficiente para lograr el establecimiento. Liu *et al.* (2014), en 70 especies de herbáceas del desierto de Gurbantunggut en China, encontraron que el primer día de germinación varió de 1 a 27 días; si bien alrededor de la mitad germinó en los primeros días. Otras evaluaciones de plantas de zonas áridas de México (Contreras-Quiroz 2012) y Australia (Commander *et al.* 2009) han reportado la germinación en los primeros días.

Un aspecto importante en el establecimiento de plántulas de gramíneas, especialmente en zonas áridas, es la rapidez con la que la radícula se desarrolla para utilizar la humedad disponible (Prado-Tarango *et al.* 2019). En estas zonas, aun durante la época de lluvias, se han reportado entre 19 y 25 días sin humedad y lluvias ligeras de 8 a 10 mm (Esqueda-Coronado *et al.* 2005, Prado-Tarango *et al.* 2019). Mummey *et al.* (2016) probaron varias poblaciones de la gramínea *Poa secunda* para reestablecerla en áreas invadidas con *Bromus tectorum*, con base en los resultados, la población identificada como High Plains fue seleccionada para programas de restauración debido a su rápida germinación de semillas y crecimiento de raíz. Schantz & Espeland (2016) encontraron que la gramínea invasora *Bromus inermis* germinó dos días antes y cinco veces más que la nativa *Pascopyrum smithii*. Bajo este esquema, una restauración de la gramínea nativa no tendría éxito, por lo que se deben de seleccionar otras especies que puedan desarrollarse más rápidamente u otras prácticas para reducir la presencia de la especie invasora.

El conocimiento de la biología de la germinación de gramíneas del Desierto Chihuahuense puede ser utilizada tanto para programas de propagación como en el control de gramíneas exóticas invasoras. La hipótesis de esta investigación es que cada especie tiene características de germinación que determinan el éxito de su establecimiento

en pastizales naturales. El objetivo de este trabajo es evaluar algunas características de germinación de semillas y de desarrollo de plántulas en 22 especies de gramíneas presentes en el Desierto Chihuahuense bajo condiciones de humedad controlada.

Materiales y Métodos

Especies estudiadas. Las especies evaluadas se muestran en la [Tabla 1](#), con información sobre el origen (nativo o introducido) y el ciclo de vida (anual o perenne). Se recolectaron de 10 a 50 gramos de semillas de por lo menos 20 plantas de cada especie durante la etapa de madurez de las gramíneas, etapa en la que se considera que la semilla se encuentra en madurez fisiológica y lista para reproducirse. La fecha de colecta se inició durante el mes de octubre del año 2016 en diferentes predios ganaderos del estado de Chihuahua y concluyó durante el mes de noviembre del 2017; por lo que al momento de ser realizados los experimentos las semillas tenían de 2 a 3 años. Durante este tiempo, las semillas se almacenaron en bolsas de papel bajo condiciones de laboratorio a una temperatura de 24 °C. Antes de las evaluaciones, las semillas se limpiaron para obtener sólo la cariósida.

Tabla 1. Especies utilizadas en las pruebas de germinación y algunas de sus características

Especie	Origen*	Ciclo#
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	N	P
<i>Bouteloua dactyloides</i> (Nutt.) Columbus	N	P
<i>Bouteloua eriopoda</i> (Torr.) Torr.	N	P
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	N	P
<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	N	P
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	N	P
<i>Bouteloua rigidiseta</i> (Steud.) Hitchc.	N	P
<i>Digitaria californica</i> (Benth.) Henrard	N	P
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.	N	P
<i>Hilaria mutica</i> (Buckley) Benth.	N	P
<i>Leptochloa dubia</i> (Kunth) Nees	N	P
<i>Muhlenbergia emersleyi</i> Vasey	N	P
<i>Muhlenbergia macroura</i> (Humb., Bonpl. & Kunth) Hitchc.	N	P
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth	N	P
<i>Pappophorum bicolor</i> E. Fourn.	N	P
<i>Chloris virgata</i> Sw.	N	A
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees	I	P
<i>Eragrostis echinochloidea</i> Stapf	I	P
<i>Eragrostis lehmanniana</i> Nees	I	P
<i>Eragrostis superba</i> Peyr.	I	P
<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link	I	P
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	I	A/P

*Origen: N = Nativo, I = Introducido. #Ciclo: A = Anual, P = Perenne.

Trabajo de laboratorio. Para cada especie se utilizaron cuatro cajas Petri con 25 semillas en un sustrato de algodón y papel filtro. Las cajas Petri fueron colocadas en una germinadora marca Precision Scientific modelo 6M a una temperatura constante de 27 ± 2 °C y en oscuridad. Las semillas se mantuvieron a humedad constante con agua destilada. Diariamente se realizaron observaciones para cuantificar semillas germinadas. Se consideró una semilla germinada cuando la radícula presentaba al menos 2 mm de largo. Una vez cuantificada, la semilla germinada después de siete días fue eliminada de la caja Petri para facilitar posteriores conteos. La prueba de germinación se realizó durante un período de 28 d.

Variables evaluadas. El porcentaje de germinación estándar se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Germinación estándar} = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número total de semillas}} \times 100$$

Los rangos de germinación (RG) se clasificaron en rápida, media y lenta con relación al tiempo que la semilla es expuesta a la humedad (Jurado & Westoby 1992). La germinación rápida (R) ocurre cuando al menos el 50 % de las semillas germinan durante los primeros tres días con humedad. Media (M) cuando el 50 % germina entre el cuarto y séptimo día y lenta (L) cuando el 50 % de la germinación se presenta después del día siete.

La velocidad de germinación (VG) se obtuvo con base en la fórmula de Maguire (1962):

$$VG = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

Donde:

G_i : Representa el número semillas germinadas en el día i -ésimo.

N_i : Representa el número de días desde el inicio del ensayo de germinación.

El índice de germinación (IG) se calculó utilizando la fórmula propuesta por Scott *et al.* (1984).

$$IG = \frac{\sum_{t=1}^n T_i N_i}{S}$$

Donde:

T_i : Representa el número de días desde el inicio del ensayo de germinación.

N_i : Representa el número semillas germinadas en el día i -ésimo.

S : Representa el número total de semillas utilizadas

El tiempo de germinación se cuantificó con base en las observaciones diarias. El tiempo total promedio que la semilla de cada especie tarda para germinar (TG) se calculó a partir del primer día de germinación (PDG) y el último día que se observó semillas germinadas (UDG). En al menos tres plántulas con una semana de crecimiento se midió con una regla milimétrica el largo de raíz y plúmula (tallo) para obtener la proporción Raíz:Tallo (R:T).

Análisis estadístico. En el desarrollo del trabajo se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por especie. Los datos se sometieron a un análisis de varianza. Para el análisis de VG, IG, PDG, UDG, TG y proporción R:T se utilizó el modelo lineal general (GLM) y para la separación de medias con la prueba de Tukey del paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS 2006).

Resultados

Germinación estándar. El porcentaje de germinación presentó una amplia variación entre las especies, sin un patrón claro entre las nativas y las exóticas. Las [figuras 1 y 2](#) muestran la germinación acumulada para las especies nativas y exóticas, respectivamente. El porcentaje de germinación varió de 3.75 % en *Eragrostis lehmanniana* hasta 76.3 % en *Bouteloua curtipendula*. No se presentaron valores de germinación de 100 % para ninguna de las especies evaluadas. Para ambos tipos de gramíneas utilizadas, exóticas y nativas, alrededor de la mitad de las especies presentaron valores superiores al 50 %.

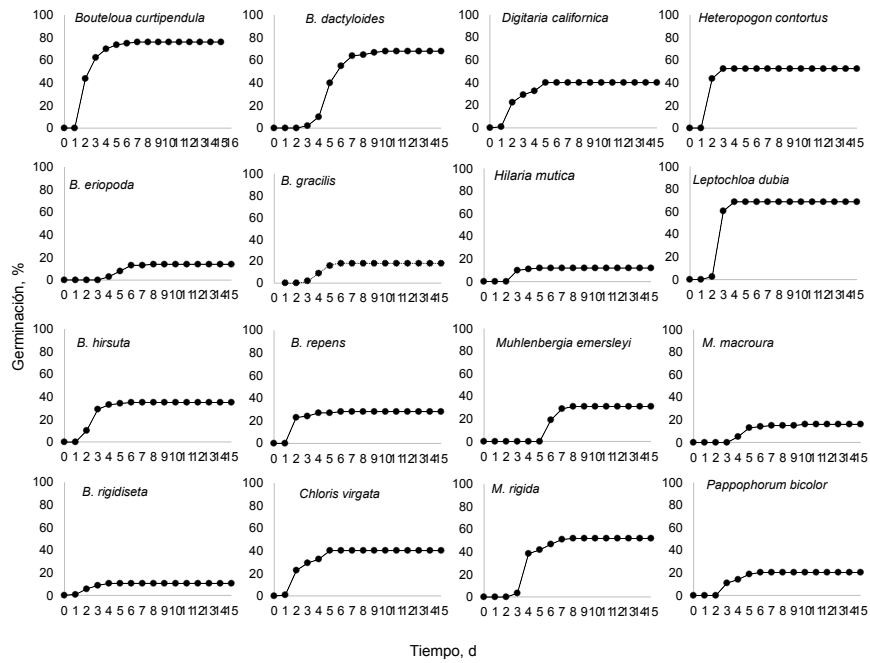


Figura 1. Porcentaje de germinación de especies nativas del Desierto Chihuahuense

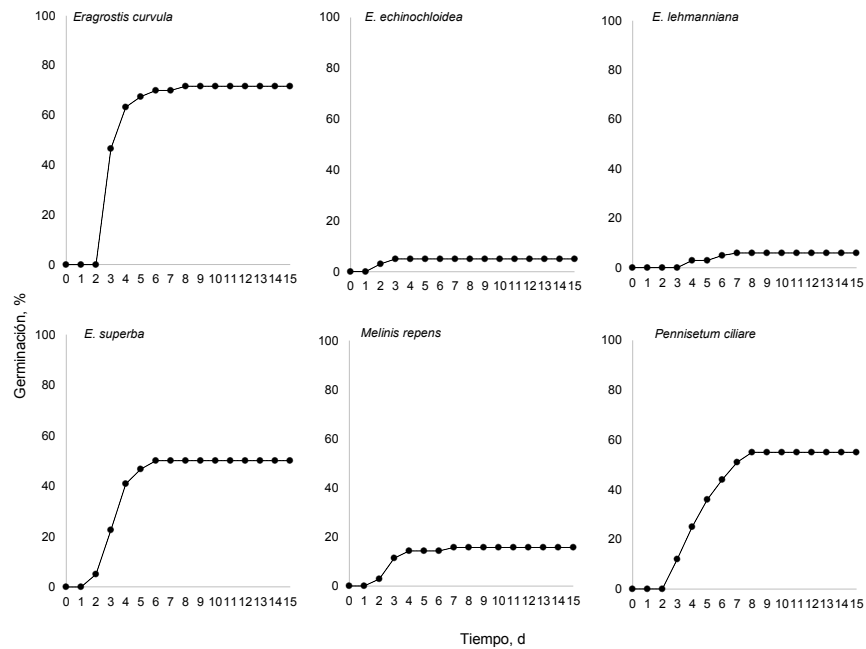


Figura 2. Porcentaje de germinación de especies exóticas del Desierto Chihuahuense.

Rango de Germinación (RG). Con base en el método de Jurado & Westoby (1992), en este estudio la mitad de las especies exóticas y nativas presenta germinación rápida. La otra mitad presentó germinación media y ninguna germinación lenta (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de comparación de medias (\pm EE) de diferentes parámetros de germinación y crecimiento en gramíneas presentes en el Desierto Chihuahuense.

Especies	RG	VG, semillas día ⁻¹	IG	PDG, días	UDG, días	TG, días	R:T						
<i>Bouteloua curtipendula</i>	R	7.8 \pm 0.8	a	2.1 \pm 0.2	bc	2.0 \pm 0.0	d	5.0 \pm 1.0	bcde	4.0 \pm 0.7	abcde	0.6 \pm 0.1	def
<i>B. dactyloides</i>	M	3.2 \pm 0.3	ef	3.3 \pm 0.3	a	4.0 \pm 0.5	abcd	9.0 \pm 1.0	a	6.0 \pm 0.7	a	0.9 \pm 2.0	cdef
<i>B. eriopoda</i>	M	0.7 \pm 0.1	h	0.8 \pm 0.2	efgh	5.0 \pm 0.3	abc	6.0 \pm 1.0	abcd	3.0 \pm 0.9	cde	1.8 \pm 0.2	bed
<i>B. gracilis</i>	M	1.0 \pm 0.1	h	0.8 \pm 0.2	efgh	4.0 \pm 0.4	bed	5.0 \pm 1.0	abcd	3.0 \pm 0.5	cde	1.4 \pm 0.2	bedef
<i>B. hirsuta</i>	R	1.4 \pm 0.6	figh	0.7 \pm 0.3	efgh	3.0 \pm 0.9	bed	4.0 \pm 1.0	de	2.0 \pm 0.4	de	0.6 \pm 0.2	def
<i>B. repens</i>	R	3.2 \pm 0.4	ef	0.7 \pm 0.1	efgh	2.0 \pm 0.0	d	5.0 \pm 1.0	bcde	4.0 \pm 0.5	abcde	0.4 \pm 0.0	ef
<i>B. rigidisetata</i>	R	1.2 \pm 0.2	gh	0.3 \pm 0.0	figh	2.0 \pm 0.3	d	4.0 \pm 0.0	cde	3.0 \pm 0.4	bcde	0.4 \pm 0.1	ef
<i>Digitaria californica</i>	M	1.5 \pm 0.2	figh	0.9 \pm 0.1	efgh	3.0 \pm 0.0	bed	6.0 \pm 1.0	abcd	4.0 \pm 0.5	abcde	2.0 \pm 0.3	bc
<i>Heteropogon contortus</i>	R	6.2 \pm 0.6	ab	1.1 \pm 0.1	efgh	2.0 \pm 0.0	d	3.0 \pm 0.0	de	2.0 \pm 0.0	de	0.8 \pm 0.1	cdef
<i>Hilaria mutica</i>	R	1.0 \pm 0.2	h	0.4 \pm 0.1	figh	3.0 \pm 0.0	bed	4.0 \pm 1.0	cde	2.0 \pm 0.5	de	1.0 \pm 0.2	cdef
<i>Leptochloa dubia</i>	R	5.7 \pm 0.3	bc	2.1 \pm 0.1	bc	2.0 \pm 0.3	cd	4.0 \pm 0.0	cde	3.0 \pm 0.3	cde	1.2 \pm 0.1	cdef
<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	M	1.2 \pm 0.3	gh	1.5 \pm 0.2	cde	6.0 \pm 0.0	a	8.0 \pm 0.0	ab	3.0 \pm 0.3	cde	1.8 \pm 0.4	bcde
<i>M. macroura</i>	M	0.8 \pm 0.2	h	0.8 \pm 0.2	efgh	5.0 \pm 0.8	ab	6.0 \pm 1.0	abcd	3.0 \pm 0.6	cde	0.3 \pm 0.0	f
<i>M. rigida</i>	M	3.0 \pm 0.3	efg	2.1 \pm 0.2	bc	3.0 \pm 0.3	bed	7.0 \pm 0.0	abc	5.0 \pm 0.3	abc	4.0 \pm 0.6	a
<i>Pappophorum bicolor</i>	M	1.4 \pm 0.4	figh	0.8 \pm 0.2	efgh	4.0 \pm 0.5	bed	5.0 \pm 1.0	bcde	2.0 \pm 0.4	de	0.7 \pm 0.1	def
<i>Chloris virgata</i>	R	4.1 \pm 0.8	cde	1.2 \pm 0.3	def	2.0 \pm 0.3	d	5.0 \pm 0.0	bcde	4.0 \pm 0.3	abcd	0.6 \pm 0.1	def
<i>Eragrostis curvula</i>	R	5.3 \pm 0.2	bed	2.6 \pm 0.1	ab	3.0 \pm 0.0	bed	7.0 \pm 1.0	abc	5.0 \pm 0.6	abc	1.1 \pm 0.1	cdef
<i>E. echinochloidea</i>	R	0.5 \pm 0.2	h	0.1 \pm 0.1	h	2.0 \pm 0.5	d	2.0 \pm 0.0	e	2.0 \pm 0.3	e	0.4 \pm 0.2	ef
<i>E. lehmanniana</i>	M	0.3 \pm 0.2	h	0.2 \pm 0.2	gh	4.0 \pm 1.4	abcd	5.0 \pm 1.0	bcde	2.0 \pm 0.5	de	0.8 \pm 0.3	cdef
<i>E. superba</i>	M	3.7 \pm 0.2	de	1.9 \pm 0.1	bed	2.0 \pm 0.3	cd	6.0 \pm 0.0	abcd	4.0 \pm 0.5	abcd	1.2 \pm 0.1	cdef
<i>Pennisetum ciliare</i>	M	3.1 \pm 0	efg	2.4 \pm 0.3	bc	3.0 \pm 0.0	bed	8.0 \pm 0.0	ab	6.0 \pm 0.3	ab	1.0 \pm 0.1	cdef
<i>Melinis repens</i>	R	1.3 \pm 0.4	figh	0.5 \pm 0.1	figh	3.0 \pm 0.3	bed	5.0 \pm 1.0	bcde	4.0 \pm 1.0	abcde	2.7 \pm 0.6	ab

RG= Rango de Germinación; Rápida (R), Mediana (M) y Lenta (L) (Jurado & Westoby, 1992); VG = Velocidad de Germinación; PDG = Primer Día de Germinación; UDG = Último Día de Germinación; TG = Tiempo de Germinación; R:T = Proporción Raíz:Tallo. ^{abc} Literales diferentes denotan diferencia estadística dentro de columnas ($P < 0.05$).

Velocidad de Germinación (VG). Los mayores valores de VG ($P < 0.05$) se presentaron en las especies nativas *Bouteloua curtipendula* con 7.72, *Heteropogon contortus* con 6.6 y *Leptochloa dubia* con 5.66, así como la exótica *Eragrostis curvula* con 5.3 semillas germinados por día. Las especies nativas con menores VG ($P < 0.05$) fueron *Bouteloua eriopoda* con 0.68, *Muhlenbergia macroura* con 0.81 e *Hilaria mutica* con 0.95 semillas germinadas día⁻¹; las exóticas fueron *Eragrostis echinochloidea* con 0.54 y *E. lehmanniana* con 0.31 semillas germinados por día.

Índice de Germinación (IG). Los mayores IG en especies nativas se obtuvieron en *B. curtipendula*, *B. dactyloides*, *L. dubia* y *M. rigida*, con 2.09, 3.28, 2.12 y 2.13, respectivamente (Tabla 2). Las especies exóticas con mayores IG fueron *E. curvula* y *Pennisetum ciliare*, con 2.86 y 2.37, respectivamente. Las especies nativas con bajos IG fueron *B. rigidisetia* e *Hilaria mutica* con 0.28 y 0.39, respectivamente. Las especies exóticas con bajos IG fueron *E. curvula*, *E. lehmanniana* y *Melinis repens* con 0.12, 0.24 y 0.48, respectivamente.

Tiempo de Germinación (TG). Esta variable indica la extensión en días desde que se observó la primera germinación (PDG) y último día que una semilla germinó (UDG), dentro del período de la prueba (Tabla 2). El rango de días en que germinaron las semillas varió de 2 a 6 días. Ocho de las especies iniciaron la germinación al segundo día y sólo una hasta el día 6; el resto germinó entre el rango de 2 a 6 días. El último día de germinación fue entre los 5 y 9 días.

Proporción Raíz:Tallo (R:T). Las proporciones de R:T variaron de 0.33 en *Muhlenbergia macroura* a 4.01 en *M. rigida* (Tabla 2). Seis especies nativas y tres exóticas presentaron proporción R:T mayor de 1, lo que representa una mayor inversión en la longitud de raíces con relación a la parte aérea.

Discusión

Con base en las variables evaluadas de germinación estándar, velocidad, tiempo y rango de germinación, no se observó algún patrón diferente de germinación entre especies nativas y exóticas. La variación en germinación es debida a múltiples factores, desde condiciones donde se produjo la semilla hasta el manejo de ésta una vez cosechada (Boeken *et al.* 2004, Panchal *et al.* 2011). La germinación reportada para algunas de las especies aquí evaluadas es similar a otros trabajos. Altos valores para las nativas *Bouteloua curtipendula* y *Leptochloa dubia*, 50 a 90 % (Tinsley *et al.* 2006, Ferrari & Parera 2015, Gallagher & Wagenius 2016) y bajos valores, de 3 a 30 %, en las especies exóticas *Eragrostis lehmanniana* y *Melinis repens* (Carrillo-Saucedo *et al.* 2009, Stokes *et al.* 2011). La cuantificación de la germinación es una variable de suma importancia en programas de restauración, ya que refleja la calidad de la semilla en un tiempo dado y, por lo tanto, cuanta semilla utilizar al momento de la resiembra (Shaban 2013, Rantala-Sykes & Campbell 2019).

El IG es una tasa y no un valor específico en porcentaje. Los valores bajos de IG se interpretan como períodos cortos de germinación y valores altos como períodos más largos (Scott *et al.* 1984). Los bajos valores le dan a la plántula la oportunidad de aprovechar períodos cortos de humedad, aunque la adaptación de las plantas en zonas áridas no depende de sólo una característica, sino de la combinación de varias estrategias.

Por otro lado, el tiempo y uniformidad de la germinación son características que dependen de la biología de las especies, no de las condiciones ambientales en un tiempo dado (Ranal & Garcia de Santana 2006, Bewley *et al.* 2013). Estas características son relevantes para entender el comportamiento de la germinación ante períodos cortos de humedad; algo común en zonas áridas. Así los valores altos de VG, proporción R:T y bajos en TG, especialmente, PDG se presentan en especies con ventajas competitivas en períodos cortos de humedad. Por otro lado, las especies que no presentan estas características pueden presentar otras estrategias como el mantener bancos de semilla en el suelo (Christoffoleti & Caetano 1998, Mayfield *et al.* 2014). La VG presentada por *Bouteloua curtipendula* (7.72 semillas germinadas día⁻¹) podría ser aprovechada en eventos de humedad cortos y competir por nutrientes y espacio en el suelo. Para *Eragrostis lehmanniana* los valores de 0.31 le permitirían mantener bancos de semilla en el suelo, esto podría contribuir a su comportamiento invasivo ante eventos de precipitación incierta. Los resultados de proporción R:T concuerdan con lo reportado en otros estudios para especies como *Eragrostis lehmanniana* con 0.80, *E. curvula* con 1.05, *Pennisetum ciliare* con 1.72 a 2.00, *Bouteloua dactyloides* con 0.98, *B. curtipendula* con 0.86 y *B. gracilis* con 0.83 (Detling *et al.* 1979, Farooq *et al.* 2003, Wilsey & Polley 2006, Khan *et al.* 2009, Álvarez-Holguín

et al. 2018). Las plantas con mayores proporciones R:T indican que pueden explorar más áreas en busca de humedad en suelo (Prado-Tarango *et al.* 2019).

La especie exótica *Eragrostis curvula* y las especies nativas *Bouteloua curtipendula*, *Leptochloa dubia* y *Digitaria californica* presentan una o más variables que las ubican con potencial para su rápido establecimiento. Estas especies tienen un buen valor forrajero y los patrones de germinación les dan ventajas competitivas para su uso en programas de resiembra de pastizales (Gutiérrez-Gutiérrez *et al.* 2019). Entre las variables que les dan este potencial está el alto número de semillas que germinaron por día y la rápida velocidad con que lo hicieron. Por otro lado, las exóticas consideradas invasoras en el Desierto Chihuahuense, *Eragrostis echinochloidea*, *E. lehmanniana* y *Melinis repens*, presentan en general valores en las variables evaluadas que no favorecen su rápido establecimiento. En especies invasoras se ha determinado que la cantidad de semilla (Carrillo-Saucedo *et al.* 2009), la eficiencia fotosintética (Heberling & Fridley 2013), el tamaño pequeño de la semilla, la poca profundidad de ésta en el suelo (Sonkoly *et al.* 2020), procesos evolutivos de la germinación (Xu *et al.* 2019), entre otros, contribuyen al comportamiento invasivo.

Este trabajo representa una línea base para el conocimiento de algunas especies silvestres, en algunas de ellas se evalúa su germinación por primera vez, y estos datos servirán para su posible uso en programas de restauración. Un siguiente paso es la evaluación de estas especies a rangos de temperatura y humedad. Además, es importante continuar con este tipo de estudios e incluir otras variables y sus interacciones para entender el éxito en el establecimiento o control de este grupo de plantas. Por otro lado, aún existe un gran número de especies nativas por evaluar y así contar con más opciones en programas de restauración.

Agradecimientos

A diversos productores que nos facilitaron la entrada a sus propiedades y que nos regalaron muestras de semillas de diferentes especies. Al CONACYT por la beca número 412746 otorgada para la realización del programa de doctorado del primer autor de este trabajo. Nuestro sincero agradecimiento a revisores y al trabajo editorial para mejorar este artículo.

Literatura Citada

- Aires SS, Sato MN, Miranda HS. 2013. Seed characterization and direct sowing of native grass species as a management tool. *Grass Forage Science* **69**: 470-478. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12077>
- Álvarez-Holguín A, Morales-Nieto CR, Avendaño-Arrazate CH, Santellano-Estrada E, Melgoza-Castillo A, Burrola-Barraza ME, Corrales-Lerma R. 2018. Dosis letal media y reducción media del crecimiento por radiación gamma en pasto africano (*Eragrostis lehmanniana* Ness). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* **5**: 81-88. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1268>
- Baskin CC, Baskin JM. 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, California, USA: Academic Press. ISBN 978-0-12-080260-9
- Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst HWM, Nonogaki H. 2013. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*. New York, USA: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258513000287>
- Boeken B, Ariza C, Gutterman Y, Zaady E. 2004. Environmental factors affecting dispersal, germination and distribution of *Stipa capensis* in the Negev Desert, Israel. *Ecological Research* **19**: 533-540. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2004.00666.x>
- Carrillo-Saucedo SM, Arredondo-Moreno MT, Huber-Sannwalda E, Flores-Rivas JD. 2009. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Técnica Pecuaria en México* **47**: 299-312.
- Ceballos G, Davidson A, List R, Pacheco J, Manzano-Fischer P, Santos-Barrera G, Cruzado J. 2010. Rapid decline of a grassland system and its ecological and conservation implications. *Plos One* **5**: e8562. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008562>

- Christoffoleti PJ, Caetano RSX. 1998. Soil seed banks. *Scientia Agricola Piracicaba* **55**: 74-78. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000500013>
- Commander LE, Merritt DJ, Rokich DP, Dixon, KW. 2009 Seed biology of Australian arid zone species: Germination of 18 species used for rehabilitation. *Journal of Arid Environments* **73**: 617-625. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.01.007>
- Contreras-Quiroz MR. 2012. *Germinación de semillas de especies nativas de los pastizales del altiplano del norte de México*. MSc Thesis. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Curtin CG, Sayre NF, Lane BD. 2002. Transformations of the Chihuahuan Borderlands: grazing, fragmentation, and biodiversity conservation in desert grasslands. *Environmental Science & Policy* **5**: 55-68. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(02\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(02)00020-5)
- Detling JK, Dyer MI, Winn DT. 1979. Net photosynthesis, root respiration, and regrowth of *Bouteloua gracilis* following simulated grazing. *Oecologia* **41**: 127-134. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00344997>
- Duchini PG, Guzatti GC, Echeverría JR, Américo LF, Sbrissia AF. 2018. Experimental evidence that the perennial grass persistence pathway is linked to plant growth strategy. *Plos One* **13**: e0207360. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207360>
- Evans SE, Byrne KM, Lauenroth WK, Burke IC. 2011. Defining the limit to resistance in a drought-tolerant grassland: long-term severe drought significantly reduces the dominant species and increases ruderals. *Journal of Ecology* **99**: 1500-1507. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01864.x>
- Esqueda-Coronado MH, Melgoza-Castillo A, Sosa-Cerecedo M, Carrillo-Romo R, Jiménez-Castro J. 2005. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo. *Técnica Pecuaria en México* **43**: 101-115.
- Farooq MU, Saleem R, Razzaq A. 2003. Estimation of root and shoot biomass of *Cenchrus ciliaris* (Dhama) under barani conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **6**: 1808-1813. DOI: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.1808.1813>
- Ferrari FN, Parera CA. 2015. Germination of six native perennial grasses that can be used as potential soil cover crops in drip-irrigated vineyards in semiarid environs of Argentina. *Journal of Arid Environment* **113**: 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.09.002>
- Gallagher MK, Wagenius S. 2016. Seed source impacts germination and early establishment of dominant grasses in prairie restorations. *Journal of Applied Ecology* **53**: 251-263. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12564>
- Gutiérrez-Gutiérrez OG, Morales-Nieto CR, Villalobos-González JC, Ruíz-Barrera O, Ortega-Gutiérrez JÁ, Palacio-Núñez J. 2019. Composición botánica y valor nutritivo de la dieta consumida por bovinos en un área invadida por pasto rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka]. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* **10**: 212-26. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4451>
- Havstad KM, Peters DC, Skaggs R, Brown J, Bestelmeyer B, Fredrickson E, Herrick J, Wright J. 2007. Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological Economics* **64**: 261-268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.005>
- Heberling JM, Fridley JD. 2013. Resource-use strategies of native and invasive plants in Eastern North American forests. *New Phytologist* **200**: 523-533. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.12388>
- Herrera Y, Peterson PM. 2018. *Grasses of Chihuahua, Mexico*. Smithsonian Contributions to Botany. Washington, DC, USA. Smithsonian Institution Scholarly Press. ISBN: 107:0081-024X.
- Jurado E, Westoby JM. 1992. Germination biology of selected central Australian plants. *Australian Journal of Ecology* **17**: 341-348. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1992.tb00816.x>
- Khan ZH, Qadir I, Yaqoob S, Khan RA, Khan MA. 2009. Response of range grasses to salinity levels at germination and seedling stage. *Journal of Agricultural Research* **47**: 179-184.
- Kildisheva OA, Erickson TE, Madsen MD, Dixon KW, Merritt DJ. 2018. Seed germination and dormancy trails of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Plant Biology* **21**: 458-469. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.12892>

- Kildisheva OA, Erickson TE, Merritt DJ, Dixon KW. 2016. Setting the scene for dryland restoration: an overview and key findings from a workshop targeting seed enablement technologies. *Restoration Ecology* **24**: S36-S42. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12392>
- Knutson KC, Pyke DA, Wirth TA, Pilliod DS, Brooks ML, Chambers JC. 2009. *A chronosequence feasibility assessment of emergency fire rehabilitation records within the Intermountain Western United States*. Final report to the Joint Fire Science Program, project no. 08-S-08. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, EUA. https://www.firescience.gov/projects/08-S-8/project/08-S-8_Knutson%20et%20al%20Final%20Report.pdf (accessed June 25, 2021).
- Liu H, Zhang D, Yang X, Huang Z, Duan S, Wang X. 2014. Seed dispersal and germination traits of 70 plant species inhabiting the Gurbantunggut Desert in Northwest China. *The Scientific World Journal* **2014**: 346405. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/346405>
- Maguire JD. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* **2**: 176-177. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Manjarrez-Domínguez C, Pinedo-Alvarez A, Pinedo-Alvarez C, Villarreal-Guerrero F, Cortes-Palacios L. 2015. Vegetation landscape analysis due to land use changes on arid lands. *Polish Journal of Ecology* **63**: 167-174. DOI: <https://doi.org/10.3161/15052249PJE2015.63.2.001>
- Mayfield MM, Dwyer JM, Main A, Levine JM. 2014. The germination strategies of widespread annual plants are unrelated to regional climate. *Global Ecology and Biogeography* **23**: 1430-1439. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.12219>
- Melgoza-Castillo A, Royo M, Ortega-Ochoa C. 2014. Sobrepastoreo. In: Barajas N, Cruz-Angón A, Valero-Padilla J, Treviño FJC, eds. *La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp. 227-233. ISBN: 978-607-8328-05-5.
- Mummey DL, Herget ME, Hufford KM, Shreading L. 2016. Germination timing and seedling growth of *Poa secunda* and the invasive grass, *Bromus tectorum*, in response to temperature: evaluating biotypes for seedling traits that improve establishment. *Ecological Restoration* **34**: 200-208. DOI: <https://doi.org/10.3368/er.34.3.200>
- Ortega-Santos JA, Ibarra-Flores FA, Melgoza A, Gonzalez-Valenzuela EA, Martin-Rivera MH, Avila-Curiel JM, Ayala-Alvarez F, Pinedo C, Rivero O. 2013. Exotic Grasses and Wildlife in Northern Mexico. *Wildlife Society Bulletin* **37**: 537-545. DOI: <https://doi.org/10.1002/wsb.325>
- Panchal KR, Pandya NR, Albert S, Gandhi DJ. 2011. Germination responses of several Poaceae members towards differential storage durations. *Notulae Scientia Biologica* **3**: 44-50. DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb346250>
- Pool DA, Panjabi AO, Macias-Duarte A, Solhjem DM. 2014. Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining North American grassland bird species. *Biological Conservation* **170**: 274-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.019>
- Prado-Tarango DE, Mata-González R, Melgoza-Castillo A, Elias SG, Santellano-Estrada E. 2019. Simulated rainfall sequences affect germination and biomass allocation of Chihuahuan desert native plants. *Arid Land Research and Management* **33**: 22-36. DOI: <https://doi.org/10.1080/15324982.2018.1485779>
- Rantala-Sykes B, Campbell D. 2019. Should I pick that? A scoring tool to prioritize and value native wild seed for restoration. *Restoration Ecology* **27**: 9-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12827>
- Ranal M, Garcia de Santana D. 2006. How and why to measure the germination process? *Brasilian Journal of Botany* **29**: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- Sánchez-Ken JG. 2019. Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana* **126**: e1379. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>
- SAS. 2006. *Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide: Statistical Procedures*. North Carolina, USA: SAS Institute Inc. Cary, 528 p. ISBN 978-1-60764-896-3
- Schantz M, Espeland E. 2016. Germination timing and rate of locally collected western wheatgrass and smooth brome grass: the role of collection site and light sensitivity along a riparian corridor. *Native Plants Journal* **17**: 28-37. DOI: <https://doi.org/10.3368/npj.17.1.28>

- Scott SJ, Jones RA, Williams WA. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science* **24**: 1129-1199. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400060043x>
- Shaban M. 2013. Effect of water and temperature on seed germination and emergence as a seed hydrothermal time model. *Internatiol Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* **1**: 1686-1691.
- Sonkoly J, Valkó O, Balogh N, Godó L, Kelemen A, Kiss R, Miglécz T, Tóth E, Tóth K, Tóthmérész B, Török P. 2020. Germination response of invasive plants to soil burial depth and litter accumulation is species-specific. *Journal of Vegetation Science* **31**: 1079-1087. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12891>
- Stokes CA, MacDonald GE, Adams CR, Langeland KA, Miller DL. 2011. Seed biology and ecology of natalgrass (*Melinis repens*). *Weed Science* **59**: 527-532. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00028.1>
- Tinsley MJ, Simmons MT, Windhager S. 2006. The establishment success of native versus non-native herbaceous seed mixes on a revegetated roadside in Central Texas. *Ecological Engineering* **26**: 231-240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.10.004>
- Wilsey BJ, Polley HW. 2006. Aboveground productivity and root–shoot allocation differ between native and introduced grass species. *Oecologia* **150**: 300-309. DOI <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0515-z>
- Xu X, Wolfe L, Diez J, Zheng Y, Guo H, Hu S. 2019. Differential germination strategies of native and introduced populations of the invasive species *Plantago virginica*. *NeoBiota* **43**: 101-118. DOI: <https://doi.org/10.3897/neo-biota.43.30392>
- Yao J, Hu W, Chen Y, Huo W, Zhao Y, Mao W, Yang Q. 2019. Hydro-climatic changes and their impacts on vegetation in Xinjiang, Central Asia. *Science of the Total Environment* **660**: 724-732. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.084>
- Zanin M, Mangabeira-Albernaz AL. 2016. Impacts of climate change on native landcover: seeking future climatic refuges. *Plos One* **11**: e0162500. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162500>

Editor de sección: Joel Flores

Contribución de los autores: OGGG, desarrollo de las pruebas de germinación, análisis de datos, escritura y revisión del manuscrito; ORH, colecta de material, limpieza de material y desarrollo de pruebas de germinación; JHVM, corroboración de las especies trabajadas y preparación del manuscrito; AMC, planeación del trabajo, análisis de datos y escritura del manuscrito.