

EMERGENCIA Y SOBREVIVENCIA DEL ZACATE ROSADO EN DIFERENTES SUELOS Y PATRONES DE HUMEDAD-SEQUÍA

Emergence and Survival of Natal Grass in Different Types of Soil and Patterns of Humidity-Drought

Martha Balandrán Valladares¹, Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios^{2‡},
Alicia Melgoza Castillo¹ y Ricardo Mata González³

RESUMEN

Las plantas invasoras afectan la función y composición de los ecosistemas nativos. La gramínea zacate rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] es una especie invasora introducida que ha ido incrementando su presencia en el estado de Chihuahua, México. Para determinar su posible propagación se evaluó en invernadero, la emergencia y sobrevivencia de *M. repens* en suelos provenientes de cuatro áreas con diferente tipo de vegetación y patrones de humedad-sequía (bajo, pobre, medio y alto) más comunes durante el verano en Chihuahua. Los tipos de vegetación fueron matorral, pastizal mediano, pastizal halófito con suelo aluvial profundo y bosque con suelo coluvial. Los datos fueron analizados como categóricos y se realizó la comparación de medias mediante una prueba de proporciones en distribuciones normales. La semilla germinó en los suelos provenientes de las cuatro áreas con diferentes tipos de vegetación y patrones de humedad-sequía. La mayor emergencia, 92%, se presentó en el suelo aluvial profundo de pastizal mediano con una secuencia de humedad-sequía de 120 mm que representa una precipitación de 12 días al año ($P < 0.0008$). Las plantas sobrevivieron de 12 a 24 días sin riego, pero no a los 36 días. El pasto *M. repens* es capaz de germinar en cualquier suelo proveniente de las cuatro áreas con diferentes tipos de vegetación estudiados y la poca o abundante humedad no representa un impedimento para su emergencia.

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Km 1 Periférico R. Almada. 31415 Chihuahua, Chihuahua, México.

² Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Escorza no. 900, Zona Centro. 31000 Chihuahua, Chihuahua, México.

[‡] Autor responsable (dojeda@uach.mx)

³ Department of Animal and Rangeland Sciences. 120 Withycombe Hall. Corvallis, OR 97331. United States.

Recibido: agosto de 2014. Aceptado: abril de 2015.
Publicado en Terra Latinoamericana 33: 169-178.

Palabras clave: *Melinis repens*; plantas invasoras; germinación.

SUMMARY

Invasive plants affect the function and composition of native ecosystems. Natal grass [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] is an introduced invasive plant species that has had increasing presence in the State of Chihuahua, Mexico. In order to determine possible propagation, emergence and survival of *M. repens* were assessed in a greenhouse using soils from four areas with different vegetation types and humidity-drought patterns (low, poor, medium and high) during the summer in Chihuahua. Vegetation types were scrubland, medium grassland, halophytic grassland with deep alluvial soil and forest with colluvial soil. Data were analyzed as categorical data and a proportions test in normal distributions was performed for the comparison of means. Seeds germinated in all soils from four areas with different vegetation types and humidity-drought patterns. However, most emergence, 92%, occurred in deep alluvial soil from medium grassland with a humidity-drought sequence of 120 mm, representing annual precipitation of 12 days ($P < 0.0008$). Plants survived 12 to 24 days without watering but not 36 days. *M. repens* grass is able to germinate in any of the soils from the four areas with different vegetation types and its emergence is not prevented by low or abundant humidity.

Index words: *Melinis repens*; invasive plants; germination.

INTRODUCCIÓN

Las plantas invasoras son una amenaza para los ecosistemas nativos, debido a que provocan la pérdida de la riqueza del suelo, hidrología, cambios en los ciclos de nutrientes, aumento en la duración e intensidad de los ciclos de fuego y ocasionalmente la pérdida de la biodiversidad nativa (Vanderhoeven *et al.*, 2005;

Ng'weno *et al.*, 2009; Murray y Philips, 2010). Se considera que las especies invasoras son un factor importante en el cambio de los ecosistemas y la segunda amenaza más grave después de la fragmentación de los hábitats (Dukes y Mooney, 1999; Rai *et al.*, 2012). El conocimiento de cómo crecen y se desarrollan en los diferentes tipos de vegetación es información básica para su control y/o manejo (Williams y Baruch, 2000; Arriaga *et al.*, 2004).

El pasto [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] es una gramínea invasora en los pastizales de Chihuahua. Es originario del sur de África, fue introducido por primera vez en Estados Unidos en 1866 para uso ornamental (Stokes *et al.*, 2011). Sin embargo, a partir de 1903 se consideró una especie invasora (Stevens y Fehmi, 2009). Este pasto logra invadir exitosamente diversas áreas y se ha adaptado a las zonas áridas y semiáridas del norte de México, su principal forma de dispersión es por medio de su semilla la cual es fácilmente transportada por el viento (Possley y Maschinski, 2006; Carrillo *et al.*, 2009). Actualmente está presente en todos los estados de la República Mexicana. La Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2012), considera este pasto como una especie invasora; sin embargo, no se tiene la suficiente información de manejo y control de esta planta.

Las semillas de *M. repens* son capaces de germinar lentamente bajo condiciones de precipitación irregular. Esta estrategia la utiliza para evitar la germinación total del banco de semillas en suelo al inicio de la temporada de lluvia (Stokes *et al.*, 2011). Germinan con el paso de los días si las condiciones siguen siendo favorables, de no ser así las semillas restantes no germinarán. Esta respuesta a la ausencia o presencia de agua le proporciona competitividad sobre los pastos nativos que comúnmente germinan rápidamente al inicio de la temporada de lluvia. De la presencia y adaptación a los cambios en el ambiente del banco de semillas dependerá la presencia de su especie (Cox y Allen, 2008). En contraste el pasto nativo *Bouteloua gracilis* que es dominante de las regiones de pastizales del estado de Chihuahua es una planta que presenta dificultades en su establecimiento por medio de su semilla, debido a que necesita periodos continuos de humedad de entre 8 a 10 semanas para su germinación, establecimiento y crecimiento inicial, las cuales son poco frecuentes en zonas áridas y semiáridas de México (García-Sánchez y Monroy-Ata, 2005; Moreno-Gómez *et al.*, 2012).

La ocurrencia de sequías severas es un hecho frecuente en las regiones del estado de Chihuahua, debido a que se encuentra localizado dentro de una zona semiárida (Díaz *et al.*, 2002), la precipitación es muy variable. En el periodo comprendido entre 1993 a 2004 la precipitación fue inferior al promedio histórico. La sequía que se registró a nivel estatal fue considerada como grave (Núñez *et al.*, 2007). Entre los principales factores que afectan directamente la germinación está la disponibilidad de agua para la semilla. Esto representa una limitante en las zonas áridas y semiáridas debido a que se presentan altas temperaturas durante la época de lluvia, lo que causa altas tasas de evaporación y suelo seco (Endfield y Fernández-Tejedo, 2006). Para que una planta pueda sobrevivir después de iniciada la germinación deberá de resistir largos periodos de sequía en estas zonas (Esqueda *et al.*, 2005).

Cada especie tiene requerimientos específicos para germinar, entre estos: agua y suelo (Cox y Martin, 1984; Evans y Etherington, 1991; McLaren *et al.*, 2004; Zeng *et al.*, 2005). Para que un pasto logre adaptarse a un hábitat no solo necesita disponibilidad de agua, sino también influye el tipo de suelo presente en el ecosistema (Callaway *et al.*, 2004; Warren II *et al.*, 2012), el cual puede presentar diversas características como: los niveles de nutrientes, difusión del agua, concentración de metales y la presencia de diferentes comunidades bióticas, que en conjunto generan un efecto en el crecimiento y establecimiento de una planta (Stanton-Geddes *et al.*, 2012). Estas características son el aspecto clave que tienen los hábitats para diferenciarse entre ellos, cada tipo de suelo presenta distintas condiciones, por lo tanto tienen diversos microorganismos que son capaces de establecer relaciones positivas o negativas con las plantas (Berg y Smalla, 2009; Zuppinger-Dingley *et al.*, 2011). La planta, para su desarrollo y adaptación, depende del entorno, principalmente de las interacciones entre el suelo y el clima (Stanton-Geddes *et al.*, 2012).

La respuesta que cada planta muestra al estrés ambiental determinará su establecimiento, su dinámica vegetal, producción de semillas, crecimiento e interacciones, especialmente cuando los recursos del área son limitados y extremadamente heterogéneos (Thuiller *et al.*, 2006). La humedad del suelo afecta la composición del banco de semillas (Collin *et al.*, 2013). Las fluctuaciones hidrológicas en los hábitats son determinantes en la tasa de germinación, debido a que los excesos o escases de humedad pueden prevenir o

retrasar este proceso (Lundholm y Stark, 2007). El objetivo del presente estudio fue evaluar la emergencia y sobrevivencia de la especie invasora *M. repens* en suelos provenientes de cuatro áreas del estado de Chihuahua con diferentes tipos de vegetación y diversos patrones de humedad-sequía. Dada la amplia presencia del pasto *M. repens* se pretende que esta investigación aporte información relevante sobre la adaptación y posible distribución de esta gramínea en varios suelos provenientes de cuatro áreas con diferentes tipos de vegetación de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua entre mayo y junio de 2013. El trabajo comprendió la evaluación de la emergencia y sobrevivencia de la semilla *M. repens* en suelos provenientes de cuatro áreas con diferentes tipos de vegetación presentes en el estado de Chihuahua: matorral, pastizal mediano, pastizal halófito y bosque. Las muestras de suelo, de cada tipo de vegetación, se

recolectaron del estrato de 0-30 cm. Las macetas fueron de 15 cm de diámetro y 20 cm de profundidad (4.5 kg de suelo). Se utilizaron 80 macetas, 20 por cada tipo de suelo colectado. La semilla fue recolectada en el verano del 2006. Estas 20 macetas se regaron con los cuatro patrones de humedad-sequía, donde cada patrón tenía 5 repeticiones. Fueron puestas por maceta un total de 20 semillas recolectadas. La siembra se realizó el día 11 de octubre de 2012 efectuándose el primer riego en todas las macetas. Los conteos de sobrevivencia se realizaron después de 12, 24 y 36 días posteriores al último riego, cuantificando las plantas que no estaban marchitas.

Los suelos se sometieron a análisis físicos y químicos de acuerdo con el manual IRENAT (1996) en laboratorio de UNIFRUT-Cuauhtémoc, Chihuahua (Cuadro 1). Previo a los análisis, el suelo se secó al aire y se tamizó (malla de 2 mm). Las técnicas empleadas fueron: textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos; pH, con un potenciómetro en relación suelo-agua de 1:2.5 (p/v); materia orgánica (MO), por el método de Walkley y Black. Los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} se extrajeron con una solución de acetato de amonio 1N a un pH = 7 y fueron cuantificados por espectrometría de absorción atómica.

Cuadro 1. Caracterización del suelo proveniente de cuatro áreas con diferente tipo de vegetación en el estado de Chihuahua.

		Matorral	Pastizal halófito	Pastizal mediano	Bosque
Características	Arena (%)	64	13	45	40
	Limo (%)	25	40	20	20
	Arcilla (%)	11	47	35	40
	Clase textural	Franco arenoso	Arcillo limoso	Arcillo arenoso	Franco arcilloso
	pH CaCl_2 (0.01 M)	6.85	7.83	6.5	6.83
	Materia orgánica (%)	1.24	1.36	1.77	2.94
	CaCO_3 (%)	0	1	0	0
Salinidad	Saturación de bases (%)	37	34	35	34
	C. E. (dS m^{-1})	0.78	3.1	0.59	0.56
Fertilidad	N- NO_3 (kg ha^{-1})	82.3	394.2	17.4	35.6
	P (mg kg^{-1})	18.59	17.9	23.27	10.88
	K (mg kg^{-1})	420	1045	155	220
	Ca (mg kg^{-1})	1413.5	3005.8	935	539
	Mg (mg kg^{-1})	126.5	261.3	192.5	71.5
	Na (mg kg^{-1})	140	180	70	90
	Cu (mg kg^{-1})	0.52	0.74	0.4	0.46
	Fe (mg kg^{-1})	14.36	3.74	16.92	6
	Mn (mg kg^{-1})	12.04	7.64	24.46	7.46
	Zn (mg kg^{-1})	4.16	3.82	3.5	3.08

C.E. = conductividad eléctrica.

Los carbonatos (CO_3) se extrajeron con agua destilada y su concentración se determinó por titulación ácida. Para el nitrógeno total (Nt), se usó el método Kjeldahl; para ello, una muestra de suelo se digirió con ácido sulfúrico-salicílico y el Nt se determinó por destilación en ácido bórico y titulación con ácido sulfúrico 0.05 N. La determinación de NO_3 mediante la formación de un complejo coloreado con Brucina ácida (Cuadro 1).

En el Cuadro 1 se presenta la caracterización física y química del suelo que se recolectó en los diferentes tipos de vegetación: matorral, pastizal halófito, pastizal mediano, bosque. La descripción se encuentra en COTECOCA (1978).

El suelo de matorral es de origen aluvial profundo, color pardo oscuro a rojizo oscuro o gris rosáceo, la textura es franco-arenoso, con grava y poca piedra en el perfil y superficie. El pH de 6.5 a 7.5.

El suelo de pastizal halófito es de origen aluvial profundo, coloración pardo grisáceo muy oscuro a negro, textura arcillo limosa, su estructura son bloques angulares a columnares, con consistencia dura, drenaje interno y escurrimiento superficial lento, el pH va de 7.8 a 10.3.

El suelo del pastizal mediano es de origen aluvial, profundo, coloración pardo oscura a pardo rojizo oscura, la textura es arcillo arenosa con grava, estructura granular, la consistencia moderadamente dura, drenaje interno y el escurrimiento es superficial medio, con un de pH de 6.5 a 7.5.

El suelo de bosque es coluvial a partir de roca ígnea, la profundidad es de media a somera, con frecuente afloramientos de roca. La textura dominante es la franco-arcillosa con grava, su estructura son bloques angulares, con consistencia dura, drenaje interno medio y escurrimientos superficiales muy rápidos, el pH es de 6.2 a 6.8.

Los patrones de lluvia que se utilizaron fueron con base en 35 años de registros climatológicos. De estos datos solo 80% de ellos fueron los utilizados para la conformación de los patrones de humedad-sequía, esto debido a que en 10% de ellos se presentaron precipitaciones muy altas donde cualquier semilla podría germinar y en el otro 10% no hubo precipitación por lo tanto no habría germinación de ninguna semilla (Esqueda *et al.*, 2005; Moreno-Gómez *et al.*, 2012). Las categorías de los patrones de riego fueron: pobre 6 días, baja 8, media 10 y alta 12 días de lluvia correspondientes a los registros históricos de precipitación durante la época del verano cuando se presenta el período de lluvias. En el Cuadro 2 se detalla la secuencia de riego, el número inicial muestra los días que se llevó a cabo y el número de la derecha indica los días sin riego para cada patrón. Las macetas, fueron regadas con 85 mm de agua (basado en el diámetro de la maceta) para simular 10 mm de lluvia. Esta cantidad es la mínima necesaria reportada para que pueda ser aprovechada por las plantas (Melgoza *et al.*, 2014).

Debido a que los datos obtenidos para las variables de germinación y sobrevivencia es de tipo bivariado y se expresan en proporciones, se utilizó el ajuste de un modelo para datos categóricos en los dos factores evaluados (suelos de cuatro áreas con diferente tipo de vegetación y patrones de humedad-sequía) y su interacción. De esta forma se estimó el efecto individual de cada secuencia de humedad sobre cada uno de los suelos provenientes de los tipos de vegetación. Las repeticiones consistieron de cinco macetas con veinte semillas viables cada una. La comparación de medias se realizó mediante una prueba z para proporciones en distribuciones. Posterior al análisis los datos fueron transformados a porcentajes.

Cuadro 2. Patrones de precipitación pluvial de verano registrados en el estado de Chihuahua durante el periodo de 1965 a 1999.

Secuencia de humedad-sequía	Fechas de riego												Volumen de riego
	11		12		13		16		20		1		
	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego	
	Días												
Pobre	1	1	1	1	1	2	1	2	1	4	1	12	60 mm
Baja	1	2	1	2	1	1	1	1	2	4	2	12	80 mm
Media	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	2	12	100 mm
Alta	2	1	2	1	2	1	2	1	2	4	2	12	120 mm

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pasto *M. repens* desde hace aproximadamente 30 años se encuentra presente en el estado de Chihuahua y ha invadido diversas áreas. Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran una interacción entre los patrones de humedad-sequía y los suelos provenientes de cuatro áreas de diferente tipo de vegetación ($P \leq 0.0024$) en respuesta a la tasa de germinación de *M. repens* (Cuadro 3).

Emergencia de *Melinis repens*

M. repens es capaz de germinar en condiciones de sequía severa en cualquiera de los suelos provenientes de los tipos de vegetación evaluados. En general en este experimento, todos los tratamientos emergieron durante las dos primeras semanas posteriores al primer riego. El pasto se ha distribuido en el mundo mostrando su gran capacidad de adaptación a condiciones desfavorables de humedad y suelos pobres, convirtiéndose en invasor de zonas áridas, semiáridas y suelos erosionados (Díaz *et al.*, 2012).

Las características físicas y químicas del suelo tienen efecto sobre la emergencia del pasto según los patrones de humedad-sequía evaluados (Esqueda *et al.*, 2005). El pasto *M. repens* en su lugar de origen se encuentra en suelos con proporciones de arena que varía del 10 al 20%. El contenido de arena en suelo le permite a la planta mayor germinación, debido a las características de aeración y menor compactación (Daemane *et al.*, 2012; Melgoza *et al.*, 2014). Es posible que este pasto invasor se vea favorecido por la cantidad de arena presente en los suelos de la región donde el pastizal halófito tiene 13% de arena, el suelo de bosque y pastizal mediano 40% y matorral 64% de arena en su

Cuadro 3. Análisis de varianza de verosimilitud máxima para determinar efectos significativos de los tratamientos sobre la germinación de *M. repens*.

Factor	GL	Chi-cuadrado	Pr > ChiCuadrado
Término independiente	1	223.28	< 0.0001
Suelos-vegetación	3	36.96	< 0.001
PHS	3	4.75	0.1913 NS
Suelos vegetación [†] · PHS	9	25.62	0.0024 [†]

[†] Efecto significativo $\alpha = 0.05$; PHS = patrones de humedad-sequía; NS = no significativo.

composición. Otras gramíneas de origen africano, como *Eragrostis lehmanniana* y *E. curvula*, presentes en los pastizales de Chihuahua también prefieren suelos arenosos (Cox y Martin, 1984; Esqueda *et al.*, 2005).

La germinación es una etapa muy sensible a los cambios de humedad en el suelo. Varios autores sugieren que las semillas tienen varias respuestas a los cambios de condiciones de humedad. Una de esas estrategias menciona que la germinación disminuye cuando la humedad del suelo decrece. Esta clase de semillas tienen la capacidad de iniciar el proceso de germinación parcialmente, entrar en un estado de latencia si las condiciones son adversas y luego volver a iniciar la germinación, esto aumentará sus posibilidades de establecimiento en lugares donde la humedad en el suelo sea mínima (Evans y Etherington, 1991; Melgoza *et al.*, 2014). La semilla de *M. repens* presenta esta estrategia, pues se ha observado que puede iniciar el proceso de germinación cuando se presentan las primeras lluvias, pero si las condiciones ambientales cambian y se carece de humedad suficiente en suelo, la semilla es capaz de evitar la emergencia hasta que las condiciones ambientales sean las idóneas (Carrillo *et al.*, 2009; Díaz *et al.*, 2012). Para que el proceso de germinación se inicie, el suelo debe de presentar condiciones de humedad próximas a -0.2 MPa. La germinación de la semilla de *M. repens* esta relacionada a la humedad del suelo, por lo cual se puede anticipar su posible distribución con base en los patrones de lluvia de las diferentes aéreas donde exista un banco de semillas de esta planta (Stokes *et al.*, 2011).

La interacción entre la humedad-sequía y el suelo de vegetación proveniente del matorral tuvo efecto significativo ($P \leq 0.0011$) en la emergencia de la semilla de *M. repens* (Cuadro 4) donde el porcentaje de germinación fue 75% en el patrón alto, 63% en el medio y 51% en bajo y pobre (Figura 1A).

El suelo proveniente del área con vegetación de pastizal mediano no mostró efecto en la interacción de germinación de la semilla y los patrones de humedad-sequía ($P \leq 0.1375$) (Cuadro 4). La emergencia fue de 83% en los patrones pobre y alto, de 77% en bajo y medio respectivamente (Figura 1B). En el suelo proveniente de pastizal halófito mostró una tendencia similar ($P \leq 0.2015$) (Cuadro 4). Los porcentajes de germinación para éste en los diferentes patrones fueron de 77% en pobre, 70% bajo, 69% medio y 63% en alto (Figura 1C). Este patrón de comportamiento se repite

Cuadro 4. Análisis de varianza de verosimilitud máxima para determinar efectos significativos de los suelos provenientes de cuatro áreas con diferentes tipos de vegetación y patrones de humedad-sequía sobre la germinación de *M. repens*.

Suelos provenientes de diferentes tipos de vegetación	Termino independiente	Pr > chiCuadrado	PHS	Pr > chiCuadrado
Suelo-matorral	16.61	< 0.0001	16.00	0.0011 [†]
Suelo-pastizal mediano	121.89	< 0.0001	5.52	0.1375 NS
Suelo-pastizal halófito	59.25	< 0.0001	4.62	0.2015 NS
Suelo-bosque	40.94	< 0.0001	3.32	0.3054NS

[†] Efecto significativo $\alpha = 0.05$; PHS = patrones de humedad-sequía; NS = no significativo.

para el suelo proveniente del bosque y la interacción con los patrones de humedad-sequía ($P \leq 0.3054$) (Cuadro 4), obteniendo porcentajes de germinación de 61% en pobre, 65% bajo, en medio 73% y alto de 66% (Figura 1D). Cuando el potencial de agua es bajo en el suelo, la emergencia de las semillas puede ser retrasada o acelerada dependiendo de la magnitud del déficit hídrico, afectando también la etapa de crecimiento inicial (Martínez-Ghersa *et al.*, 1997; Cox y Allen, 2008; Fay y Schultz, 2009).

En el estado de Chihuahua 74% de la superficie es vulnerable a los impactos causados por la sequía (Núñez *et al.*, 2007). Con los resultados encontrados se puede suponer que *M. repens* puede invadir diferentes áreas de vegetación tales como: matorral, pastizal mediano, pastizal halófito y bosque ubicados en la entidad, debido a que el tipo de suelo y la humedad irregular no inhibe su germinación, aunque sí provoca diferencias en la tasa de emergencia de la semilla. Sin embargo, los resultados de este trabajo muestran que el suelo

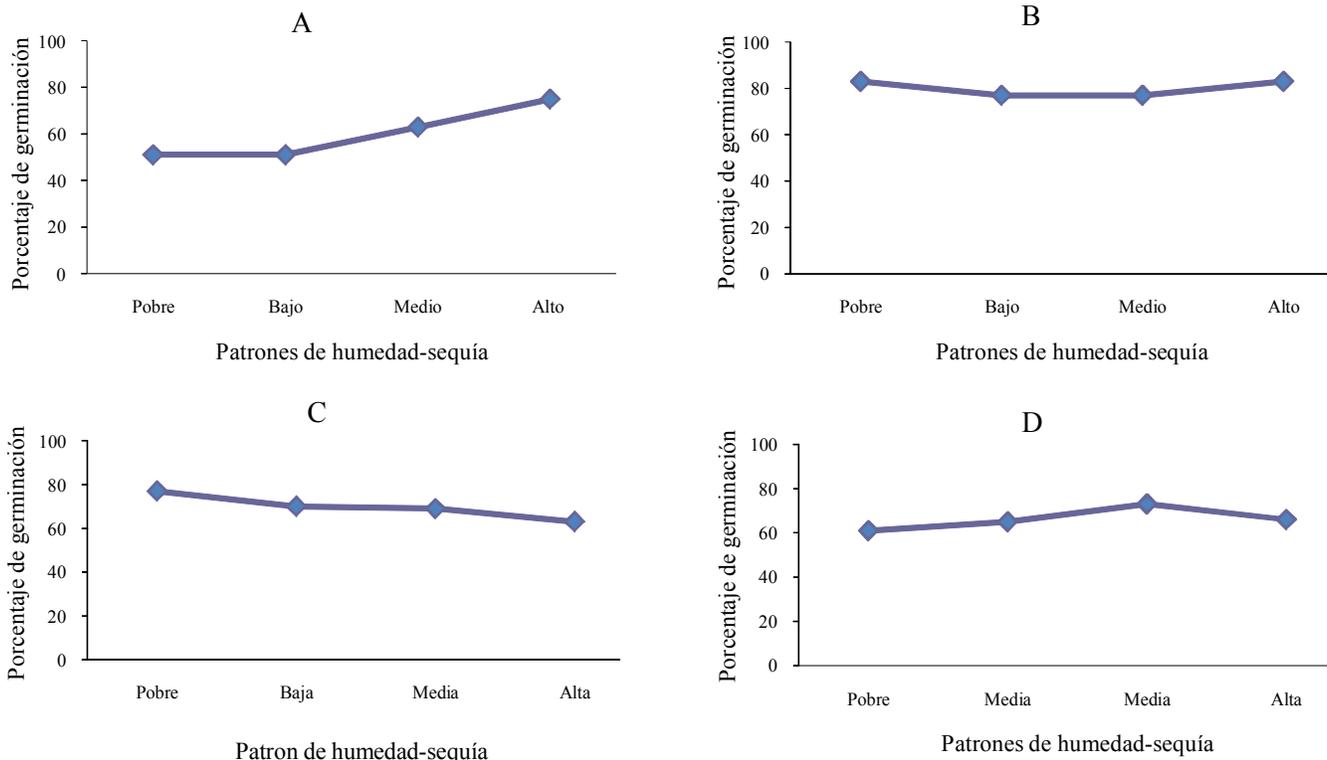


Figura 1. Porcentaje de germinación de *M. repens* expuesta a diferentes patrones de humedad-sequía en suelos provenientes de cuatro áreas con diferente tipo de vegetación. A) matorral; B) pastizal mediano; C) pastizal halófito; D) bosque.

proveniente del pastizal mediano puede tener mayor posibilidad de amenaza de invasión, cuando se presente cualquier tipo de precipitación, ya que, en éste se observó la mayor emergencia. Stevens y Fehmi (2009) mencionan que bajo las nuevas condiciones ambientales causadas por el cambio climático como el incremento de la temperatura y la poca precipitación, el pasto *M. repens* puede convertirse en un problema ecológico similar al que presenta el zacate buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link).

Sobrevivencia de *Melinis repens*

La sobrevivencia de pasto *M. repens* después de periodos de sequía prolongados posteriores al riego, mostraron que la relación ente los suelos provenientes de cuatro áreas con diferentes tipos de vegetación y la secuencia humedad-sequía fueron significativos ($P < 0.0001$) en los primeros 12 días. (Cuadro 5). Tanto la germinación como el establecimiento de la semilla son etapas críticas en el ciclo de vida de las plantas (Bentsink y Koornneef, 2008). Estos dos aspectos son muy

Cuadro 5. Análisis de varianza de verosimilitud máxima para determinar efectos significativos de los tratamientos sobre la sobrevivencia de *M. repens* a 12 días sin riego.

Factor	GL	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Término independiente	1	0.59	0.4404 NS
Suelos-vegetación	3	17.34	0.0006†
PHS	3	6.43	0.0926 NS
Suelos vegetación† · PHS	9	37.33	< 0.0001†

† Efecto significativo $\alpha = 0.05$; NS = no significativo. PHS = patrones de humedad-sequía. Suelo-vegetación (Suelos provenientes de áreas de diferentes tipos de vegetación).

sensibles a la variabilidad ambiental y requieren condiciones favorables tanto de suelo como de agua.

Es importante destacar que la tolerancia a la variabilidad de humedad del suelo también depende de la etapa del desarrollo de la planta (Fay y Schultz, 2009; Kinyua *et al.* 2010). La tasa de sobrevivencia en suelo proveniente de matorral y los patrones de humedad tienen interacción al doceavo día ($P \leq 0.0001$) (Cuadro 6). Un 35% en la secuencia pobre, 43% en la baja, 40% en la media y 66% en el alta (Figura 2A).

Como se muestra en el Cuadro 6 la sobrevivencia de las plantas al día 12 en el suelo colectado en pastizal mediano y los patrones de humedad-sequía tuvieron un efecto significativo en la interacción ($P \leq 0.0001$). Esta variable tuvo 53% en la secuencia pobre y baja, 36% en la media y 55% en la alta (Figura 2B). El suelo proveniente de pastizal halófito no presentó un efecto significativo ($P \leq 0.7134$) entre los factores evaluados en la sobrevivencia de las plantas al día 12 posterior al último riego (Cuadro 6), la sobrevivencia fue del 62% en la secuencia pobre y baja, 55% en la media y 59% en la alta (Figura 2C). En el suelo colectado en la vegetación de bosque no se observó que la interacción entre los patrones de humedad-sequía fueran significativos ($P \leq 0.0560$) (Cuadro 6), esta variable se mantuvo en la secuencia pobre y baja de 54%, mientras que la alta en 38% (Figura 2D).

Se realizó un conteo de plantas sobrevivientes en el día 24 después del último riego. Sin embargo, no fue posible realizar un análisis estadístico confiable, debido a la poca sobrevivencia del pasto. Para el día 36 se observó la muerte total de las plantas de *M. repens* que fueron evaluadas. Stokes *et al.* (2011) mencionan que las plántulas de *M. repens* no sobreviven a periodos prolongados de sequía.

Cuadro 6. Análisis de varianza de verosimilitud máxima para determinar efectos significativos de sobrevivencia de *M. repens* a los 12 días en suelos provenientes de cuatro áreas con diferentes tipos de vegetación y patrones de humedad-sequía.

Tipo de vegetación	Termino independiente	Pr > chiCuadrado	PHS	Pr > chiCuadrado
Suelo-matorral	3.53	0.0602	25.05	<0.0001*
Suelo-pastizal Suelo-mediano	0.11	0.7400	9.29	00257*
Suelo-pastizal halófito	14.30	0.0002	1.37	0.7134 NS
Suelo-bosque	0.00	0.9832	7.56	0.0560 NS

† Efecto significativo $\alpha = 0.05$; PHS = patrones de humedad-sequía. NS = no significativo.

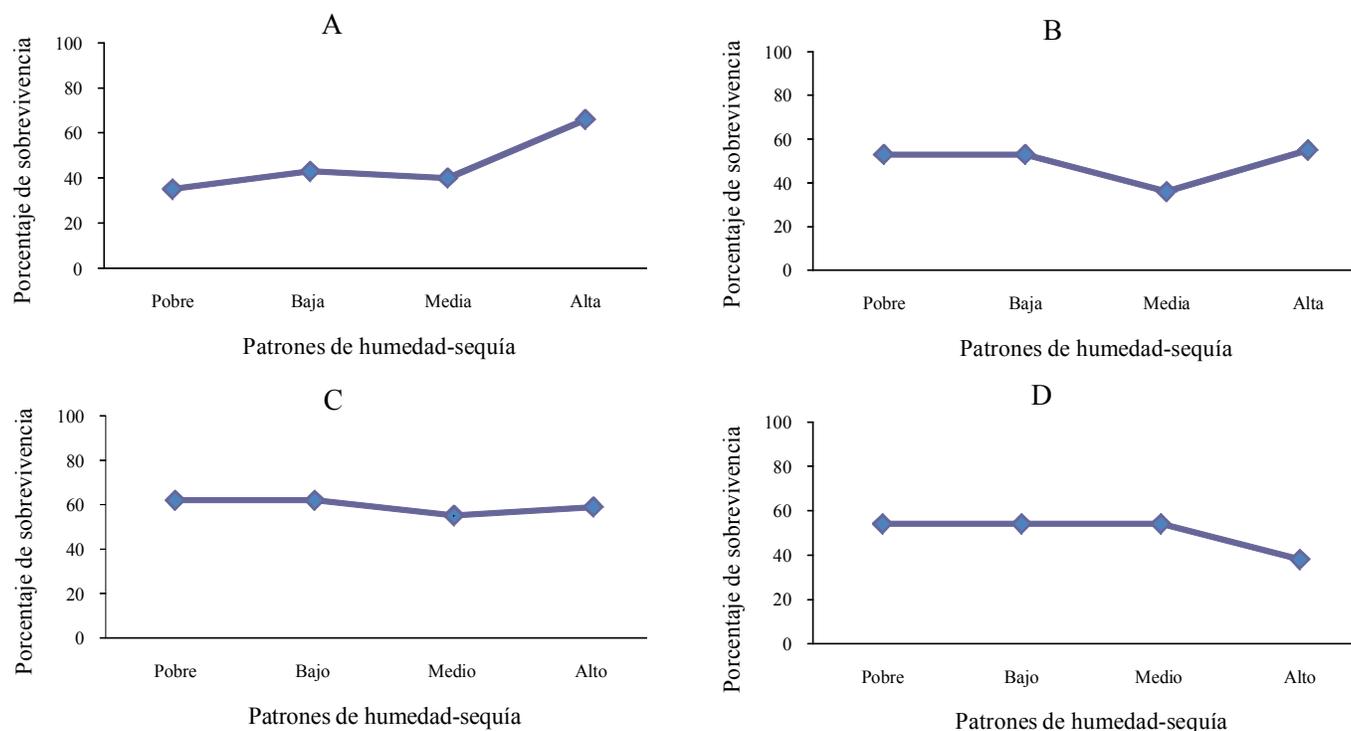


Figura 2. Porcentaje de sobrevivencia de *M. repens* expuesta a diferentes patrones de humedad-sequía en diferentes vegetaciones. A) matorral; B) pastizal mediano; C) pastizal halófito y D) bosque.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los patrones de humedad-sequía que se presentan en el estado de Chihuahua es factible la introducción de la gramínea invasora [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] en suelos de cuatro áreas con diferente tipo de vegetación, como matorral, pastizal mediano, pastizal halófito y bosque. Su capacidad de germinar y su estrategia de detener este proceso si las condiciones no son las adecuadas para soportar periodos de precipitación irregular, la hacen una especie que puede llegar a ser una amenaza para los ecosistemas nativos del estado. Sin embargo, no solo la precipitación provoca un efecto en la germinación de esta semilla, sino también las relaciones entre la planta y el suelo pueden resultar benéficas o perjudiciales para su establecimiento. Los resultados obtenidos muestran una clara preferencia del pasto *M. repens* a las condiciones presentadas por el suelo proveniente de pastizal mediano, principalmente a las precipitaciones altas donde obtuvo 92% de plántulas emergidas, cabe notar que en cualquiera de los patrones

de humedad-sequía esta planta obtuvo su mayor emergencia en este suelo.

- En cuanto a la sobrevivencia de las plántulas emergidas, no soportan periodos largos de sequía mayores a los 24 días en ninguno de los suelos de las áreas con diferentes tipos de vegetación. Sin embargo, donde se presentó la mayor sobrevivencia fue en el suelo de bosque, probablemente debido a las condiciones que presenta este tipo de suelo. Para conocer de manera más específica los efectos que tienen los diferentes tipos de suelo en la presencia de esta planta se recomienda un estudio *in situ*, lo que permitirá conocer qué clase de interacciones podría promover o detener la germinación y el establecimiento de esta planta en suelos en las áreas de los diferentes tipos de vegetación presentes en el estado de Chihuahua.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge Jiménez Castro por su enorme disposición e invaluable apoyo en la parte estadística.

LITERATURA CITADA

- Arriaga, L., A. Castellanos, E. Moreno, and J. Alarcón. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conserv. Biol.* 18: 1504-1514.
- Bentsink, L. and M. Koornneef. 2008. Seed dormancy and germination. *The Arabidopsis Book/American Society of Plant Biologists*, 6, e0119. doi: 10.1199/tab.0119.
- Berg, G. and K. Smalla. 2009. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial in the rhizosphere. *FEMS Microbiol. Ecol.* 68: 1-13.
- Callaway, R. M., G. C. Thelen, A. Rodriguez, and W. E. Holben. 2004. Soil biota and exotic plant invasion. *Nature*. 427: 731-733.
- Carrillo S., S. M., T. Arredondo, E. Huber-Sannwald y J. Flores. 2009. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Téc. Pecu. Méx.* 47: 299-312.
- Collin, D. P., W. C. Conway, C. D. Mason, and J. W. Gunnels. 2013. Seed bank potential of moist-soil managed wetlands in east-central Texas. *Wetlands Ecol. Manage.* 21: 353-366.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2012. Sitio malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/rhynchelytrum-repens/fichas/ficha.htm> (Consulta: enero 16, 2012).
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero). 1978. Chihuahua. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México D. F.
- Cox, J. R. and M. H. Martin. 1984. Effects of planting depth and soil texture on the emergence of four Lovegrasses. *J. Range Manage.* 37: 204-205.
- Cox, R. D. and E. B. Allen. 2008. Composition of soil seed banks in southern California coastal sage scrub and adjacent exotic grassland. *Plant. Ecol.* 198: 37-46.
- Daemane, M. E., S. S. Cilliers, and H. Bezuidenhout. 2012. Classification and description of the vegetation in the Spitskop area in the proposed Highveld National Park, North West Province, South Africa. *Koedoe* 54: 1-7. doi:10.4102/koedoe.v5i1.1020. (disponible en línea desde enero 17 de 2012).
- Díaz R., A., E. Flores, A. De Luna, J. J. Luna, J. T. Frías y V. Olalde P. 2012. Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 3: 33-47.
- Díaz, S. C., M. D. Therrell, D. W. Stahle, and M. K. Cleaveland. 2002. Chihuahua (Mexico) winter-spring precipitation reconstructed from tree-rings, 1647-1992. *Clim. Res.* 22: 237-244.
- Dukes, J. S. and H. A. Mooney. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends Ecol. Evol.* 14: 135-139.
- Endfield, G. H. and I. Fernández-Tejedo. 2006. Decades of drought, years of hunger: Archival investigations of multiple year droughts in late colonial Chihuahua. *Clim. Change* 75: 391-419.
- Evans, C. E. and J. R. Etherington. 1991. The effect of soil water potential on seedling growth of some British plants. *New Phytol.* 118: 571-579.
- Esqueda C., M. H., A. Melgoza C., M. Sosa C., R. Carrillo R. y J. Jiménez C. 2005. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo. *Téc. Pecu. Méx.* 43: 101-115.
- Fay, P. A. and M. J. Schultz. 2009. Germination, survival, and growth of grass and forb seedlings: Effects of soil moisture variability. *Acta Oecol.* 35: 679-684.
- García-Sánchez, R. y A. Monroy-Ata. 2005. Micrositios del pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) en comunidades de pastizal y de matorral del Altiplano Mexicano. *Rev. Esp. Cienc. Quím. Biol.* 8: 61-70.
- IRENAT-Colegio de Postgraduados. 1996. Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas. Programa de calidad e inter-calibración de análisis de suelos y plantas. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México.
- Kinyua, D., L. E. McGeoch, N. Georgiadis, and T. P. Young. 2010. Short-term and long-term effect of soil ripping, seeding, and fertilization on the restoration of a tropical rangeland. *Restorat. Ecol.* 18: 226-233.
- Lundholm, J. T. and K. E. Stark. 2007. Alvar seed bank germination responses to variable soil moisture. *Can. J. Bot.* 85: 986-993.
- Martínez-Ghersa, M. A., E. H. Satorre, and C. M. Ghersa. 1997. Effect of soil water content and temperature on dormancy breaking and germination of three weeds. *Weed Sci.* 45: 791-797.
- McLaren, J. R., S. D. Wilson, and D. A. Pletzer. 2004. Plant feedbacks increase the temporal heterogeneity of soil moisture. *Oikos* 107: 199-205.
- Melgoza Castillo, A., M. I. Balandrán Valladares, R. Mata González y C. Pinedo Álvarez. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5: 429-442.
- Moreno-Gómez, B., E. García-Moya, Q. Rascón-Cruz y G. A. Aguado-Santacruz. 2012. Crecimiento y establecimiento de plántulas de *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths y *Eragrostis curvula* var. *conferta* Stapf bajo un régimen simulado de lluvia. *Rev. Fitotec. Mex.* 35: 299-308.
- Murray, B. R. and M. L. Philips. 2010. Investment in seed dispersal structures in linked to invasiveness in exotic plant species of south-eastern Australia. *Biol. Invasions* 12: 2265-2275.
- Ng'weno, C., S. M. Mwasi, and J. K. Kairu. 2009. Distribution, density and impact of invasive plants in Lake Nakuru National Park, Kenya. *Afr. J. Ecol.* 48: 905-913.
- Núñez L., D., C. A. Muñoz R., V. M. Reyes G, I. Velasco V. y H. Gadsden E. 2007. Caracterización de la sequía a diversas escalas de tiempo en Chihuahua, México. *Agrociencia* 41: 253-262.
- Possley, J. and J. Maschinski. 2006. Competitive effects of the invasive grass *Rhynchelitrum repens* (Willd.) C. E. Hubb on pine rockland vegetation. *Nat. Areas J.* 26: 391-395.
- Rai, R. K., H. Scarborough, N. Subedi, and B. Lamichhane. 2012. Invasive plants – Do they devastate or diversify rural livelihoods? Rural farmers' perception of three invasive plants in Nepal. *J. Nat. Conserv.* 20: 170-176. doi:10.1016/j.jnc.2012.01.003. (Disponible en línea desde febrero 28 de 2012).
- Stanton-Geddes, J., R. G. Shaw, and P. Tiffin. 2012. Interactions between soil habitat and geographic range location affect plant fitness. *PLoS ONE* 7(5):e36015. doi:10.1371/journal.pone.0036015. (Disponible en línea desde mayo 17 de 2012).

- Stevens, J. M. and J. S. Fehmi. 2009. Competitive effect of two nonnative grasses on a native grass in southern Arizona. *Weed Sci.* 2: 379-385.
- Stokes, C. A., G. E. MacDonald, C. R. Adams, K. A. Langeland, and D. L. Miller. 2011. Seed biology and ecology of natalgrass (*Melinis repens*). *Weed Sci.* 59: 527-532.
- Thuiller, W., D. M. Richardson, M. Rouget, Ş. Procheş, and J. R. U. Wilson. 2006. Interactions between environment, species traits, and human uses describe patterns of plant invasions. *Ecology* 87: 1755-1769.
- Vanderhoeven, S., N. Dassonville, and P. Meerts. 2005. Increased topsoil mineral nutrient concentrations under exotic invasive plants in Belgium. *Plant Soil* 275: 169-179.
- Warren II, R. J., V. Bahn, and M. A. Bradford. 2012. Decoupling litter barrier and soil moisture influences on the establishment of an invasive grass. *Plant Soil* 367: 339-346.
- Williams, D. and Z. Baruch. 2000. African grass invasion in the Americas: Ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biol. Invas.* 2: 123-140.
- Zeng, X., X. Zeng, S. S. P. Shen, R. E. Dickinson, and Q. Zeng. 2005. Vegetation-soil water interaction within a dynamical ecosystem model of grassland in semi-arid areas. *Tellus* 57: 189-202.
- Zuppinger-Dingley, D., B. Schmid, Y. Chen, H. Brandl, M. G. A. van der Heijden, and J. Joshi. 2011. In their native range, invasive plants are held in check by negative soil-feedbacks. *Ecosphere* 2(5):art54. doi:10.1890/ES11-00061.1.