

Tolerancia a la salinidad del pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en la etapa de germinación en dos regímenes de temperaturas

Sara Lucía González Romero*, Adrián Raymundo Quero Carrillo**, Omar Franco Mora****,
Carlos Ramírez Ayala*, Héctor Manuel Ortega Escobar* y Carlos Trejo López***

Recepción: 11 de noviembre de 2009

Aceptación: 8 de agosto de 2010

* Colegio de Postgraduados, Programa de Hidrociencias. México.

** Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería. México.

*** Colegio de Postgraduados, Programa de Botánica. México.

**** Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

Correo electrónico: grsara@colpos.mx;

queroadrian@colpos.mx; ofrancom@uaemex.mx;

cara@colpos.mx; manueloe@colpos.mx;

catre@colpos.mx.

Resumen. El pasto Banderita es un forraje nativo de México, con gran potencial socio-económico para la ganadería extensiva; sin embargo, la información sobre su tolerancia a la salinidad es escasa. Para evaluar el efecto de diferentes sales y concentraciones sobre su germinación, se utilizaron cariopsides de reciente cosecha. Las salinidades sulfático-sódica y NaHCO_3 de pH alcalino, registraron el menor porcentaje de germinación, en las sales: clorhídrica y $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ con pH ácido, el mayor valor. El efecto de sales combinadas fue benéfico para la germinación; ésta es inversamente proporcional al incremento de solución salina. Un incremento de temperatura favoreció la germinación, disminuyó la toxicidad de los cloruros y permitió que las semillas soportaran mayores concentraciones de salinidad.

Palabras clave: salinidad cualitativa y cuantitativa, germinación, temperatura y pasto Banderita.

Tolerance to Salinity of "Sideoats Grama" [*Bouteloua Curtipendula* (Michx.) Torr.] During the Germination in Response to Two Temperature Regimens

Abstract. The present study was carried out aiming to evaluate Sideoats grama's germination under eight levels of electric conductivity (CE) for different salts, at 20 °C (germination camera) and at room temperature. The effect of salinity on the germination changed considerably with temperature; germination percentage was higher for all treatments the 20 °C germination camera when compared with room temperature, thus, allowing seeds to tolerate higher levels of salt concentration. The salt with higher germination percentage was the $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; and lower germination percentage was observed with NaHCO_3 . In the geochemicals salts, higher germination levels were registered for hydrochloric salinity, and the lowest levels were observed using sulfatic sodium salinity.

Key words: qualitative and quantitative salinity, germination, temperature and sideoats grama.

Introducción

Como resultado de la intensificación agrícola, la superficie de suelos afectados por sales aumenta a nivel mundial cubriendo 8.97 millones de km^2 ; lo anterior cambia diferencialmente las propiedades morfológicas, químicas y biológicas de éstos; además, provoca baja fertilidad y dificultades para su uso agrícola. El problema se intensifica en las zonas áridas y semiáridas debido a la alta evaporación y al movimiento capilar del agua, predominando los suelos salinos y sódicos, también

hay magnésicos, gypsíferos o sulfáticos y ácido-sulfáticos (Szabolcs, 1994). En México, predominan los suelos salinos debido a las condiciones ambientales y, en algunas áreas, el problema se ha acentuado debido al uso de aguas residuales, se estima que un 10 % del área irrigada está afectada por salinidad y de ésta aproximadamente el 64 %, se localiza en la parte norte del país (Umali, 1993).

En el proceso de salinización, el intemperismo químico de minerales es la fuente primaria de aniones (CO_3^- , HCO_3^- , Cl^- y SO_4^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) que originan

suelos salinos. Por otra parte, los factores secundarios incluyen prácticas inadecuadas de riego y la aplicación intensiva de fertilizantes. Las sales de elevada solubilidad son nocivas para los cultivos, las poco solubles se precipitan antes de alcanzar concentraciones perjudiciales, y su solubilidad varía con la temperatura (Porta *et al.*, 2003).

Las sales solubles se determinan midiendo la conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del extracto de saturación del suelo; el conocimiento de estos valores permite determinar la tolerancia de los cultivos a la salinidad. Sin embargo, esta técnica no toma en cuenta la composición cualitativa de las soluciones salinas. En la práctica, los métodos químicos son los de mayor uso para la recuperación de suelos salinos, tales como aplicación de ácido sulfúrico y yeso agrícola; sin embargo, estos métodos al aplicarse en amplias extensiones, resultan costosos, tanto por las cantidades de material que se utilizan, como por la aplicación de los mismos, ya que en algunos casos se requiere de equipo especializado (Richards, 1988).

La salinidad edáfica genera diferentes presiones osmóticas, afectando la germinación al dificultar la adsorción de agua y favorece la entrada de iones en cantidades tóxicas. Ungar (1996), reportó que la tolerancia de la semilla a la salinidad debe ser interpretada con dos enfoques: la habilidad de la semilla a germinar en altas concentraciones salinas y la habilidad de recuperación de la germinación, después de estar expuesta a alta salinidad. La germinación y la etapa de plántula son las fases más vulnerables y están influenciadas por la temperatura, salinidad, luz y humedad del suelo (El-Keblawy, 2006).

Debido a la importancia económica del estudio de las plantas cultivadas en relación con su tolerancia a la salinidad, se ha tratado de encontrar plantas tolerantes a sales. Hay estudios de mejoramiento genético para obtener plantas que produzcan cosechas económicamente factibles en suelos con problemas de salinización. Una alternativa sustentable es el uso de algunos cultivos forrajeros en el mejoramiento de suelos salinos sódicos ya que, además de reducir la salinidad, pueden ser aprovechados como cultivos en grandes extensiones de suelo, para la disminución de la erosión y la producción de forraje para el ganado (Gorham *et al.*, 1985).

La subfamilia *Chloridoideae* es la más grande de los pastos (*Poaceae*); sin embargo, se cuenta con poco conocimiento acerca de su tolerancia a la salinidad. El pasto Banderita es una gramínea nativa de México, ampliamente adaptada a condiciones de sequía en los desiertos chihuahuense y sonorense; el forraje producido, es de bueno a excelente para el ganado y la fauna silvestre, ya que conserva su valor forrajero durante más tiempo, aún avanzado el otoño; posee un gran

potencial de uso en programas de recuperación de pastizales en México (Morales-Nieto *et al.*, 2006); no obstante Marcum (1999), menciona que es sensible a la salinidad.

El objetivo del presente estudio fue identificar la tolerancia de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx. Torr.) a condiciones de salinidad cualitativa y cuantitativa, y su relación con la temperatura en la etapa de germinación. Para ello se consideraron los tipos de salinidad que se presentan en los valles de zonas áridas y semiáridas de México.

1. Materiales y métodos

Se utilizaron carióspsides (sin apéndices: gluma, lema o palea) de pasto Banderita. La semilla fue cosechada en 2006 en el estado de San Luis Potosí dentro del *Campus regional* del Colegio de Postgraduados, originada de un ecotipo nativo del norte de México.

Para las pruebas de germinación se usaron 11 soluciones salinas divididas en: sales puras [NaCl ; NaHCO_3 ; Na_2SO_4 ; MgSO_4 ; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$]; y tipos de salinidad geoquímica [clorhídrica; sulfático-clorhídrica; clorhídrico-sulfática; sulfática; sulfático-sódica]; cuyas concentraciones disminuirían el rendimiento en 0.0, 0.0 umbral, 25, 50, 75, 100 y 50 % más, considerado como valor extremo, y cuya conductividad eléctrica (CE) teórica fue: $T_1= 2$, $T_2= 4$, $T_3= 8$, $T_4= 12$, $T_5= 15$, $T_6= 19$ y $T_7= 28 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente de acuerdo con las gráficas de tolerancia de los cultivos de Maas y Hoffman (1977); la cantidad aplicada se determinó con la fórmula $\text{mg L}^{-1}= 640 \text{ (CE)}$.

La preparación de las soluciones de salinidad geoquímica fue mediante la metodología de Arinusquina (Kovda, 1947), con las siguientes relaciones aniónicas de $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$: salinidad clorhídrica= 2.5; sulfático-clorhídrica = 1.5; clorhídrico-sulfática= 0.6; sulfática= 0.15 y para la salinidad sulfático-sódica; la relación fue $\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} = 2.0$. Las sales usadas para preparar los tipos de salinidad fueron NaCl , MgSO_4 , NaHCO_3 , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

La conductividad eléctrica mide el efecto de la salinidad en el desarrollo de las plantas y guarda relación con el rendimiento relativo de algunos cultivos. Sin embargo, cada una de las sales tiene diferente solubilidad y en función de esta propiedad, se podría presentar efecto perjudicial. Así a concentraciones iguales, cada sal generó un potencial osmótico ($\Psi\pi$) distinto (figura 1); la diferencia obedece a la migración de iones en la solución, concentración total iónica, radio iónico, valencia, peso molecular, grado de ionización y coeficiente osmótico de cada soluto (Porta *et al.*, 2003). Las sales que registraron menor $\Psi\pi$ tuvieron pH ácido (figura 2).

El experimento fue un bifactorial, el objetivo fue estudiar la incidencia del factor “Sal” con ocho niveles (0, 2, 4, 8, 12, 15, 19 y 28 dS m⁻¹) y del factor “Temperatura” con dos niveles (ambiente y controlada), sobre germinación de las semillas. Los tratamien-

tos resultantes fueron 16, los cuales se asignaron a las unidades experimentales según un diseño completamente aleatorizado. Por cada sal, fueron evaluados los 16 tratamientos con tres repeticiones; es decir, (11 × 16 × 3) 528 unidades experimentales.

Figura 1. Relación del potencial osmótico con la conductividad eléctrica.

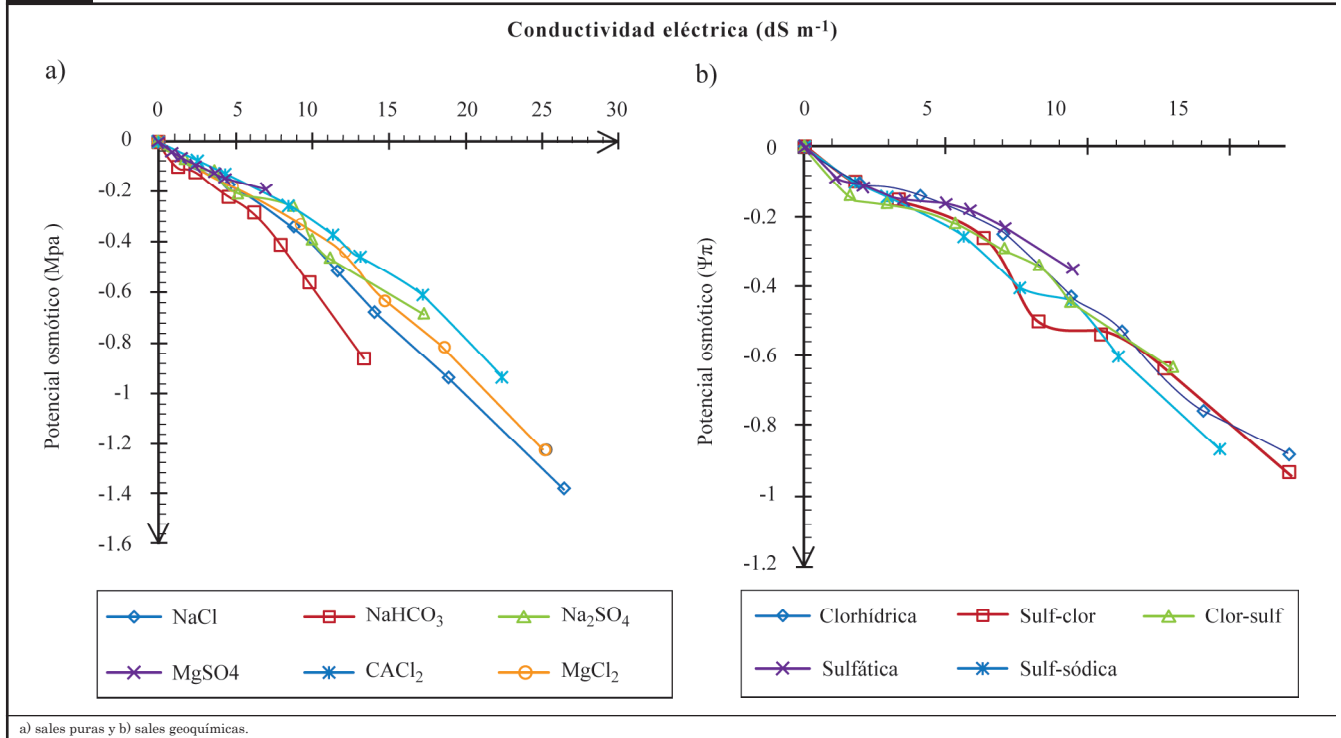
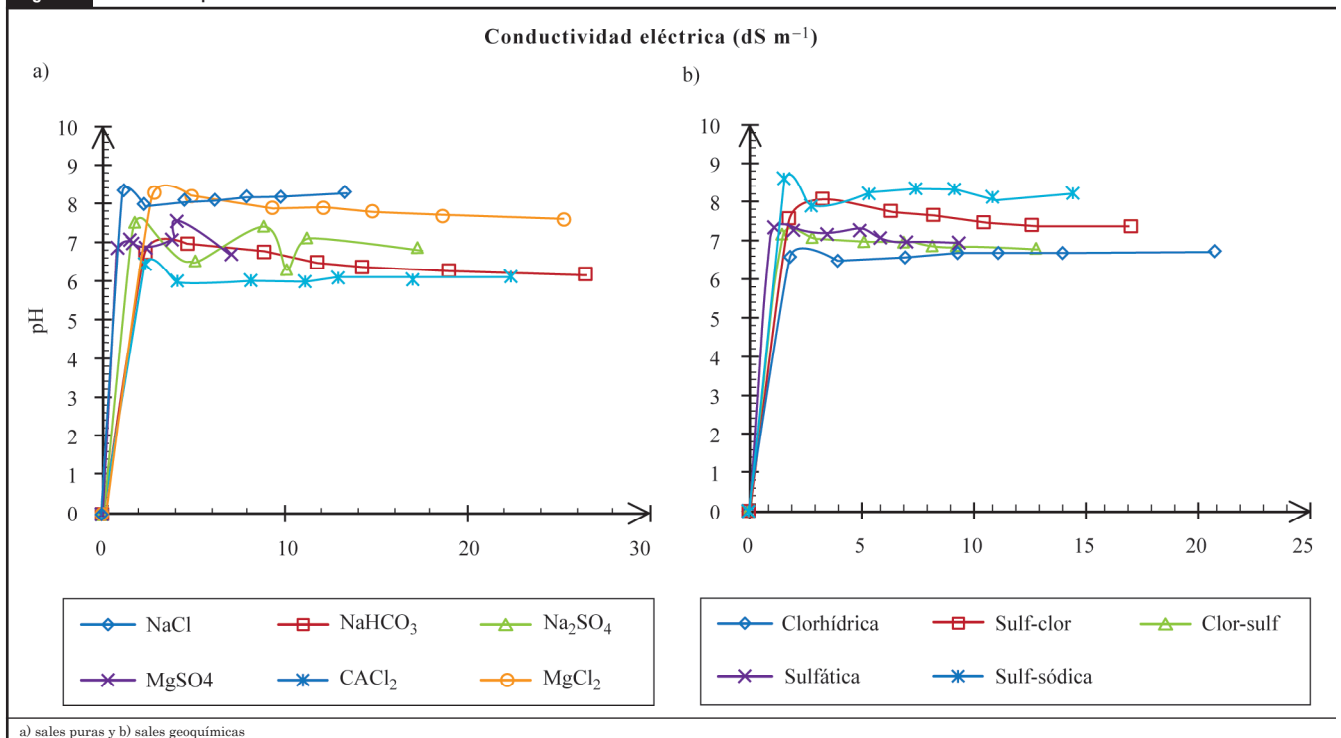


Figura 2. Relación del pH con la conductividad eléctrica.



Por unidad experimental se colocaron 10 semillas sobre papel filtro (Ahlstrom No. 61, 87 mm diámetro) en cajas Petri de plástico (84 mm diámetro y 17 mm alto), desinfectados con hipoclorito de sodio al 5.25%, aplicando 5 mL de diferente concentración y solución salina a temperatura constante (20 °C) en cámara de germinación Seedburo, y a temperatura no controlada en laboratorio, de 19 ± 4 °C durante 15 d, en completa oscuridad.

Para las soluciones salinas se determinó el pH con potenciómetro Beckman, y el $\Psi\pi$ (MPa) con osmómetro de vapor Wescor 5520. La variable evaluada en el vegetal fue el porcentaje de germinación absoluta [$G_a = (a/b) \cdot 100$, donde a = total de semillas germinadas en concentración salina respectiva y b = total de semillas para germinación], estimada mediante el conteo directo del número de radículas emergidas a partir de la primera semilla germinada; la germinación fue considerada cuando la radícula alcanzó 2.0 mm de longitud.

El análisis de varianza y la comparación de medias (Tukey; $p \leq 0.05$) de todas las soluciones salinas a las mismas concentraciones, con sus tres repeticiones, durante los 15 días de la prueba y por diferencia de temperatura, se realizó en el paquete estadístico SPSS.

2. Resultados y discusión

Con los resultados obtenidos se observa que al incrementarse la concentración salina de las sales puras se retrasó o inhibió la germinación, efecto relacionado principalmente al potencial osmótico de la solución salina (figura 1). Tlig *et al.* (2008), indicaron que altas concentraciones de sal retardan la germinación al limitar la absorción de agua en la semilla.

La germinación del pasto en el NaCl fue favorecida con una temperatura controlada como se muestra en el cuadro 1 (ver anexo); sin embargo, a partir de la dosis de 12 dS m^{-1} no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) tanto en temperatura ambiente como en temperatura controlada.

Tanto a temperatura ambiente como a 20 °C, la sal NaHCO_3 afectó en mayor grado la germinación (ver cuadro 2 en anexo), sin embargo, en temperatura ambiente la germinación no presentó diferencia estadística ($P > 0.05$) a partir de la dosis con 4 dS m^{-1} , inhibiéndola por completo desde la dosis a 8 dS m^{-1} , y en temperatura controlada fue hasta la dosis a 19 dS m^{-1} .

Para el caso de los sulfatos, en las sales puras se encontró que en el Na_2SO_4 la germinación fue mayor a temperatura controlada (20 °C), la dosis de 28 dS m^{-1} inhibió completamente el brote de semillas a temperatura ambiente, y a los 20 °C sólo retrasó la germinación (ver cuadro 3 en anexo). Sin embargo, para el MgSO_4 este efecto se presentó a partir de la dosis con 19 dS m^{-1} (ver cuadro 4 en anexo).

En los cloruros hidratados la sal $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ registró el mayor porcentaje de germinación en comparación con todas las sales puras empleadas (ver cuadro 5 en anexo), y la sal $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, retrasó el brote de semillas a partir de la dosis a 8 dS m^{-1} e inhibió la germinación en la dosis de 28 dS m^{-1} aún a temperatura controlada (ver cuadro 6 en anexo).

El máximo porcentaje de germinación en sales puras se registró el día 12 para la temperatura controlada y a los 15 días a temperatura ambiente. También puede observarse que la velocidad de germinación fue más rápida a temperatura controlada en los diferentes tipos de sales.

En el caso de las sales geoquímicas, la salinidad clorhídrica registró el mayor porcentaje de germinación, al día 12 en temperatura ambiente y al día 15 en temperatura controlada (ver cuadro 7 en anexo), en altas dosis la germinación no se inhibió sólo se retrasó; en temperatura controlada desde el día tres no se presentó diferencia estadística ($P > 0.05$) entre las dosis, y a temperatura ambiente se registró este mismo efecto a partir del día seis.

En el cuadro 8 (ver anexo) se presenta el efecto de la salinidad sulfático-clorhídrica, donde se observa que a temperatura ambiente a los nueve días después de la siembra ya se tenía el mayor valor de germinación, sin embargo a los 20 °C el máximo brote de semillas se registró hasta los 15 días.

Con respecto a la salinidad clorhídrico-sulfática, el máximo porcentaje de germinación se registró a los seis días tanto a temperatura ambiente como en temperatura controlada (ver cuadro 9 en anexo), no se observaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre dosis de salinidad.

En el caso de los sulfatos de las sales geoquímicas la salinidad sulfática no registró diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre dosis a partir del día tres de germinación (cuadro 10), en el día seis se registró el máximo porcentaje de germinación en el caso de la temperatura ambiente, y en el día 12 para la temperatura controlada.

Para los bicarbonatos de las sales geoquímicas la salinidad sulfático-sódica registró el menor porcentaje de germinación (ver anexo cuadro 11) en comparación con todas las sales geoquímicas anteriores, se observó que la temperatura controlada favoreció ligeramente a la germinación en estas sales.

En general, la temperatura controlada permitió que el pasto tolerara mayores concentraciones de sal, independientemente del tipo de salinidad; y fue más tolerante en las dosis de salinidad geoquímica que a las mismas dosis en sales puras. Las diferencias encontradas entre sales puras y sales geoquímicas coinciden con lo reportado por Sánchez-Bernal, (2008).

Las mezclas de sales registraron mayor porcentaje de germinación en menor tiempo que las sales puras, y ninguna concentración inhibió la germinación en comparación con las

sales puras, en las que algunas sales a temperatura ambiente inhibieron la germinación al 100 % en las dosis con una CE de 19 y 28 dS m⁻¹.

La reducción o retraso del porcentaje final de germinación es significativamente afectado por incrementos en la salinidad (Khan *et al.*, 2000). El bajo porcentaje de germinación en los suelos es frecuentemente resultado de altas concentraciones de sales, debido al movimiento ascendente de la solución y su subsecuente evaporación en la superficie del suelo (Song *et al.*, 2005).

El máximo porcentaje de germinación ocurrió en la mezcla de sales en comparación con las sales puras. Las semillas soportaron mayores concentraciones de salinidad a temperatura controlada y germinaron en menor tiempo; por lo que la temperatura controlada influyó positivamente en la velocidad de germinación, sin importar el tipo de sal presente. Khan y Gulzar (2003), reportaron que las temperaturas bajas retrasan la germinación, pero con incrementos de temperatura hay un substancial incremento en ésta; además, la tolerancia a la salinidad en semillas también se incrementa con altas temperaturas. Aunque una alta concentración salina disminuye la germinación, el efecto perjudicial de la salinidad es, generalmente, menos severo con temperaturas óptimas de germinación.

Esqueda *et al.* (2005), reportaron 86 % de germinación de pasto Banderita, y una rápida velocidad de germinación bajo condiciones no salinas en temporal. En condiciones no salinas y temperatura controlada presentó 50 % de germinación 22 h después de la siembra (Morales-Nieto *et al.*, 2006), mientras que Qi y Redmann (1993) observaron hasta 95 % a una temperatura de 20 °C.

Con las sales de magnesio y sodio como cationes predominantes, el porcentaje de germinación fue menor en comparación a sales con calcio; el catión sodio no afectó gravemente la germinación. Los cloruros fueron más tóxicos para la germinación, en comparación con los sulfatos, debido a los potenciales osmóticos generados.

Conclusiones

Esta es una especie cuya riqueza genética se encuentra en México, por lo que hay amplia variabilidad genética. Comercialmente, se utiliza la espiguilla completa para la siembra de este pasto; sin embargo, este estudio evaluó la utilización de grano (cariópside), libre de barreras químicas (inhibidores de la germinación) y físicas (glumas, lemas, paleas), como punto de partida para mejorar la germinación y el uso potencial de esta especie en condiciones adversas de suelos salinos, los cuales se están incrementando en nuestro país.

Es de gran importancia para zonas áridas y existen pocos estudios para incrementar la certidumbre de establecimiento y sobrevivencia de praderas en zonas áridas, este estudio permitió observar que en medios de salinidad geoquímica el pasto Banderita presentó un mayor porcentaje de germinación al mantenerse constante la temperatura, sin embargo, su tasa de germinación también depende de la concentración y el tipo de solución salina, que la germinación disminuye al incrementarse la concentración de sal. Este efecto es más alto con sales geoquímicas. Por tanto, el efecto comparativo de bajas concentraciones de sales combinadas, sería menos dañino para la germinación. Se asume que las sales de cloruro serían ligeramente más tóxicas para la germinación, que las sales de sulfato, cuando se presente igual concentración osmótica y al incrementarse la temperatura.

Con base en estos resultados se pretende realizar posteriores estudios en esta especie que permitan ampliar, la exploración de métodos de siembra, tamaño de semilla, viabilidad, relación embrión: endospermo, tasas de crecimiento vegetal, etc., con el fin de reforzar la certidumbre de establecimiento de praderas de temporal en amplias gamas de suelo, temperatura, manejo de humedad y siembra predominantes en zonas áridas.

oblie

Bibliografía

- El-Keblawy A. y Al-Rawai (2006). "Effects of Seed Maturation Time and Dry Storage on Light and Temperature Requirements During Germination in Invasive", *Prosopis juliflora*. Flora 201.
- Esqueda, C. M. H.; A. C. Melgoza; M. C. Sosa; R. R. Carrillo y J. C. Jiménez (2005). *Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo*. Téc. Pecu. Méx. 43 (1).
- Gorham J.; R. G. Wynjones y E. Mc. Donnel (1985). "Some Mechanisms of Salt Tolerance in Crop Plants", *Plant and Soil*. (89).
- Khan, M. A. y S. Gulzar (2003). "Germination Responses of Sporobolus Oocladus: a saline desert grass", *J. Arid Environ*. 53.
- Khan, M. A.; B. Gu; D. J. Weber (2000). "Germination Responses of Salicornia Rubra to Temperature and Salinity", *J. Arid Environ*. 45.
- Kovda, V. A. (1947). Origin and Regime of Saline Soil. *Academy of Sciences, Moscow, USSR*. (Translated to English by the Israel

Program for Scientific Translations with the title "Landscapes in relation to irrigation, drainage and salinity". Jerusalem, Israel, 1971).

Maas, E. V.; G. J. Hoffman (1977). Crop Salt Tolerance: Reevaluation of Existing Data. J. Irrigat. Drainage 15 Soc. Eng. 103.

Marcum, K. B. (1999). "Salinity tolerance mechanisms of grasses in the subfamily Chloridoideae". *Crop Sci.* 39.

Morales-Nieto C.; A. Quero-Carrillo; O. Le-Blanc; A. Hernández-Garay; J. Pérez-Pérez y S. González-Muñoz (2006). "Caracterización de la Diversidad del Pasto nativo *Bouteloua Curtipendula* Michx. Torr. mediante marcadores de AFLP". *Agrociencia.* 40.

Porta C.; A. R. López y De L. Roquero (2003). *Edafología*. Mundi-Prensa, Madrid, España.

Qi, M. Q. y R. E. Redmann (1993). "Seed Germination and Seedling Survival of C3 and C4 Grasses Under Water Stress", *J. Arid Environ.* 24.

Richards L., A. (Ed). (1988). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. 6ª Edición. Ed. Limusa. México.

Sánchez-Bernal E.; M. Ortega; V. González-H.; M. Camacho-E.; y J. Kohashi-S. (2008). "Crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Alpha, inducido por diversas soluciones salinas". *Interciencia.* 33(9).

Song, J.; G. Feng; C. Zhang F. (2005). *Strategies for Adaptation of Suaeda Physophora, Haloxylon Ammodendron, and Haloxylon Persicum to a Saline Environment During Seed Germination Stage*. *Annals Bot.* 96.

Szabolcs, I. (1994). "Soil and Salinization", in M. Pessaraki (ed.). *Handbook of Plant and Crop Stress*. University of Arizona. N.Y., USA.

Tlig, T.; M. Gorai; M. Neffati. (2008). "Germination Responses of *Diploptaxis Harra* to Temperature and Salinity", *Flora* 203.

Umali, D. L. (1993). "Irrigation Induced Salinity Technical", *World Bank*. Washington. D.C. 215.

Ungar, I. A. (1996). "Effect of Salinity on Seed Germination, Growth and Ion Accumulation of *Atriplex Patula* (Chenopodiaceae)", *Am. J. Bot.* 83(5).

Anexo

Cuadro 1. Densidad poblacional del venado cola blanca, estimadas por conteo de grupos de heces fecales en dos épocas del año en la UMA "Ejido de Amanalco" (2006-2007).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | | |
|-----------------------------|--------|----------|--------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|----------|
| | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | |
| Dosis (dS m ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 40 a | 57 b | 67 a | 93 a | 83 a | 93 a | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a | 97 a |
| 2 | 27 a | 97 a | 50 ab | 97 a | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a | 100 a | 97 a | 97 a |
| 4 | 0 b | 47 b | 33 abc | 53 b | 47 b | 87 a | 57 b | 87 a | 60 b | 87 a | 87 a |
| 8 | 0 b | 0 c | 27 bc | 40 bc | 37 b | 50 b | 40 c | 60 b | 47 b | 60 b | 60 b |
| 12 | 0 b | 3 c | 0 c | 7 c | 0 c | 20 c | 17 d | 23 c | 17 c | 23 c | 23 c |
| 15 | 0 b | 0 c | 0 c | 17 c | 0 c | 23 c | 3 de | 23 c | 3 c | 23 c | 23 c |
| 19 | 0 b | 0 c | 0 c | 10 c | 0 c | 13 c | 0 e | 17 c | 0 c | 17 c | 17 c |
| 28 | 0 b | 0 c | 0 c | 10 c | 0 c | 10 c | 0 e | 10 c | 0 c | 10 c | 10 c |
| F § | 18 *** | 25 *** | 12 *** | 27 *** | 31*** | 51 *** | 142*** | 113*** | 58 *** | 113.*** | 113.*** |
| Temp. ¶ | | 3502*** | | 4219*** | | 3333*** | | 2133*** | | 1519*** | 1519*** |
| Dosis ¶ | | 26448*** | | 41881*** | | 60700*** | | 62867*** | | 65698*** | 65698*** |
| Temp*dosis ¶ | | 7548*** | | 1765 NS | | 1333 NS | | 1067** | | 1065* | 1065* |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (¶) Nivel de significancia.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtispindula* (Michx.) Torr.] en NaHCO₃ a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | | |
|-----------------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|----------|
| | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | |
| Dosis (dS m ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 40 a | 57 a | 67 a | 93 a | 83 a | 93 a | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a | 97 a |
| 2 | 0 b | 13 b | 37 b | 50 b | 43 b | 60 ab | 47 b | 63 ab | 50 b | 63 ab | 63 ab |
| 4 | 0 b | 7 b | 0 c | 30 bc | 7 c | 33 bc | 7 c | 37 bc | 7 c | 37 bc | 37 bc |
| 8 | 0 b | 0 c | 0 c | 3 c | 0 c | 7 c | 0 c | 7 c | 0 c | 7 c | 7 c |
| 12 | 0 b | 0 c | 0 c | 7 c | 0 c | 7 c | 0 c | 7 c | 0 c | 7 c | 7 c |
| 15 | 0 b | 0 c | 0 c | 3 c | 0 c | 3 c | 0 c | 3 c | 0 c | 3 c | 3 c |
| 19 | 0 b | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c |
| 28 | 0 b | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c |
| F ¶ | 48*** | 13*** | 18*** | 26*** | 38*** | 23*** | 94*** | 20*** | 84*** | 20*** | 20*** |
| Temp. ¶ | | 252.1* | | 1302** | | 919** | | 833** | | 675** | 675** |
| Dosis ¶ | | 11798*** | | 35498*** | | 44131*** | | 50967*** | | 53092*** | 53092*** |
| Temp*dosis ¶ | | 498 NS | | 1481 NS | | 865 NS | | 1100 NS | | 1090 NS | 1090 NS |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (¶) Nivel de significancia.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en Na₂SO₄ a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|---------|----------|--------|----------|-------|----------|-------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 40 a | 57 a | 67 a | 93 a | 83 a | 93 a | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a |
| 2 | 0 b | 53 ab | 50 ab | 77 ab | 53 ab | 90 a | 60 ab | 90 a | 70 ab | 90 a |
| 4 | 7 b | 50 ab | 50 ab | 90 ab | 57 ab | 90 a | 57 abc | 90 a | 60 abc | 90 a |
| 8 | 0 b | 30 abc | 20 ab | 70 abc | 37 ab | 73 ab | 37 bcd | 73 ab | 37 bcd | 73 ab |
| 12 | 0 b | 17 abc | 10 ab | 53 abed | 10 b | 57 abc | 10 bcd | 57 ab | 10 cd | 57 ab |
| 15 | 0 b | 10 bc | 3 b | 37 bcd | 7 b | 53 abc | 7 cd | 53 ab | 7 d | 53 ab |
| 19 | 0 b | 3 c | 0 b | 17 d | 3 b | 30 bc | 3 d | 37 b | 3 d | 37 b |
| 28 | 0 b | 0 c | 0 b | 17 d | 0 b | 17 c | 0 d | 37 b | 0 d | 37 b |
| F ¶ | 35*** | 6*** | 4*** | 10*** | 6*** | 10*** | 10*** | 7*** | 13*** | 7*** |
| Temp. ¶ | 5633*** | | 10502*** | | 12033*** | | 13333*** | | 11718*** | |
| Dosis ¶ | 11700*** | | 36848*** | | 35792*** | | 34800*** | | 37798*** | |
| Temp*dosis ¶ | 3800** | | 2681 NS | | 1833 NS | | 1933 NS | | 2464 NS | |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (¶) Nivel de significancia.

Cuadro 4. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en MgSO₄ a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|-----------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|----------|-------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 40 a | 57 a | 67a | 93 a | 83 a | 93 a | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a |
| 2 | 33 ab | 50 ab | 40 ab | 77 ab | 43 ab | 90 a | 43 ab | 90 ab | 43 b | 90 ab |
| 4 | 7 bc | 50 ab | 37 ab | 90 a | 37 ab | 90 a | 37 b | 90 ab | 37 b | 90 ab |
| 8 | 0 c | 30 ab | 33 ab | 70 ab | 33 ab | 70 ab | 33 b | 70 ab | 33 b | 70 ab |
| 12 | 0 c | 23 ab | 20 ab | 63 abc | 30 ab | 63 abc | 30 b | 63 ab | 30 b | 63 ab |
| 15 | 0 c | 13 ab | 20 ab | 27 bcd | 23 b | 33 bcd | 23 b | 43 ab | 23 b | 43 ab |
| 19 | 0 c | 0 b | 0 b | 10 cd | 0 b | 17 cd | 0 b | 37 ab | 0 b | 37 ab |
| 28 | 0 c | 0 b | 0 b | 0 d | 0 b | 7 d | 0 b | 23 b | 0 b | 23 b |
| F ¶ | 8*** | 4*** | 4** | 10*** | 5*** | 11*** | 7*** | 4** | 8*** | 4*** |
| Temp. ¶ | 3852*** | | 8533*** | | 8533*** | | 12033*** | | 11719*** | |
| Dosis ¶ | 114431*** | | 34325*** | | 36525*** | | 31333*** | | 32281*** | |
| Temp*dosis ¶ | 2231 NS | | 3867 NS | | 3467 NS | | 2633 NS | | 2931 NS | |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (¶) Nivel de significancia.

Cuadro 5. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en CaCl₂·2H₂O a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 40 a | 57 a | 67a | 93 a | 83 a | 93 a | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a |
| 2 | 0 b | 43 ab | 43 ab | 87 ab | 50 ab | 97 a | 90 a | 97 a | 93 a | 97 a |
| 4 | 3 b | 33 ab | 37 abc | 87 ab | 50 ab | 90 ab | 50 b | 90 ab | 50 b | 90 ab |
| 8 | 0 b | 20 ab | 37 abc | 87 ab | 47 ab | 87 ab | 47 b | 87 abc | 47 b | 87 abc |
| 12 | 0 b | 20 ab | 33 abc | 80 ab | 43 b | 80 abc | 43 b | 80 abc | 43 b | 80 abc |
| 15 | 0 b | 17 ab | 33 abc | 37 abc | 33 b | 43 bcd | 43 b | 47 bc | 43 b | 47 bc |
| 19 | 0 b | 0 b | 27 bc | 33 bc | 27 b | 37 cd | 37 b | 43 bc | 40 b | 43 bc |
| 28 | 0 b | 0 b | 3 c | 7 c | 13 b | 27 d | 33 b | 40 c | 33 b | 40 c |
| F ¶ | 35*** | 5*** | 5*** | 8*** | 7*** | 9*** | 22*** | 6*** | 36*** | 6*** |
| Temp. ¶ | 4033*** | | 9919*** | | 8008*** | | 3852*** | | 3333*** | |
| Dosis ¶ | 10258*** | | 24531*** | | 23325*** | | 21315*** | | 22100*** | |
| Temp*dosis ¶ | 22167* | | 4831* | | 2792 NS | | 3198* | | 3600** | |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (¶) Nivel de significancia.

Cuadro 6. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en MgCl₂.6H₂O a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 40 a | 57 a | 67 a | 93 a | 83 a | 93 a | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a |
| 2 | 0 b | 33 ab | 47 ab | 67 ab | 57 ab | 70 ab | 63 ab | 77 ab | 73 ab | 77 ab |
| 4 | 0 b | 7 b | 20 bc | 40 bc | 23 bc | 40 bc | 37 bc | 40 bc | 37 bc | 40 bc |
| 8 | 0 b | 7 b | 0 c | 17 c | 3 c | 20 c | 3 c | 20 cd | 7 c | 20 cd |
| 12 | 0 b | 7 b | 0 c | 7 c | 3 c | 7 c | 3 c | 7 cd | 3 c | 7 cd |
| 15 | 0 b | 0 b | 0 c | 3 c | 0 c | 3 c | 3 c | 3 cd | 3 c | 3 cd |
| 19 | 0 b | 0 b | 0 c | 0 c | 0 c | 3 c | 0 c | 3 cd | 0 c | 3 cd |
| 28 | 0 b | 0 b | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 c | 0 d | 0 c | 0 d |
| F † | 48*** | 6*** | 10*** | 16*** | 16*** | 16*** | 15*** | 23*** | 16*** | 23*** |
| Temp. † | 1633 ** | | 1633 ** | | 833 NS | | 352 NS | | 133 NS | |
| Dosis † | 39267 *** | | 39267 *** | | 46892 *** | | 55448 *** | | 59100 *** | |
| Temp*dosis † | 1133 NS | | 1133 NS | | 467 NS | | 398 NS | | 200 NS | |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (‡) Nivel de significancia.

Cuadro 7. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en la salinidad Clorhídrica a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 97 ab | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 2 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 4 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 8 | 93 ab | 97 a | 97 a | 97 a | 97 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 12 | 90 abc | 93 a | 97 a | 97 a | 97 a | 97 a | 97 a | 100 a | 97 a | 100 a |
| 15 | 53 d | 63 a | 93 a | 93 a | 93 a | 97 a | 97 a | 100 a | 97 a | 100 a |
| 19 | 67 bcd | 73 a | 80 a | 87 a | 87 a | 93 a | 87 a | 93 a | 87 a | 97 a |
| 28 | 60 cd | 67 a | 83 a | 73 a | 83 a | 87 a | 83 a | 90 a | 83 a | 90 a |
| F † | 9*** | 2 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 1 NS |
| Temp. † | 208 NS | | 2 NS | | 52 NS | | 75 NS | | 102 NS | |
| Dosis † | 13058 *** | | 2881 * | | 1265 * | | 1167 ** | | 1048 ** | |
| Temp*dosis † | 125 NS | | 215 NS | | 65 NS | | 92 NS | | 148 NS | |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (‡) Nivel de significancia.

Cuadro 8. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en la salinidad Sulfático-clorhídrica a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|-----------|--------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 97 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 2 | 73 abc | 83 abc | 90 ab | 93 a | 90 ab | 97 a | 90 ab | 97 a | 90 ab | 97 ab |
| 4 | 97 a | 97 ab | 97 ab | 97 a | 97 a | 97 a | 97 ab | 100 a | 97 ab | 100 a |
| 8 | 90 ab | 90 abc | 100 a | 93 a | 100 a | 93 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 12 | 67 bcd | 76 bc | 83 ab | 90 a | 87 ab | 93 a | 87 ab | 97 a | 87 ab | 97 ab |
| 15 | 60 cd | 70 cd | 80 ab | 87 a | 87 ab | 93 a | 87 ab | 93 a | 87 ab | 93 ab |
| 19 | 43 d | 53 de | 73 ab | 77 ab | 73 b | 90 a | 73 b | 90 a | 73 b | 93 ab |
| 28 | 43 d | 40 e | 70 b | 50 b | 80 ab | 87 a | 80 b | 87 a | 80 b | 97 b |
| F † | 13*** | 24 *** | 4 *** | 8 *** | 5 *** | 1 NS | 5 *** | 3 NS | 6 *** | 3 ** |
| Temp. † | 300 NS | | 8 NS | | 252 * | | 352 ** | | 352 ** | |
| Dosis † | 19025 *** | | 7558 *** | | 1781 *** | | 1765 *** | | 1581 *** | |
| Temp*dosis † | 333 NS | | 8255 NS | | 498 NS | | 165 NS | | 231 NS | |

(†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística (p ≤ 0.01) entre concentraciones. (‡) Nivel de significancia.

Cuadro 9. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en la salinidad Clorhídrico-sulfática a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 97 ab | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 2 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 4 | 87 a | 97 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 8 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 12 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 15 | 77 a | 87 a | 87 a | 93 a | 87 a | 93 a | 87 a | 93 a | 87 a | 93 a |
| 19 | 73 a | 87 a | 83 a | 90 a | 83 a | 90 a | 83 a | 90 a | 83 a | 90 a |
| 28 | 60 a | 67 a | 80 a | 87 a | 80 a | 87 a | 80 a | 87 a | 80 a | 87 a |
| F † | 3 ** | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS |
| Temp. † | 352 NS | | 75 NS | | 75 NS | | 75 NS | | 75 NS | |
| Dosis † | 7498 ** | | 2133 * | | 2133 * | | 2133 * | | 2133 * | |
| Temp*dosis † | 298 NS | | 125 NS | | 125 NS | | 125 NS | | 125 NS | |

 (†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística ($p \leq 0.01$) entre concentraciones. (†) Nivel de significancia.

Cuadro 10. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en la salinidad Sulfática a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|----------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 97 ab | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 2 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 4 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 8 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 12 | 93 a | 93 a | 93 a | 97 a | 93 a | 93 a | 93 a | 100 a | 93 a | 100 a |
| 15 | 60 a | 87 a | 87 a | 93 a | 87 a | 87 a | 87 a | 97 a | 87 a | 97 a |
| 19 | 60 a | 87 a | 87 a | 93 a | 87 a | 87 a | 87 a | 93 a | 87 a | 93 a |
| 28 | 60 a | 73 a | 73 a | 80 a | 73 a | 73 a | 73 a | 87 a | 73 a | 87 a |
| F † | 4 ** | 2 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 2 NS | 2 NS | 1 NS | 2 NS | 1 NS |
| Temp. † | 102 NS | | 208 NS | | 208 NS | | 252 NS | | 252 NS | |
| Dosis † | 14615 ** | | 2492 ** | | 2492 ** | | 2181 ** | | 2181 ** | |
| Temp*dosis † | 81 NS | | 255 NS | | 255 NS | | 298 NS | | 298 NS | |

 (†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística ($p \leq 0.01$) entre concentraciones. (†) Nivel de significancia.

Cuadro 11. Porcentaje de germinación absoluta de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en la salinidad Sulfático sódica a temperatura ambiente (Ta) y controlada (Tc).

| Día | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 15 | |
|-----------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| Dosis (dS m ⁻¹) | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † | Ta † | Tc † |
| 0 | 97 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| 2 | 87 ab | 93 ab | 87 ab | 93 a | 87 abc | 93 a | 87 ab | 93 a | 87 ab | 93 a |
| 4 | 73 ab | 93 ab | 97 ab | 97 a | 97 a | 97 a | 97 a | 100 a | 97 a | 100 a |
| 8 | 47 ab | 53 abc | 67 ab | 83 a | 67 abc | 83 ab | 67 ab | 83 ab | 67 ab | 83 ab |
| 12 | 30 ab | 40 c | 30 bc | 43 b | 33 abc | 50 bc | 33 ab | 50 bc | 33 ab | 50 bc |
| 15 | 20 ab | 33 c | 20 cd | 40 b | 20 bc | 40 c | 20 b | 40 c | 20 b | 40 c |
| 19 | 13 b | 27 c | 13 d | 33 b | 13 c | 33 c | 13 b | 33 c | 13 b | 33 c |
| 28 | 10 b | 20 c | 10 d | 23 b | 10 c | 23 c | 10 b | 27 c | 10 ab | 27 c |
| F † | 4 ** | 13 *** | 7 ** | 21 *** | 6 ** | 14 *** | 6 ** | 14 *** | 6 ** | 14 *** |
| Temp. † | 300 NS | | 8 NS | | 19 NS | | 33 NS | | 33 NS | |
| Dosis † | 41633 *** | | 44358 *** | | 42865 *** | | 42667 *** | | 42667 *** | |
| Temp*dosis † | 1333 NS | | 5425 NS | | 5565 NS | | 6233 NS | | 6233 NS | |

 (†) Literales diferentes (minúsculas), dentro de cada columna, indican diferencia estadística ($p < 0.01$) entre concentraciones. (†) Nivel de significancia.