



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.844>

Artículo

Efectos del pretratamiento con *Trichoderma* y *Bacillus* en la germinación de semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore
Effects of *Trichoderma* and *Bacillus* pre-treatments on the germination of *Agave victoriae-reginae* T. Moore seeds

Francisco Castillo Reyes¹, David Castillo Quiroz^{1*}, Jesús Eduardo Sáenz Ceja², Agustín Rueda Sánchez³, J. Trinidad Sáenz Reyes⁴

Abstract

Application of germinative treatments is key to improve germination rates of forest species seeds, among which is found the use of microorganisms. In this study, the percentage of germination of *Agave victoriae-reginae* seeds treated with *Trichoderma* spp, and *Bacillus* spp was evaluated. Three treatments were tested: T₁ (*Trichoderma*), T₂ (*Bacillus*), and T₃ (control), with three replications of 100 seeds each one. The seeds were immersed in a solution 1×10^6 CFU (treatments T₁ and T₂), and water in T₃, then they were sowed, and the germination percentage was recorded daily. The germination began 5 days before the sown, which indicated that seeds did not present dormancy. Between 8° and 12° day an accelerated increase of germination was recorded in the three cases, until it ended at day 26, with 85 % as total germination for seeds treated with *Trichoderma* spp., 86.7 % with *Bacillus* spp., and 74 % with control. A significant effect of treatment on the germination percentage was found; even the use of both microorganisms accelerated the germination process compared to control. These results suggest that the use of *Trichoderma* spp, and *Bacillus* spp. as pregerminative treatments can improve the germination of *A. victoriae-reginae* and its long-term conservation, which contributes to the preservation of this endangered species.

Key words: Agave, endangered species, dormancy, noa, germinative treatment, seed viability.

Resumen

La aplicación de tratamientos pregerminativos es fundamental para mejorar las tasas de germinación de las semillas de especies forestales, entre los cuales el uso de microorganismos es uno de ellos. En este estudio se evaluó el porcentaje de germinación de semillas de *Agave victoriae-reginae* tratadas con *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. Se probaron tres tratamientos: T₁ (*Trichoderma*), T₂ (*Bacillus*) y T₃ (Testigo), con tres repeticiones de 100 semillas cada una. Las semillas se sumergieron en una solución de 1×10^6 UFC (tratamientos T₁ y T₂), y en agua corriente (T₃), luego se sembraron sobre *Sphagnum* peat moss y se registró el porcentaje de germinación diariamente. La germinación comenzó a los 5 días después de la siembra, lo que significa que las semillas no presentaron latencia. Entre el 8° y 12° día se registró un aumento acelerado de la germinación en los tres casos, hasta que la el proceso finalizó a los 26 días, con 85 % de germinación total para semillas tratadas con *Trichoderma*, 86.7 % con *Bacillus* y 74 % con el testigo. Se observó un efecto significativo del tratamiento sobre el porcentaje de germinación; incluso el uso de ambos microorganismos aceleró el proceso de germinación con respecto al testigo. Estos resultados sugieren que el uso de *Trichoderma* spp y *Bacillus* spp. como tratamientos pregerminativos puede mejorar la germinación de *A. victoriae-reginae* y su conservación a largo plazo, lo que contribuye a la permanencia de esta especie en peligro de extinción.

Palabras clave: Agave, especie en riesgo, latencia, noa, tratamiento pregerminativo, viabilidad de semilla.

Fecha de recepción/Reception date: 24 de agosto de 2021

Fecha de aceptación/Acceptance date: 26 de noviembre de 2021

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo. México.

²Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. México.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Uruapan. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: castillo.david@inifap.gob.mx

Introducción

La recolección y comercialización de recursos forestales no maderables es una de las principales actividades económicas en las zonas áridas y semiáridas del noreste de México (Castillo *et al.*, 2015). Sin embargo, el manejo inadecuado de las especies aprovechadas, así como la recolección clandestina, han tenido efectos sobre la diversidad, el área de distribución y la abundancia de dichas especies, al grado de llevarlas a diferentes niveles de riesgo de extinción (Durán y Núñez, 2015). Entre las especies amenazadas en México está *Agave victoriae-reginae* T. Moore (Asparagaceae) (Tropicos, 2019), conocida como “noa” o “agave de la reina”, especie perenne, endémica del Desierto Chihuahuense, distribuida en el norte de México en los estados de Coahuila, Durango y Nuevo León (Durán y Núñez, 2015).

A partir de su peculiar belleza, dicha especie ha sido el foco de atención por coleccionistas para uso ornamental (González *et al.*, 2011). Esta situación ha llevado a este taxón a ser incluida dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de “especie en peligro de extinción” (Semarnat, 2010), así como dentro del Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) (CITES, 2017). Por ello, la reproducción asistida de plántulas de *A. victoriae-reginae* y la posterior reforestación en su hábitat constituye una alternativa para mitigar la pérdida de las poblaciones naturales.

La germinación es la etapa más crucial del ciclo vegetal, pues depende de un conjunto de condiciones ambientales y recursos como suelo y nutrientes, que limitan o promueven el establecimiento de la plántula sobre un sustrato, y en una escala más amplia, la regeneración de una población (Donohue *et al.*, 2005). Por ello, el entendimiento del proceso de germinación es clave para mejorar la producción en vivero (Barnett y Varela, 2004) y de este modo, promover la conservación de las poblaciones forestales.

La madurez, la viabilidad (periodo durante el cual las semillas conservan su capacidad germinativa) y la latencia (incapacidad de germinar bajo condiciones ambientales y recursos óptimos) son factores intrínsecos de los que depende la germinación de las semillas así como de factores extrínsecos como la temperatura, el sustrato, la intensidad lumínica y la humedad (Khurana y Singh, 2001; Doria, 2010). El uso de tratamientos pregerminativos permite acelerar y homogenizar la germinación, entre los cuales se cuentan la escarificación mecánica, térmica y química, la deshidratación, la imbibición, y el uso de reguladores de crecimiento (Cubillos *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2017).

Existen evidencias de que ciertos microorganismos tienen la capacidad de estimular la germinación y el crecimiento de las plántulas (Cubillos *et al.*, 2011). Por un lado, el uso de hongos como *Trichoderma* spp. reduce la resistencia mecánica de la testa en las semillas y facilita el rompimiento de la latencia (Delgado-Sánchez *et al.*, 2013). Por otro lado, el uso de bacterias como *Bacillus* spp. permite la solubilización de nutrientes como fosfatos, lo cual mejora la nutrición de los embriones (Cabra *et al.*, 2017).

En general, el uso de tratamientos pregerminativos en semillas de especies de *Agave* ha sido limitado y se ha enfocado en evaluar el efecto de condiciones ambientales como la temperatura en ocho especies de este género, incluidos *Agave lechuguilla* Torr. y *Agave cupreata* Trel. et Berger (Ramírez *et al.*, 2012), la procedencia de la semilla en *Agave potatorum* Zucc. (Rangel *et al.*, 2015), o el sustrato en *A. victoriae-reginae* (Sánchez *et al.*, 2017). Además, en este género, el uso de microorganismos como facilitadores de la germinación no ha sido evaluado. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos con *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre el porcentaje de germinación de semillas de *A. victoriae-reginae*. La hipótesis de esta investigación es que el uso de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. como tratamientos pregerminativos puede aumentar el PG con respecto a la siembra sin estos microorganismos.

Materiales y Métodos

Especie de estudio

Agave victoriae-reginae T. Moore. Planta pequeña, compacta, simple o surculosa o cespitosa, acaulescente de tallo corto (muy variable bajo cultivo). Hojas cortas, de color verde con llamativas marcas blancas, generalmente muy imbricadas, 15-20 (-25) × 4-6 cm. lineal ovado, redondeado en el ápice, rígido, grueso, plano a cóncavo en la parte superior, redondeado a agudo en la parte inferior; margen corneo blanco, generalmente sin dientes, de 2-5 cm de ancho, continuo hasta la base; espinas terminales 1-3, 1.5-3 cm de largo, trígono-cónicas, subuladas, muy anchas en la base, con base amplia, ampliamente cóncavas en la cara superior, con quillas redondeadas debajo, negras: inflorescencia espigada, erecta 3-5 m de altura, densamente florecida en la mitad superior del eje, el pedúnculo con brácteas cartáceas deltoides largas atenuadas; flores en pares o tríadas cortas, bifurcadas, pedicelos robustos, 40-46 mm de largo; gruesamente fusiforme, con cuello corto; tubo poco profundo, extendido, 3 × 8-10 mm; tépalos casi iguales, 18-20 × 5-6 mm, lineales, apiculados redondeados, extendidos, luego envolviendo los filamentos en la post-antesis y erectos, el interior fuertemente aquillado, filamentos de 45-50 mm de largo, insertados en el borde del tubo; anteras de 18-21 mm de largo, amarillas o bronceadas, céntricas o excéntricas; cápsulas ovoides a oblongas, 17-20 × 10-13 mm, redondeadas en la base, apiculadas: semilla 3-5 × 2.5-3.5 mm, hemisféricas a lacriformes, con nervaduras en ambas caras, ala marginal inferior (Gentry, 1982).



Colecta de germoplasma

Se realizó una cosecha masal de semillas de *A. victoriae-reginae* directamente de las cápsulas que indicaban la dehiscencia de ejemplares (plantas) del jardín botánico del Sitio Experimental "La Sauceda", perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio Ramos Arizpe, Coahuila, en las coordenadas 101°18'58.45" O y 25°50'48.45" N, a una altitud de 1 024 m. Las condiciones ambientales para este lugar según la clasificación climática de *Köppen*, modificada por García (1973), el clima es predominantemente seco semicálido y templado (B_wK) con una temperatura media anual de 18.5 °C y precipitación promedio anual de 198.7 mm; evaporación promedio anual de 1 349 mm (Díaz *et al.*, 2007). El germoplasma se recolectó en el año 2018 y se almacenó en un recipiente plástico transparente (10 × 10 cm) y hermético a temperatura ambiente (25° C promedio) durante un año, dentro del Campo Experimental Saltillo del INIFAP, en el municipio Saltillo, Coahuila.

Tratamientos pregerminativos

Se aplicaron tres tratamientos pregerminativos a las semillas: T₁ (Consortio de especies de *Trichoderma*), T₂ (Consortio de especies de *Bacillus*) y T₃ (testigo a base de solo agua corriente directa del grifo). Los microorganismos se adquirieron en forma de complejos bioestimulantes comerciales; para el caso de *Trichoderma* fue *Prevence*[®] (*Trichoderma harzianum* Rifal 1969, *T. asperellum* Samuels, Lieckf. & Nirenberg y *T. yunnanense* Z. F. Yu & K. Q. Zhang, equivalente a 1 × 10¹² esporas ml⁻¹) y para *Bacillus* fue *Bioshield-R*[™] (*Bacillus subtilis* (Ehrenberg 1835) Cohn 1872, *B. amyloliquefaciens* Priest *et al.*, 1987, *B. licheniformis* (Weigmann, 1898) Chester 1901, *B. megaterium* de Bary 1884 y *B. mycoides* Flügge 1886, (equivalente a 1 × 10⁹ UFC ml⁻¹). Las semillas de *Agave* se sumergieron en una solución final compuesta por 1×10⁶ UFC durante un minuto, y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones de 100 semillas cada una. Las semillas tratadas con los microorganismos se sembraron en contenedores de plástico transparentes de 25 × 10 cm con cubierta, y como sustrato se utilizó *Sphagnum peat moss* (*Premier*[®]) en una capa de 5 cm de espesor humedecido a capacidad de campo. Después de la siembra, cada uno de los contenedores se mantuvo a una temperatura 26 ± 2 °C y condiciones de 12 h luz y 12 h de oscuridad, bajo condiciones de laboratorio.

Se registró el número de semillas germinadas cada 24 horas para determinar el porcentaje de germinación (PG), el cual se calculó mediante la ecuación:

$$PG = \frac{SG}{ST} \times 100$$

Donde:

PG = Porcentaje de germinación (%)

SG = Número de semillas germinadas

ST = Número total de semillas

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de covarianza para evaluar el efecto de los tratamientos pregerminativos y el tiempo después de la siembra sobre el PG de las semillas tratadas ($\alpha=0.05$), mediante el paquete estadístico R (3.4.3) (R Core Team, 2017).



Resultados

El análisis de covarianza mostró que el tratamiento y el tiempo influyeron significativamente sobre la germinación de las semillas (Cuadro 1). El tratamiento con el consorcio de *Trichoderma* y *Bacillus* ($P < 0.001$) determinó un PG final estadísticamente mayor que el testigo, con un incremento de la germinación de 14.8 % y 17.1 %, respectivamente. El tiempo de germinación después de la siembra también influyó en el PG ($P < 0.001$), durante los primeros días se observó un incremento notable de la germinación, para luego seguir una tendencia de estabilización después del 12° día de la siembra.

Cuadro 1. Efecto del tratamiento y tiempo en el porcentaje de germinación de *Agave victoriae-reginae* T. Moore.

| Factor de variación | GL | SC | PSC | Valor de F | Valor de P |
|---------------------|----|--------|--------|------------|------------|
| Tratamiento | 2 | 2 989 | 1 495 | 13.221 | <0.001 |
| Tiempo | 1 | 34 515 | 34 515 | 305.297 | <0.001 |
| Tratamiento-tiempo | 2 | 244 | 122 | 1.081 | 0.345 |
| Residuales | 75 | 8 479 | 113 | | |

GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; PSC = Promedio de SC.

La germinación de las semillas de *A. victoriae* comenzó en el 5° día después de la siembra, con 29.6 %, 19.6 % y 12.6 % para las semillas tratadas con *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp. y testigo, respectivamente. Entre el 8° y 12° día, se apreció un incremento exponencial de la germinación, y posteriormente, el aumento de la germinación comenzó un relativo periodo de estabilización hasta finalizar a los 26 días, cuando el PG alcanzó 85 % para semillas tratadas con *Trichoderma* spp., 86.7 % con *Bacillus* spp. y 74 % con el tratamiento testigo (agua corriente del grifo) (Figura 1).

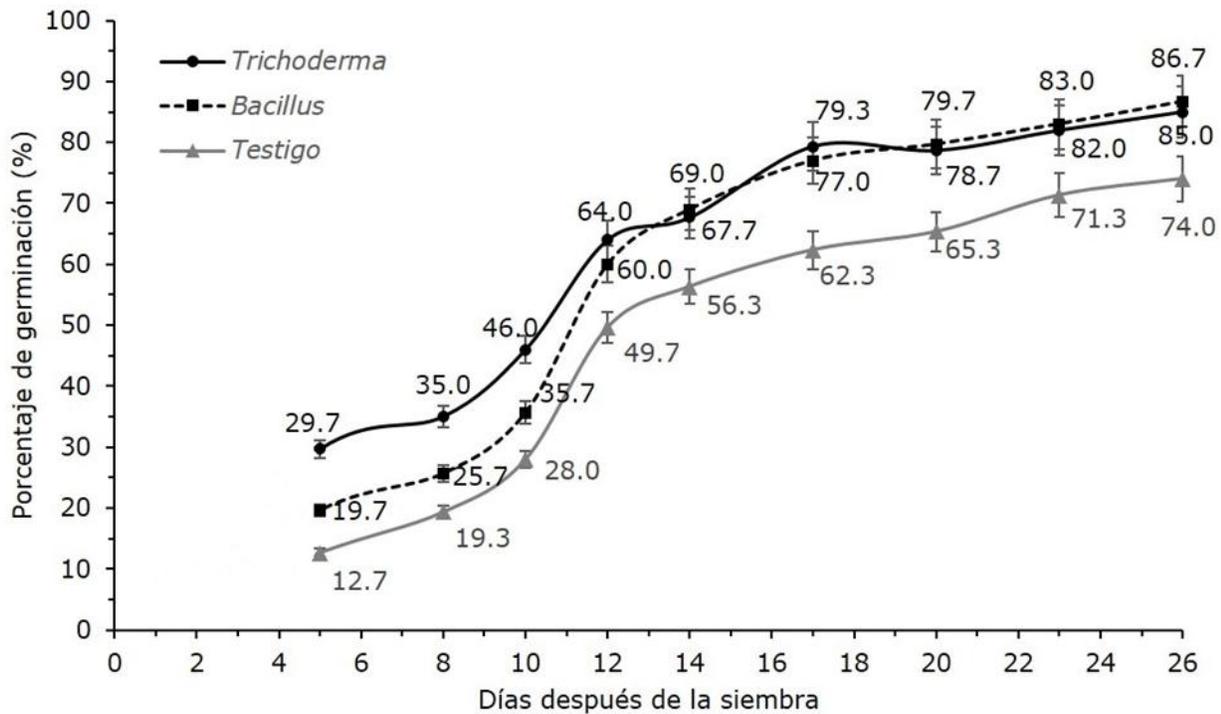


Figura 1. Porcentaje de germinación de semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore según el tratamiento con respecto al tiempo.

El tipo de tratamiento no influyó sobre el tiempo de germinación ($P > 0.345$), ya que los tres tratamientos siguieron trayectorias temporales similares, pero sí hubo evidencias significativas de que el uso de microorganismos aceleró el PG en los primeros días, por ejemplo, en el 5° día, el PG con *Trichoderma* spp. fue 29.7 %, cifra superior a la registrada con el testigo en el 10° día (28 %). También en los últimos días de germinación, el testigo alcanzó un PG de 74% a los 26 días, mientras que con microorganismos este valor fue superado a los 17 días (79.3 % con *Trichoderma* spp. y 77 % con *Bacillus* spp.). Durante los primeros 12 días, hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos. Después de este periodo, los PG con los microorganismos fueron similares, pero sí difirieron con respecto al testigo.

Discusión

Los PG totales de los tres tratamientos fueron mayores a los calculados para *Agave mapisaga* Trel. (70 %) y *A. angustifolia* Haw. subsp. *tequilana* (F.A.C. Weber), con 28 % de germinación (Ramírez *et al.*, 2016), en los cuales no se usaron tratamientos pregerminativos con microorganismos. Además, las semillas de *A. victoriae-reginae* fueron viables después de un año de haber sido recolectadas. Debido a que en las semillas almacenadas ocurren procesos metabólicos como transpiración y metabolismos que originan un envejecimiento natural, y, consecuentemente, la viabilidad tiende a disminuir con el paso del tiempo (Moncaleano *et al.*, 2013), es posible que si se siembran las semillas de *A. victoriae-reginae* durante el año de recolecta se logren PG más altos. Sin embargo, los resultados de este estudio sugieren que es posible almacenar las semillas al menos durante un año, y tener PG aceptables.

Además, bajo las condiciones ambientales prevalecientes durante el experimento, se puede afirmar que las semillas no presentaron latencia, característica propia de otras especies de *Agave* que habitan en las zonas áridas, como *Agave lechuguilla* Torr. (Freeman *et al.*, 1977) y *Agave parryi* Engelm. var. *parryi* (Freeman, 1975). La ausencia de latencia en las semillas evaluadas en este estudio es similar a la registrada para semillas almacenadas durante dos años de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, que tuvieron menor latencia que aquellas sembradas en el mismo año de recolección: dichas diferencias son atribuibles al efecto de la temperatura de almacenamiento (Peña *et al.*, 2006).

El tiempo de inicio de la germinación fue similar al consignado en otro estudio con *A. victoriae-reginae* (Sánchez *et al.*, 2017), que varió entre 3 y 4 días. El tiempo posterior a la siembra influyó significativamente sobre los PG en el cual se identificaron diferencias significativas entre los tres tratamientos antes de los 12

días, expresado en un periodo de aceleración de la germinación; mientras, en la segunda mitad del tiempo evaluado no hubo diferencias entre *Bacillus* spp. y *Trichoderma* spp., pero sí con el testigo. Este comportamiento es similar al de otras especies de *Agave*, con un periodo de rápido crecimiento seguido por una saturación de la curva de germinación (Ramírez *et al.*, 2012; Ramírez *et al.*, 2016).

El incremento del PG durante los primeros días del ensayo podrían atribuirse a que las semillas más grandes pudieron haber sido las primeras en germinar, por ser las genotípicamente más vigorosas (Sánchez *et al.*, 2011). Otro factor pudo ser la alta humedad por el contenedor con cubierta utilizado, lo que favoreció las condiciones de humedad ideales para detonar la germinación (Castillo *et al.*, 2014).

La respuesta de *A. victoriae-reginae* a los microorganismos incorporados como tratamientos pregerminativos fue satisfactoria, lo que indica que el uso de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. puede mejorar la producción en vivero de esta especie. Estos resultados coinciden con los registrados en *Opuntia streptacantha* Lem, otra planta de zonas semiáridas, en la que los hongos tienen la capacidad de disolver la testa, sin afectar el endocarpio, lo cual facilita la emergencia del embrión (Delgado-Sánchez *et al.*, 2010). Además, los hongos y las bacterias liberan exudados radicales, entre los cuales están azúcares, mucilago, ácidos orgánicos, y aminoácidos, que pueden aportar nutrientes para los embriones, e incluso promover el posterior crecimiento de las plántulas (Ahmad *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2013).

Además, algunos de los biocompuestos producidos por estos inoculantes, como sustancias antimicrobianas o que estimulan el sistema inmune de la plántula, inhiben el desarrollo de fitopatógenos, lo que representa una ventaja para las nuevas plántulas (Guillén *et al.*, 2006). Por lo tanto, el manejo de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp., utilizados ampliamente en la agricultura (Moreno *et al.*, 2018), es muy recomendable para promover la germinación de semillas de *A. victoriae-reginae*, pues incrementan el PG.

En plantaciones forestales con especies de coníferas, la incorporación de microorganismos como micorrizas también ha mostrado aumentos en la supervivencia de las plántulas (Gómez *et al.*, 2013). Esto demuestra el gran papel que tienen los microorganismos durante las primeras etapas del ciclo de vida de especies vegetales como pináceas y también de los agaves, a través de interacciones bióticas como el mutualismo (Sieber, 2007). Por ello, es de vital importancia introducir este tipo de microorganismos en la producción de especies forestales en vivero (Ortega *et al.*, 2004).

Debido a que las semillas de *A. victoriae-reginae* responden favorablemente al uso de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp., es factible la producción en vivero de esta especie, lo que significa una gran oportunidad para la recuperación de las poblaciones de esta especie en peligro de extinción. En estudios posteriores será importante evaluar el efecto de otras condiciones ambientales, como la humedad, temperatura y luminosidad sobre la germinación de las semillas de esta especie y otras en riesgo.

Conclusiones

La germinación de semillas de *A. victoriae-reginae* respondió favorablemente al tratamiento con *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp., incrementaron los PG. Estas características representan una gran oportunidad para la reproducción asistida de esta especie en riesgo y la recuperación de las poblaciones naturales a largo plazo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.



Contribución por autor

Francisco Castillo Reyes: diseño experimental, análisis de datos, escritura del manuscrito, David Castillo Quiroz: colecta del germoplasma, dirección y establecimiento del experimento, toma de parámetros, escritura y revisión del manuscrito, Jesús Eduardo Sáenz Ceja, Agustín Rueda Sánchez y J. Trinidad Sáenz Reyes: análisis de datos, escritura y revisión del manuscrito.

Referencias

- Ahmad, F., I. Ahmad and M. S. Khan. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Research* 163(2):173-181. Doi:10.1016/j.micres.2006.04.001.
- Barnett, J. P. and S. Varela. 2004. A review of chemical treatments to improve germination of longleaf pine seeds. *Native Plants Journal* 5(1):18-24. Doi:10.2979/NPJ.2004.5.1.18.
- Cabra C., T., C. A. Rodríguez G., C. P. Villota C., O. A. Tapasco A. y A. Hernández R. 2017. Efecto de *Bacillus* sobre la germinación y crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L). *Acta Biológica Colombiana* 22(1):37-44. Doi:10.15446/abc.v22n1.57375.
- Castillo R., F., J. D. Sánchez C., S. E. Rangel E. y J. Canul K. 2014. Efecto de microorganismos en la promoción de la germinación de semillas de la cactácea *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto. *Interciencia* 39(12):863-867. www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932786006 (10 de abril de 2020).
- Castillo Q., D., D. Y. Avila F., F. Castillo R., A. Antonio B. y O. U. Martínez B. 2015. *Nolina cespitifera* Trel. recurso forestal no maderable de importancia económica y

social del noreste de México. *Interciencia* 40(9):611-617. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33940998005> (3 de mayo de 2020).

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). 2017. Lista de especies CITES. http://checklist.cites.org/#/es/search/output_layout=alphabetical&level_of_listing=0&show_synonyms=1&show_author=1&show_english=1&show_spanish=1&show_french=1&scientific_name=Agave+victoriaereginae&page=1&per_page=20 (10 de agosto de 2020).

Cubillos H., J. G., A. Páez R. y L. Mejía D. 2011. Evaluación de la capacidad biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. asociado al complejo "Secadera" en Maracuyá, bajo condiciones de invernadero. *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín* 64(1): 5821-5830. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a08v64n01.pdf> (6 de mayo de 2020).

Delgado-Sánchez, P., M. A. Ortega-Amaro, J. F. Jiménez-Bremont and J. Flores. 2010. Are fungi important for breaking seed dormancy in desert species? Experimental evidence in *Opuntia streptacantha* (Cactaceae). *Plant Biology* 13(1):154-159. Doi:10.1111/j.1438-8677.2010.00333.x.

Delgado-Sánchez, P., J. F. Jiménez-Bremont, M. L. Guerrero-González and J. Flores. 2013. Effect of fungi and light on seed germination of three *Opuntia* species from semiarid lands of central Mexico. *Journal of Plant Research* 126: 643-649. Doi:10.1007/s10265-013-0558-2.

Díaz P., G., J. A. Ruíz C., G. Medina G., M. A. Cano G., V. Serrano A. e I. Sánchez C. 2007. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Coahuila. (Periodo 1961 - 2003). Libro Técnico N° 16. Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC-INIFAP Medellín de Bravo, Ver., México. 159 p.

Donohue, K., L. Dorn, C. Griffith, E. Kim, A. Aguilera, C. R. Polisetty and J. Schmitt. 2005. The evolutionary ecology of seed germination of *Arabidopsis thaliana*: Variable natural selection on germination timing. *Evolution* 59(4): 758-770. Doi: 10.1111/j.0014-3820.2005.tb01751.x.

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31(1):74-85. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf> (5 de junio de 2020).

Durán, M. C. y H. G. Núñez P. 2015. Utilización de un sistema de inmersión temporal (SIT) para multiplicar plantas ornamentales de *Agave victoriae-reginae*. *Jóvenes en la Ciencia* 1(2): 66-71. <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/381> (13 de junio de 2020).

Freeman, C. E. 1975. Germination responses of a New Mexico population of Parry agave (*Agave parryi* Engelm. var. *parryi*) to constant temperature, water stress and pH. *The Southwestern Naturalist* 20(1):69-74. Doi: 10.2307/3670012.

Freeman, C. E., R. S. Tiffany and W. H. Reid. 1977. Germination responses of *Agave lechuguilla*, *A. parryi*, and *Fouquieria splendens*. *The Southwestern Naturalist* 22(2):195-204. Doi: 10.2307/3669810.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Segunda Edición. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F., México. 146 p.

Gentry, H. S. 1982. *Agaves of Continental North American*. The University of Arizona Press. Tucson, AZ, USA. 670 p.

Gómez R., M., J. Villegas, J., C. Sáenz R, C. y R. Lindig C. 2013. Efecto de la micorrización en el establecimiento de *Pinus pseudostrabus* en cárcavas. *Madera y Bosques* 19(3):51-63. Doi: 10.21829/myb.2013.193327.

González E., M. S., M. González E., I. L. López E., L. Reséndiz R., J. A. Tena F. y F. I. Retana R. 2011. El complejo *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae). Acta Botánica Mexicana 95:65-94. Doi: 10.21829/abm95.2011.268.

Guillen, C. R., F. D. Hernández C., G. Gallegos M., R: Rodríguez H., C. N. Aguilar G., E. Padrón C. y M. H. Reyes V. 2006. *Bacillus* spp. as biocontrol in infested soils with *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn and *Phytophthora capsici* Leonina and its effect on development and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.). Revista Mexicana de Fitopatología 23:105-113. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61224204> (9 de mayo de 2020).

Hernández M., S., R. Novo S., M. A. Mesa P., A. Ibarra M. y D. Hernández R. 2017. Capacidad de *Trichoderma* spp. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local 4(1):19-23. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/RGCDL/article/view/898> (10 de agosto de 2020).

Khurana, E. and J. S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: A review. Environmental Conservation 28(1):39-52. Doi:10.1017/S0376892901000042.

Moncaleano E., J., B. C. F. Silva, S. R. D. Silva, J. A. A. Granja, M. C. J. L. Alves and M. F. Pompelli. 2013. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. Industrial Crops and Products 44: 684-690. Doi:10.1016/j.indcrop.2012.08.035.

Moreno R., A., V. García M., J. L. Reyes C., J. Vásquez A. y P. Cano R. 2018. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. Revista Colombiana de Biotecnología 20(1):68-83. Doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707.

Ortega, U., M. Duñabeitia, S. Menendez, C. González M. and J. Makada. 2004. Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on growth and water

relations of *Pinus radiata* in different water regimes. *Tree Physiology* 24: 65-73. Doi:10.1093/treephys/24.1.65.

Peña V., C. B., A. B. Sánchez U., J. R. Aguirre R., C. Trejo, E. Cárdenas and A. Villegas M. 2006. Temperature and mechanical scarification on seed germination of 'maguey' (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). *Seed Science and Technology* 34: 47-56. Doi: 10.15258/sst.2006.34.1.06.

R Core Team. 2017. R project 4.3.4. <https://www.r-project.org/> (16 de febrero de 2017).

Ramírez T., H. M., C. B. Peña V., J. R. Aguirre R., J. A. Reyes A., A. B. Sánchez U. and S. Valle G. 2012. Seed germination temperatures of eight Mexican *Agave* species with economic importance. *Plant Species Biology* 27:124-137. Doi: 10.1111/j.1442-1984.2011.00341.x.

Ramírez T., H. M., R. Niño V., J. R. Aguirre R., J. Flores, J. A. De-Nova V. and R. Jarquin G. 2016. Seed viability and effect of temperature on germination of *Agave angustifolia* subsp. *tequilana* and *A. mapisaga*; two useful *Agave* species. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63: 881-888. Doi: 10.1007/s10722-015-0291-x.

Rangel L., S., A. Casas and P. Dávila. 2015. Facilitation of *Agave potatorum*: An ecological approach for assisted population recovery. *Forest Ecology and Management* 347:57-74. Doi: 10.1016/j.foreco.2015.03.003.

Sánchez U., A. B., I. Ortega, I. Cano, A. González, C. B. Peña V., G. Rivero, G. Sthormes y D. Pacheco. 2011. Efecto de la escarificación de la semilla y del sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *Agave salmiana*. *Revista de la Facultad de Agronomía* 28: 40-50. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26979/27604> (20 de agosto de 2020).

Sánchez S., J., J. Flores, E. Jurado, J. Sáenz M., P. Orozco F. y G. Muro P. 2017. Hidrocoria en semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore, especie en peligro de extinción: Morfología y anatomía como facilitadores de la hidro-dispersión y germinación. *Gayana Botánica* 74(2):251-261. Doi:10.4067/S0717-66432017000200251.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. México, D.F., México. 40 p.

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010 (5 de agosto de 2020).

Sieber, T. N. 2007. Endophytic fungi in forest trees: Are they mutualist? *Fungal Biology Review* 21: 75-89. Doi: 10.1016/j.fbr.2007.05.004.

Tropicos. 2019. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>. (6 de agosto de 2020).



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.