

Estrés osmótico y germinación de *Yucca elata* y *Menodora scabra*, dos especies de plantas nativas del desierto Chihuahuense

Osmotic stress and germination of *Yucca elata* and *Menodora scabra*, two species of plants native to the desert of Chihuahua

David E. Prado-Tarango*¹; Alicia Melgoza-Castillo²;
Ricardo Mata-González¹; Federico Villarreal-Guerrero²

¹Oregon State University, Department of Animal and Rangeland Sciences,
120 Withycombe Hall, Corvallis, OR 97331, United States.

²Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico
Francisco R. Almada km 1, Zootecnia, 33820, Chihuahua, Chih., México.

*Autor para correspondencia: pradotad@oregonstate.edu

Resumen

La propagación de plantas es esencial para la restauración de ecosistemas degradados. Las zonas áridas presentan especies vegetales altamente resistentes a la sequía como *Yucca elata* (Engelm.) Engelm. y *Menodora scabra* A. Gray. Generalmente se acepta que, como parte del cambio climático, la sequía puede intensificarse en duración y frecuencia en estas zonas. Por lo tanto, la germinación de las dos especies se evaluó en diferentes niveles de estrés osmótico para determinar su respuesta a diferentes niveles de humedad. La germinación en las dos especies se redujo a medida que se incrementó el estrés osmótico, pero en *Y. elata* no se presentó inhibición (13 % germinación), a -1.5 MPa, mientras que en *M. scabra* si se presentó inhibición (0 % germinación) a este nivel de potencial osmótico. Estas respuestas muestran que la germinación de *Y. elata* es menos afectada por la sequía que la germinación de *M. scabra*. Esto representa diferentes potencialidades de manejo en programas de restauración ecológica. Mientras que *Y. elata* pudiera tener éxito germinando directamente en el suelo en estrés por sequía, *M. scabra* pudiera establecerse trasplantándola en campo en etapa de plántula o con el uso de nodrizas.

Palabras clave:

Manitol, germinación,
plantas nativas,
propagación, zonas áridas.

Abstract

Plant propagation is essential for the restoration of degraded ecosystems. Arid areas sustain some drought tolerant plant species such as *Yucca elata* (Engelm.) Engelm. and *Menodora scabra* A. Gray. It is widely accepted that drought can increase in intensity and frequency under the current scenario of climate change. Therefore, we conducted a germination study to test these two native plant species of the Chihuahuan desert under different levels of osmotic stress and to determine their response under different levels of drought. In both species, increasing levels of drought affected germination, but germination of *Y. elata* was not inhibited (13 % of germination) even at -1.5 MPa, while germination of *M. scabra* was inhibited (0 % germination) at this osmotic potential. These responses show germination of *Y. elata* is less affected by drought than germination of *M. scabra*. Therefore, this represents different potential alternatives of reproduction in restoration programs for these species. Whereas *Y. elata* may be successfully reproduced by seed under dry field conditions, *M. scabra* may require seedling production and field transplantation or the use of nursing plants in the field.

Keywords:

Mannitol, germination,
native plants, propagation,
arid areas.

Introducción

Yucca elata (Engelm.) Engelm. (palma) y *Menodora scabra* A. Gray (menodora) son dos especies de plantas nativas de las zonas áridas del desierto Chihuahuense. La primera es una planta arborescente de la familia Asparagaceae con metabolismo fotosintético CAM (Ramírez-Tobías, Peña-Valdivia, Trejo, Aguirre, & Vaquera, 2014). Esta especie tiene diversos usos locales tales como la elaboración de jabones y fibras (Melgoza et al., 2006). La segunda especie es un sub-arbusto perenne de la familia Oleaceae con metabolismo fotosintético C₃ (Syvertsen, Nickell, Spellenberg, & Cunningham, 1976). Esta especie tiene excelente valor forrajero por lo que es ramoneada por el ganado (Melgoza et al., 2006). Estas características hacen que ambas especies sean importantes para restauración, desde el punto no solo ecológico, sino también económico. *Yucca elata* aporta materia prima para la elaboración de diversos productos, como jabones y fibras. *M. scabra* es consumida por el ganado por lo que al incrementar sus poblaciones en agostaderos representará un incremento de calidad y cantidad del forraje disponible para ganado.

La pérdida de la vegetación es la característica más obvia en los ecosistemas deteriorados (Melgoza et al., 2007). Una forma de restaurar estos ecosistemas degradados es mediante la repoblación artificial con especies autóctonas (Montalvo, McMillan, & Allen, 2002; Petersen, Roundy & Bryant, 2004). El uso de especies exóticas puede llegar a tener otras implicaciones menos deseables en el ecosistema, como el desplazamiento de especies nativas (Esqueda, Melgoza, Sosa, Carrillo, & Jiménez, 2005). Una forma de prevenir este tipo de situaciones es el uso de especies nativas (Burton y Burton, 2002).

Diversos trabajos han evaluado la germinación de diferentes especies de *Yucca* y *Menodora*. *Yucca filifera* Chabaud presenta hasta un 80 % de germinación de, *Y. elata* entre 60 y 90 % y *Y. glauca* Nutt., *Y. baccata* Torr., y *Y. brevifolia* Engelm. hasta 100 % (Contreras-Quiroz, Pando-Moreno, Flores, & Jurado, 2016; Jiménez-Aguilar & Flores, 2010; McCleary, 1973). Sin embargo, el estrés de humedad si bien reduce la germinación no es limitante en su totalidad. Por ejemplo, *Y. periculosa* presenta un máximo de germinación de 80 % a -0.4 MPa (Flores & Briones, 2001). *M. scabra* y *M. longiflora* A. Gray. presentan hasta un 80 y 75 %, respectivamente, de germinación en condiciones de mucha humedad (Fulbright & Flenniken, 1986; Sabo et al., 1979). Sin embargo, los estudios recientes sobre la germinación de estas especies son pocos.

Germinación y establecimiento son las etapas críticas en la propagación de plantas (Shanjani, Izadpanah, & Mohamadpour, 2013). Si bien se sabe que las especies nativas sobreviven a la sequía, las adaptaciones (estrategias) a este fenómeno durante sus etapas críticas son inciertas. Por ejemplo, especies del género *Atriplex* en su etapa adulta, resisten sequía y salinidad (Mata-

Gonzalez, Abdallah, Trejo-Calzada, & Wan, 2017). Sin embargo, las sales reducen la germinación (Bajji, Kinet, & Lutts, 2002; Mandák y Pyšek, 2001). *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths, una especie adaptada a los climas áridos secos, requiere años excepcionalmente húmedos para germinar y establecerse (Esqueda et al., 2005). Las plantas adultas de *Oenothera caespitosa* Nutt. son resistentes a la sequía, pero requieren de hasta 14 días de humedad para poder germinar y emerger (Luna, 2007). Otro tipo de estrategias son las asociaciones que realizan las plántulas a nivel de raíz con micorrizas para asimilar nutrientes y conservar humedad (Al-Whaibi, 2009).

El agua es uno de los factores limitativos que tienen las semillas para poder germinar en las zonas áridas (Hu, Zhou, Li, Wu, & Wang, 2013). El incremento del estrés osmótico reduce el porcentaje y la velocidad de germinación en algunas especies (Daws, Crabtree, Dalling, Mullins, & Burslem, 2008; Sevik & Cetin, 2015; Windauer, Martínez, Rapoport, Wassner, & Banach-Arnold, 2012). Sin embargo, existen especies que con niveles de humedad mínima pueden germinar adecuadamente (Zandi & Azarnivand, 2013). *Alyssum simplex* Rudolphi y *Carduus pycnocephalus* L. presentan un porcentaje de germinación de 83 y 89 %, respectivamente, a -0.35 MPa (Bochet, García-Fayos, Alborch, & Tormo 2007). *Clusia hilariana* Schtdl. alcanza un 10 % de germinación a -0.8 MPa (Cavalcante, Braz, & Mattos, 2010). *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., de 50 % a -1.8 MPa (Daws, et al., 2008). *Atriplex halimus* L. presenta un porcentaje de germinación menor al 10% (Bajji et al., 2002).

La lluvia en el desierto Chihuahuense se presenta de forma irregular y son pocos los años con precipitación mayor a la media (Pinedo, Hernández, Melgoza, Villalobos, Morales, & Vélez, 2013). Así, es importante conocer las estrategias de las especies nativas para germinar y emerger aún en condiciones de sequía. La identificación de este tipo de plantas para su uso en rehabilitación de pastizales dará mayores probabilidades de éxito. Una forma rápida de evaluar los requerimientos de humedad en laboratorio, es mediante el uso de agentes como manitol que simulan el estrés osmótico (Torabi & Niknam, 2011). Con base en estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la germinación de semillas de estas dos especies de plantas nativas en diferentes niveles de estrés osmótico. La expectativa es encontrar un nivel de tolerancia a los niveles de estrés osmótico debido a las adaptaciones de las especies a las zonas áridas.

Materiales y métodos

Semillas de *Y. elata* y *M. scabra* se utilizaron en este trabajo. Dichas semillas fueron colectadas en el municipio de Janos, Chihuahua en agosto del 2010. Dichas semillas se mantuvieron en refrigeración a 4 °C en laboratorio hasta la fecha de la siembra. Pruebas preliminares de germinación no mostraron latencia. Los niveles

de estrés osmótico utilizados fueron 0 (testigo), -0.5, -1.0 y -1.5 MPa. Para obtener los niveles de estrés osmótico se utilizó manitol. Las semillas se colocaron en cajas Petri, a las cuales previamente se les había colocado como sustrato papel secante y la solución de manitol correspondiente al nivel de humedad. Las cajas Petri se colocaron en una germinadora a 28 °C durante todo el ensayo. Seis repeticiones se emplearon por tratamiento y 30 semillas por repetición en una prueba de germinación. Los recuentos diarios de semillas germinadas se llevaron al cabo durante 21 días. La semilla se consideró germinada cuando la radícula presentaba 1 mm de longitud. Al finalizar cada recuento se eliminó, de forma manual, cada semilla germinada con el fin de no alterar registros futuros. La captura de datos se realizó en Excel y el análisis estadístico, en SAS 9.1.3, consistió de un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación múltiple de medias de Tukey. Los porcentajes de germinación se transformaron en arco seno antes de realizar el análisis estadístico para asegurar normalidad.

Resultados y discusión

La germinación de ambas especies se presentó en los primeros 3-4 días del ensayo (Figura 1). Esta respuesta es común en plantas de zonas áridas. La germinación rápida favorece el aprovechamiento de humedad (Bochet *et al.*, 2007; Tielborger & Prasse, 2009). La prueba de ANOVA detectó una diferencia significativa entre estrés osmótico en *Y. elata* ($P = <.0001$) y *M. scabra* ($P = <.0001$). *Yucca elata* presentó diferencia no significativa entre el testigo y el tratamiento de -0.5 MPa (Figura 2). La germinación a 0 Mpa, fue de 90 % y a -0.5 Mpa fue de 91 %. La germinación se redujo significativamente a -1.0 MPa, a pesar que se mantiene a un 81 %. La germinación a -1.5 Mpa, decrece hasta un 13 %. Con base en los resultados, *Y. elata* es una especie que puede ser implantada en campo a través de la siembra directa, ya que germina aún cuando la humedad es limitada.

La germinación de *M. scabra* presentó menor germinación con estrés osmótico. Los porcentajes de germinación del testigo y el tratamiento de -0.5 MPa no fueron diferentes, 63 y 72 %, respectivamente. El estrés osmótico en esta especie, reduce drásticamente la germinación, con un porcentaje de 0.3 % a -1.0 MPa y la inhibición a -1.5 MPa. Por lo que esta especie raramente podrá germinar en campo cuando la humedad es limitada.

En plantas de zonas áridas se han identificado dos tipos de respuesta en germinación ante el estrés osmótico (Shanjani *et al.*, 2013). Un primer tipo es la tolerancia al estrés, en especies que pueden seguir germinando aún con niveles grandes de estrés osmótico. El segundo tipo de respuesta es la reducción de la germinación bajo estrés. La diferencia encontrada entre especies en este ensayo se puede explicar debido a la variabilidad ambiental en la distribución de ambas especies. Una diferencia en la germinación con estrés osmótico se presentó en semillas de *Pinus sylvestris* L. colectadas en localidades con diferente precipitación. A -0.6 MPa, la germinación fue de un 49.8 % en semilla de localidades con menor precipitación de 448 mm anuales; mientras que las semillas de localidades más húmedas (770 mm de precipitación anual), la germinación a este nivel de estrés osmótico fue de 10.6 % (Tilki, 2005). *Yucca elata* crece en zonas áridas y se esperaría una mayor resistencia a la sequía donde hay precipitaciones promedio de 200 – 300 mm al año. Caso contrario, *M. scabra* que se desarrolla en zonas de matorrales con precipitaciones promedio de 300 – 400 mm (COTECOCA, 1978; Melgoza *et al.*, 2006).

La lenta germinación es una adaptación que presentan las plantas para asegurar la supervivencia de las plántulas; las semillas requieren de mayor humedad por un periodo de tiempo más prolongado (Kermode, 2011). Un ejemplo de ello son las semillas de *Digitaria californica* (Benth.) Henr. que requieren de hasta tres días de humedad constante para germinar, lo que indica

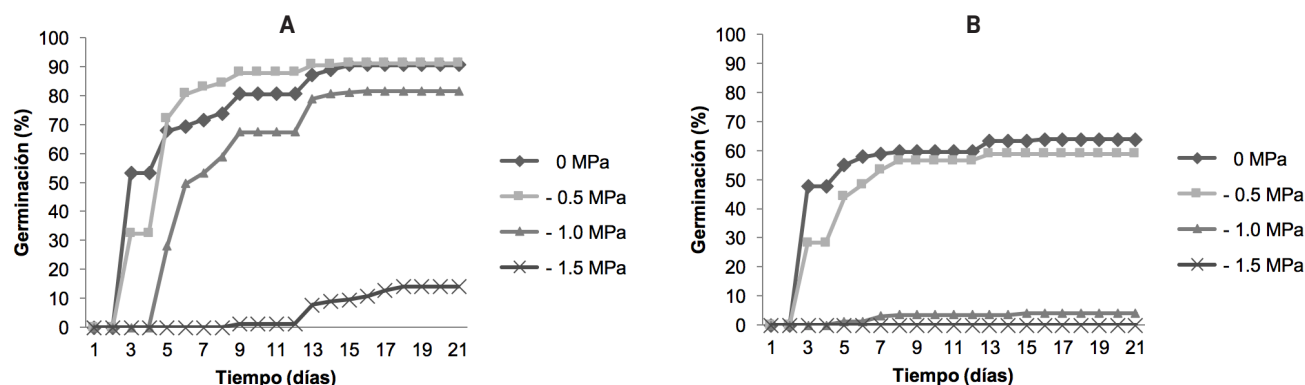


Figura 1. Porcentaje de germinación de (A) *Yucca elata* y (B) *Menodora scabra* en función del tiempo en cuatro niveles de estrés osmótico.

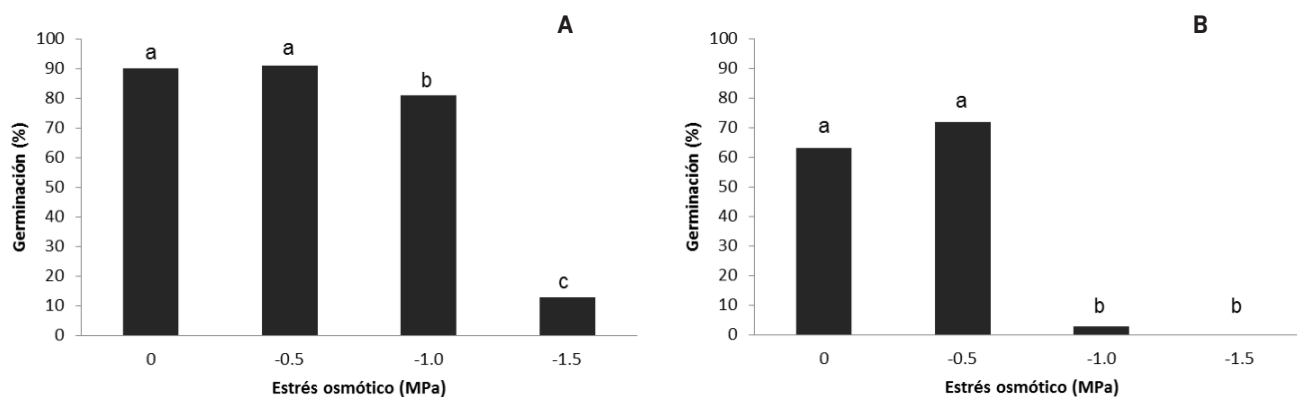


Figura 2. Germinación en (A) *Yucca elata* y (B) *Menodora scabra* en niveles diferentes de estrés osmótico. Letras diferentes indican diferencias significativas a $P < 0.01$.

que esta especie puede requerir años de precipitación intensa para poder germinar y establecerse (Smith, Riley, Tiss, & Fendehelm, 2000). Otro ejemplo es *Astrophytum myriostigma* Lem. que presenta una germinación del 80 % con cuatro días de humedad constante (Romero-Méndez, Figueroa, Berumen, Martínez-Ríos, & García, 2013). Algunas especies requieren de humedad constante, pero germinan aún sin precipitaciones intensas. Una de estas estrategias es la creación de asociaciones con otras especies u objetos nodriza (Jankju, 2013). Esto puede brindar a la semilla y plántula protección contra depredadores y mayor humedad en el suelo al evitar la incidencia directa de la radiación solar. Ejemplos de plantas nodriza son *Retama sphaerocarpa* L., *Ambrosia dumosa* (A. Gray) Payne y *Coleogyne ramosissima* Torr. (Padilla & Pugnaire, 2006; Walker, Thompson, & Landau, 2001).

Pterocereus gaumeri (Britton & Rose) Th. presenta un nivel grande de mortalidad de plántulas que germinaron sin protección de una nodriza (Méndez, Dorantes, Dzib, Argáez, & Durán, 2006). La presencia de una nodriza es una posible estrategia que presenta *M. scabra* para su germinación y establecimiento.

Las plantas tolerantes a la sequía presentan otros tipos de estrategias como la germinación rápida (Verdú & Traveset, 2005). Esto favorece a las especies de zonas áridas para aprovechar la humedad. La estrategia probablemente está relacionada con otras características como crecimiento rápido. En las zonas áridas, donde la productividad es pequeña y limitada por humedad y nutrientes, una prioridad es el desarrollo de un sistema radical profundo para obtener la humedad del subsuelo. Esto ha sido documentado en *Populus euphratica* Oliv. y *Senna cumingii* (Hook. & Arn.) H.S.Irwin & Barn (León, Squeo, Gutiérrez, & Holmgren, 2011; Poorter & Remkes, 1990; Wang et al., 2015). Sin embargo, esta estrategia presenta un riesgo debido a la variabilidad del patrón de precipitación.

La germinación rápida, seguida por días sin lluvia, ocasiona una gran mortalidad de plántula y muy posiblemente un agotamiento del banco de semillas de suelo (Tielborger & Prasse, 2009).

Conclusiones

Yucca elata es una especie que se puede propagar a través de la siembra de semilla aún con humedad limitada. *Menodora scabra* fue más sensible al estrés osmótico. Esto implica que el implante de *M. scabra* no se logrará a menos de que se presente un año excepcionalmente húmedo. La producción de plantas en vivero con riego es una opción para posteriormente trasplantar en campo. Así, un número determinado de días con humedad es necesario para asegurar tamaño óptimo y su establecimiento en campo. Las semillas de ambas especies se colectaron y trabajaron como una muestra de la población. La recomendación es colectar y estudiar diferentes genotipos de estas especies por separado, con la finalidad de localizar a los más resistentes a la sequía para programas de propagación y restauración. De igual forma, la evaluación de la germinación y el establecimiento en campo de estas especies con asociaciones de nodrizas es conveniente. La evaluación de *Y. elata* con efecto de nodrizas debería ser considerada con respecto a su establecimiento a largo plazo, pero con *M. scabra* es importante la obtención de la información para lograr establecerla. Una limitante en este trabajo fue la falta de equipo y reactivos para la realización de pruebas de viabilidad, pero para cualquier prueba de germinación se recomienda una prueba de viabilidad con tetrazolio con la finalidad de conocer el porcentaje de semilla viable y tener resultados precisos.

Referencias

- Al-Wahaibi, M. (2009). Desert plants and mycorrhiza. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 3(2), 457-466. Obtenido de: <https://goo.gl/HQkaIX>.

- Bajji, M., Kinet, J., & Lutts, S. (2002). Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). *Canadian Journal of Botany*, 80(3), 297-304. doi: 10.1139/b02-008.
- Bochet, E., García-Fayos, P., Alborch, B., & Tormo, J. (2007). Soil water availability effects on seed germination account for species segregation in semiarid roadslopes. *Plant and Soil*, 295(1), 179-191. doi: 10.1007/s11104-007-9274-9.
- Burton, P., & Burton, C. (2002). Promoting Genetic Diversity in the Production of Large Quantities of Native Plant Seed. *Ecological Restoration*, 20(2), 117-123. doi: 10.3368/er.20.2.117.
- Cavalcante, A., Braz, M., & Mattos, I. (2010). Germination biology and seedling growth of *Clusia hilariana* Schtdl., a dominant CAM-tree of drought-prone sandy coastal plains. *Ecological Research*, 25(4), 781-787. doi: 10.1007/s11284-010-0708-0.
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). (1978). Estudio para el Estado de Chihuahua. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F.
- Contreras-Quiroz, M., Pando-Moreno, M., Flores, J., & Jurado, E. (2016). Effects of wetting and drying cycles on the germination of nine species of the Chihuahuan Desert. *Botanical Sciences*, 94(2), 221-228. doi: 10.17129/botsci.457.
- Daws, M., Crabtree, L., Dalling, J., Mullins, C., & Burslem, D. (2008). Germination responses to water potential in neotropical pioneers suggest large-seeded species take more risks. *Annals of Botany*, 102(6), 945-51. doi: 10.1093/aob/mcn186.
- Esqueda, M. H., Melgoza, A., Sosa, M., Carrillo, R., & Jiménez, J. (2005). Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad-sequía en tres tipos de suelo. *Técnica Pecuaria México*, 43(1), 101-115. Obtenido de: <https://goo.gl/QqqTou>.
- Flores, J., & Briones, O. (2001). Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: Effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environments*, 47(4), 485-497. doi: 10.1006/jare.2000.0728.
- Fulbright, T., & Flenniken, K. (1986). Effects of Temperature and Presowing Treatments on Showy Menodora Seed Germination. *Journal of Range Management*, 39(4), 310-313. doi: 10.2307/3899769.
- Hu, X., Zhou, W., Li, Z., Wu, Q., & Wang, T. (2013). Environmental factors controlling seed germination and seedling recruitment of *Stipa bungeana* on the Loess Plateau of northwestern China. *Ecological Research*, 28(5), 801-809. doi: 10.1007/s11284-013-1063-8.
- Jankju, M. (2013). Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. *Journal of Arid Environments*, 89, 103-109. doi: 10.1016/j.jaridenv.2012.09.008.
- Jiménez-Aguilar, A., & Flores, J. (2010). Effect of light on seed germination of succulent species from the southern Chihuahuan Desert: comparing germinability and relative light germination. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 12, 12-19.
- Kermode, A. (2011). *Seed dormancy: Methods and protocols* (Springer protocols (Series)). New York: Humana Press.
- Leon, M., Squeo, F., Gutiérrez, J., & Holmgren, M. (2011). Rapid root extension during water pulses enhances establishment of shrub seedlings in the Atacama Desert. *Journal Of Vegetation Science*, 22(1), 120-129. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01224.x>.
- Luna, T. (2007). Propagation protocol for rock evening primrose (*Oenothera caespitosa* Nutt.). *Native Plants Journal*, 8(1), 40-41. Obtenido de: <https://goo.gl/qXcbPB>.
- Mandák, B., & Pyšek, P. (2001). The effects of light quality, nitrate concentration and presence of bracteoles on germination of different fruit types in the heterocarpous *Atriplex sagittata*. *Journal of Ecology*, 89(2), 149-158. doi: <http://dx.doi.org/10.1046>.
- Mata-Gonzalez, R., Abdallah, M. A. B., Trejo-Calzada, R., & Wan, C. (2017). Growth and leaf chemistry of *Atriplex* species from Northern Mexico as affected by salt stress. *Arid Land Research and Management*, 31(1), 57-70. doi: 10.1080/15324982.2016.1199065.
- Mccleary, J. (1973). Comparative Germination and Early Growth Studies of Six Species of the Genus *Yucca*. *The American Midland Naturalist*, 90(2), 503-508. doi: 10.2307/2424480.
- Melgoza, A., Morales, C. R., Sierra, J. S., Royo, M. H., Quintana, G., & Lebgue, T. (2006). Manual práctico para la identificación de las principales plantas en los agostaderos de Chihuahua. UGRCH. Chihuahua, Chih.
- Melgoza, A., Ortega, C., Morales, C., Jurado, P., Vélez, C., Royo, M., Quintana, G., Lafón, A., & Alarcón M. (2007). Propagación de plantas nativas para la recuperación de áreas degradadas: Opción para mejorar ecosistemas. *Tecnociencia*, 1(3), 38-41. Obtenido de: <https://goo.gl/TjGNpV>.
- Méndez, M., Dorantes, A., Dzib, G., Argáez, J., & Durán, R. (2006) Germinación y establecimiento de plántulas de *Pterocereus gaumeri*, una cactácea columnar, rara y endémica de Yucatán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 79, 33-41. Obtenido de: <https://goo.gl/CY14XT>.
- Montalvo, A., McMillan, P., & Allen, E. (2002). The Relative Importance of Seeding Method, Soil Ripping, and Soil Variables on Seeding Success. *Restoration Ecology*, 10(1), 52-67. doi: <http://dx.doi.org/10.1046>.
- Padilla, F., & Pugnaire, F. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(4), 196-202. doi: 10.1890/1540-9295(2006)004[0196:TRONPI]2.0.CO;2
- Petersen, S., Roundy, B., & Bryant, R. (2004). Revegetation Methods for High-Elevation Roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. *Restoration Ecology*, 12(2), 248-257. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1061-2971.2004.00321.x>.
- Pinedo, C., Hernández, N., Melgoza, A., Villalobos, M., Morales, C., & Vélez, C. (2013). La sequía y su impacto en la ganadería del estado de Chihuahua. *Boletín de divulgación 1 Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, Chih.*

- Poorter, H., & Remkes, C. (1990). Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia*, 83(4), 553-559. doi: 10.1007/BF00317209.
- Ramírez-Tobías, H., Peña-Valdivia, C., Trejo, C., Aguirre R, J., & Vaquera H, H. (2014). Seed germination of Agave species as influenced by substrate water potential. *Biological Research*, 47, 11. doi: 10.1186/0717-6287-47-11.
- Romero-Méndez, U., Figueroa, R., Berumen, S., Martínez-Ríos, J. & García, M. (2013). Notas sobre la germinación de la semilla de *Astrophytum myriostigma* Lem. (1839): una revisión bibliográfica. *Agrofaz*, 13(1), 81-85. Obtenido de: <https://goo.gl/YMd7j8>.
- Sabo, D., Johnson, Gordon V, Martin, William, C, Aldon, Earl, F., United States. Department of Agriculture, & Rocky Mountain Forest Range Experiment Station. (1979). *Germination requirements of 19 species of arid land plants* (Research paper RM; 210). Fort Collins, Colo.: Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Dept. of Agriculture.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2015). Effects of Water Stress on Seed Germination for Select Landscape Plants. *Polish Journal Of Environmental Studies*, 24(2), 689-693. doi: 10.15244/pjoes/30119.
- Shanjani, P., Izadpanah, M., & Mohamadpour, M. (2013). Effects of water stress on germination of yarrow populations (*Achillea* Spp.) from different bioclimatic zones in Iran. *Plant Breeding and Seed Science*, 68, 39-54. doi: 0.2478/v10129-011-0079-x.
- Smith, S., Riley, E., Tiss, J., & Fendenheim, D. (2000). Geographical variation in predictive seedling emergence in a perennial desert grass. *Journal of Ecology*, 88(1), 139-149. doi: <http://dx.doi.org/10.1046>.
- Syvertsen, J. P., Nickell, G. L., Spellenberg, R. W., & Cunningham, G. L. (1976). Carbon Reduction Pathways and Standing Crop in Three Chihuahuan Desert Plant Communities. *The Southwestern Naturalist*, 21(3), 311-320. doi: 10.2307/3669716.
- Tielbörger, K., & Prasse, R. (2009). Do seeds sense each other? Testing for density-dependent germination in desert perennial plants. *Oikos*, 118(5), 792-800. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.17175.x>.
- Tilki, F. (2005). Seed germination and radicle development in six provenances of *Pinus sylvestris* L. under water stress. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(1), 29-33. doi: 10.1560/0NQF-3CKU-BLDD-JWE4.
- Torabi, S., & Niknam, V. (2011). Effects of Iso-osmotic Concentrations of NaCl and Mannitol on some Metabolic Activity in Calluses of Two *Salicornia* species. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 47(6), 734-742. doi: 10.1007/s11627-011-9371-6.
- Verdú, M., & Traveset, A. (2005). Early emergence enhances plant fitness: a phylogenetically controlled meta-analysis. *Ecology*, 86(6), 1385-1394. doi: 10.1890/04-1647.
- Walker, L., Thompson, D., & Landau, F. (2001). Experimental manipulations of fertile islands and nurse plant effects in the Mojave Desert, USA. *Western North American Naturalist*, 61(1), 25-35. Obtenido de: <https://goo.gl/t0tFJJ>.
- Wang, Lijuan, Zhao, Chengyi, Li, Jun, Liu, Zhihui, & Wang, Jianghong. (2015). Root plasticity of *Populus euphratica* seedlings in response to different water table depths and contrasting sediment types. *PLoS ONE*, 10(3). doi: 10.1371/journal.pone.0118691.
- Windauer, L. B., Martinez, J., Rapoport, D., Wassner, D., & Benech-Arnold, R. (2012). Germination responses to temperature and water potential in *Jatropha curcas* seeds: A hydrotime model explains the difference between dormancy expression and dormancy induction at different incubation temperatures. *Annals of Botany*, 109(1), 265-73. doi: 10.1093/aob/mcr242.
- Zandi, E., & Azarnivand, H. (2013). Effect of water stress on seed germination of *Agropyron Elongatum*, *Agropyron Desertorum* & *Secale Montanum*. *Desert Journal*, 17(3), 249-253. Obtenido de: <https://goo.gl/gmRmZO>.