

Recubrimiento de semillas como técnica para la restauración de suelos degradados

Seed coating as a technique for the restoration of degraded soils

Rosa de Lourdes Romo-Campos¹ y Jaime Francisco Guzmán Valle²

¹*Departamento de Botánica y Zoología. Instituto de Botánica. ²Egresado de la Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara.

*Autor para correspondencia: rosa.romo@academicos.udg.mx

Resumen

La recuperación de los suelos degradados es una estrategia de vital importancia para la restauración de ecosistemas. Se evaluó el efecto de dos adherentes (melaza y goma arábica) para cubrición de semillas de cuatro especies nativas de herbáceas con potencial de restauración de suelos degradados, y su efecto sobre la germinación, como técnica para la restauración de suelos degradados en el Bosque La Primavera. Para formar pellets de diferentes tamaños se utilizó: caolín como aglutinante, melaza, goma arábica como adherentes y estiércol de caballo como fertilizante en semillas de: *Aristida appressa* y *Paspalum notatum*, *Chamaecrista rotundifolia* y *Leucaena leucocephala*. Además, se probó el efecto una de las mezclas para cubrir las semillas sobre la germinación. Se obtuvieron pellets de cinco tamaños: 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm y 10 mm). Los pellets de 12 mm con los adherentes incorporaron la mayor cantidad de semillas. La germinación no fue inhibida por efecto de las mezclas, aunque fue baja debido a la latencia de las semillas. El recubrimiento de semillas podría ser una solución para lograr la restauración de suelos degradados del Bosque La Primavera. Además, los materiales utilizados para formar los pellets son fáciles de conseguir y de bajo costo.

Palabras clave: Restauración de suelos, especies nativas, cubrimiento de semillas, pellets.

Abstract

The recovery of degraded soils is a strategy of vital importance for the restoration of ecosystems. The effect of two adherents (molasses and gum arabic) for seed cover of four native herbaceous species with restoration potential of degraded soils, and its effect on germination, was evaluated as a technique for the restoration of degraded soils in the La Primavera. To form pellets of different sizes, kaolin was used as binder, molasses, gum arabic as adherents and horse manure as fertilizer in seeds of: *Aristida appressa* and *Paspalum notatum*, *Chamaecrista rotundifolia* and *Leucaena leucocephala*. In addition, one of the mixtures was tested to cover the seeds on germination. Pellets of five sizes were obtained: 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm and 10 mm). The 12 mm pellets with the adherents incorporated the largest amount of seeds. The germination was not inhibited by the effect of the mixtures, although it was low due to the dormancy of the seeds. The coating of seeds could be a solution to achieve the restoration of degraded soils of the La Primavera Forest. In addition, the materials used to form the pellets are easy to obtain and inexpensive.

Keywords: Restoration of soils, native species, seed coatings, pellets.

Introducción

El bienestar social está ligado al flujo de bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas (e.g. regulación del clima, abasto de agua, descontaminación del aire, recreación, paisajes, etc.). Sin embargo, actualmente las actividades humanas han puesto en riesgo el suministro de los servicios ambientales. La degradación de suelos está dada por procesos inducidos por la sociedad que disminuyen la capacidad actual y futura para sostener la biodiversidad (Oldeman, 1998). La recuperación de los suelos degradados es una estrategia de vital importancia para la restauración de ecosistemas y conservación biológica (Primack y Massardo, 2001).

La Sociedad para la restauración ecológica (SER, por sus siglas en inglés) define la restauración ecológica como una actividad deliberada que inicia y acelera la recuperación de un ecosistema dañado o destruido. Los suelos degradados son poco favorables para el establecimiento de la vegetación y representan el filtro abiótico más limitante en la colonización natural (Rondón y Vidal, 2005.). Uno de los retos de la restauración ecológica consiste en encontrar acciones que favorezcan el establecimiento de plantas y condiciones adecuadas para el establecimiento de las especies en la sucesión secundaria (Lamb *et al.*, 2005).

La técnica de restauración ecológica a través de recubrimiento de semillas también llamado “pellets”, consiste integrar especies herbáceas a los suelos degradados mediante la formación de masas pequeñas y redondeadas formadas de cualquier sustancia que es soluble en agua (Pedrini *et al.*, 2017). El objetivo principal que se persigue es evitar que se arrastren las semillas y asegurar su adherencia en suelos con pendientes fuertes y asegurar porcentajes de germinación altos (Scott, 1989).

A pesar de ser un país megadiverso México tienen una de las tasas más altas de deforestación, que se estima entre 75 000 hectáreas y 2 millones de hectáreas por año (Rosete-Ver-gés *et al.*, 2014). Junto con la fragmentación del hábitat para urbanización, la agricultura, silvicultura e incendios forestales son los factores

que más han impactado a los suelos forestales en México (Palacio- Prieto *et al.*, 2000). El Área de Protección de la Flora y Fauna La Primavera (APFFLP), es la más importante área forestal cercana a la zona metropolitana de Guadalajara, suministra bienes y servicios ambientales. Esta zona funciona como hábitat de 961 especies de plantas vasculares, de las cuales 59 son orquídeas; 29 especies de mamíferos y 135 especies de aves (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2000). Sin embargo, en la última década el APFFLP ha sufrido impactos tales como pérdida de la cobertura vegetal por incendios y sobrepastoreo, entre otros; por lo que existe la necesidad de implementar actividades para la restauración de suelos. La técnica de cubrición de semillas para formar pellets ha sido utilizada tradicionalmente como mejorador de las condiciones de las semillas en prácticas agrícolas (Fenner y Lee, 1989) . Sin embargo, dicha técnica también podría ser efectiva para la restauración de suelos degradados. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar dos tipos de adherentes (melaza y goma arábiga) para cubrir semillas de herbáceas nativas y su efecto sobre la germinación.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Área de Protección de Flora y Fauna Bosque La Primavera (APFFBLP) está ubicada en la Sierra de La Primavera, está compuesta principalmente de rocas ígneas extrusivas ácidas. El 92% de su superficie son suelos regosoles caracterizados por ser poco profundos y pobres en materia orgánica (menor al 2%) (Semarnat, 2000), lo que implica baja disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas. Los climas predominantes son templado subhúmedo S(w1) (w) y semicálido subhúmedo (A) C(w1) (w), ambos con lluvias en verano e invierno con precipitaciones anuales que fluctúan entre 800 mm y 1000 mm y el 77% de las lluvias son erosivas (García, 1973), la temperatura media anual de 20.6 °C. El tipo de vegetación en el área de estudio según

la clasificación de Rzedowski (1978) es bosque de encino-pino, encino, pino, vegetación riparia y bosque tropical caducifolio.

Colecta de semillas y viabilidad

En los meses de agosto a noviembre de 2012 se realizaron recorridos en áreas disturbadas de los diferentes tipos de vegetación del APFFLP para colectar ejemplares botánicos y frutos de por lo menos 10 individuos maduros de dos de las siguientes especies: *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Aristida appressa* Vasey y *Paspalum plicatulum* Michx.

Pruebas de viabilidad

Para realizar las pruebas de viabilidad se utilizaron 30 semillas por especie, éstas fueron cortadas transversalmente y sumergidas en una solución de tetrazolium al 1 % por un periodo de 24 a 48 horas a 30 °C en un horno (JISICO Co., Ltd. J-DECO). Los embriones que se tiñeron de color rojo profundo se consideraron como viables, los de color rosa tenue como viables con bajo vigor y los que no adquirieron ninguna coloración como no viables (Yaklich y Kulick 1979; Romo-Campos *et al.*, 2010).

Cubrimiento de semillas

Para cubrir las semillas se utilizó una peletizadora de fabricación casera, con material de cobre electrolítico repujada a torno y de agitación manual. Para la elaboración de los pellets se utilizaron materiales como el caolín (mineral de arcilla) que actúa como aglutinante, estiércol de caballo con la función de integrar abono orgánico y como materiales adherentes se utilizaron goma arábica y melaza. Los materiales fueron pesados en una balanza semi-analítica (marca Ohaus modelo VE-2610) y se mezclaron con semillas de las leguminosas y gramíneas colectadas en el APFFBLP.

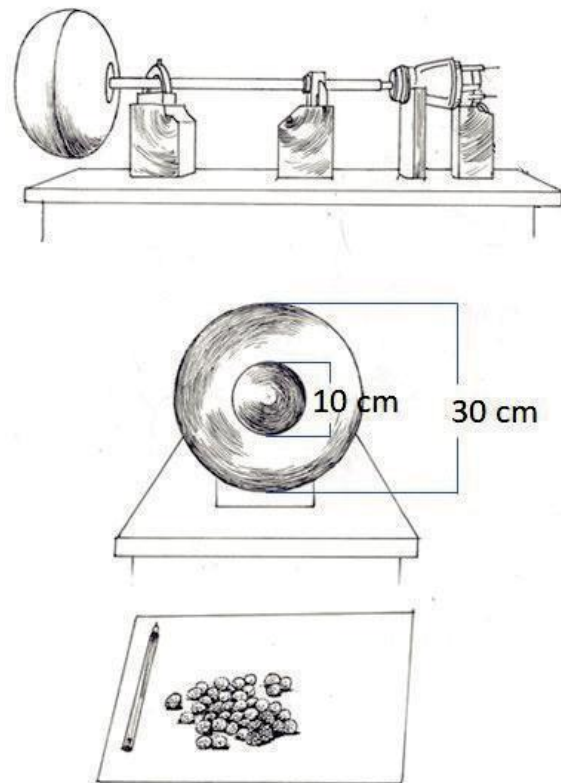


Figura 1. Esquema de la máquina utilizada para cubrir las semillas y formar los pellets.

Los tratamientos para cubrir las semillas estuvieron conformados por los siguientes materiales: A) 300 gr de melaza diluida en 150 ml de agua, 100 gr de caolín y 50 gr de estiércol de caballo; B) 30 gr de goma arábica de uso comercial (polisacárido de origen natural extraída de especies de Acacia y que funciona como adhesivo) diluida en 150 ml de agua, 100 gr de caolín y 50 gr de estiércol de caballo y C) control con 100 gr de caolín. Los costos aproximados de los adherentes fueron: 5.00 pesos mexicanos por kg de melaza y 300.00 por kg de goma arábica.

El método para cubrir las semillas fue mediante el sistema de centrifugación, para lo cual la máquina utilizada para cubrir las semillas se giró de 40 a 60 revoluciones por un minuto (Scott *et al.*, 1997). Una vez cubiertas las semillas se dejaron secar sobre papel estraza por un lapso de 48 horas, transcurrido este tiempo se procedió a tamizarlos con cribas de 2.0 mm, 4.0 mm, 6.00 mm, 8.0 mm, 10.0 mm y 12.0 mm.

Pruebas de germinación

Para probar el efecto de los materiales para cubrir las semillas en la germinación, se llevó a cabo un experimento en condiciones de invernadero ubicado en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara (20°44'53.6" N - 103°30'52.2" W) . Para formar los pellets se hizo una mezcla por especie debido a la diferencia en el tamaño de las semillas. Para *Chamaecrista rotundifolia*: se utilizaron: 12 gr de semillas mezcladas con 40 gr de caolín, 5.0 gr de estiércol de caballo y 100 gr de melaza diluidos en 5 ml de agua; las de *Leucaena leucocephala*: 12 gr de semillas con 403 gr de caolín, 60.62 gr de estiércol de caballo y 403 gr de melaza diluidos en 40.35 ml de agua; las de *Aristida appressa*: 9.69 gr de semillas con 112 gr de caolín, 48.45 gr de estiércol de caballo y 322.67 gr de melaza diluidos en 64.43 ml de agua; y las de *Paspalum notatum* : 60 gr de semillas con 700 gr de caolín, 300 gr de estiércol de caballo y 2000 gr de melaza diluidos en 400 ml de agua. La siembra se llevó a cabo en agosto de 2013 con 100 pellets que se sembraron en charolas de plástico de 10 cm de ancho x 10 cm de largo y 10 cm de profundidad. Cada charola contenía 20 pellets de 12.0 mm. El sustrato utilizado fue suelo comercial para invernadero y se regó diariamente a capacidad de campo, un mes después de la siembra (septiembre) se realizó el conteo de las semillas cuando el hipocótilo quedo expuesto (Bewley y Black, 1994). El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos (especies) y cinco repeticiones.

Análisis estadístico

Para identificar el número de semillas por tratamiento y tamaño del pellet, se realizó un ANOVA de dos vías se utilizó el tratamiento para cubrir las semillas y el número de semillas por tamaño de pellets como factores. Para el porcentaje de germinación se realizó un ANOVA de una vía con especie como factor. Previo al análisis de los porcentajes de germinación los datos se normalizaron utilizando la

función arcoseno de la raíz cuadrada, como se recomienda para los datos de proporciones (Sokal y Rohlf, 1995). Las diferencias entre tratamientos y porcentaje de germinación fueron determinadas con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002).

Resultados

La viabilidad fue diferente para cada especie, *Chamaecrista rotundifolia* registró el 88% de semillas viables, en *Leucaena leucocephala* el 65% de semillas fueron viables, *Aristida appressa* mostró el 30% de semillas viables y por último *Paspalum notatum* registró 10% de semillas viables.

El ANOVA para analizar los tamaños de pellets y cantidad de semillas por tamaño de pellet mostraron diferencias significativas ($F = 180.9$, $P < 0.001$); los pellets de 12 mm integraron aproximadamente 86% más cantidad de semillas, en comparación con los pellets de 2 mm. El ANOVA también reveló diferencias entre tratamientos ($F = 14.6$, $P < 0.001$). Los tratamientos con adherentes (melaza y goma arábica) incorporaron mayor número de semillas que el tratamiento sin adherentes (control). La cantidad de semillas fue diferente debido al tamaño de pellets y de los materiales utilizados para cubrir las semillas ($F = 6.1$, $P < 0.001$). Los tratamientos para cubrir las semillas con adherentes (melaza y goma arábica) en los tamaños de pellets más grandes (10 mm y 12 mm) tuvieron en promedio 30% mayor cantidad de semillas, en contraste con los pellets del mismo tamaño, pero sin adherentes.

Aristida appressa y *Paspalum notatum*

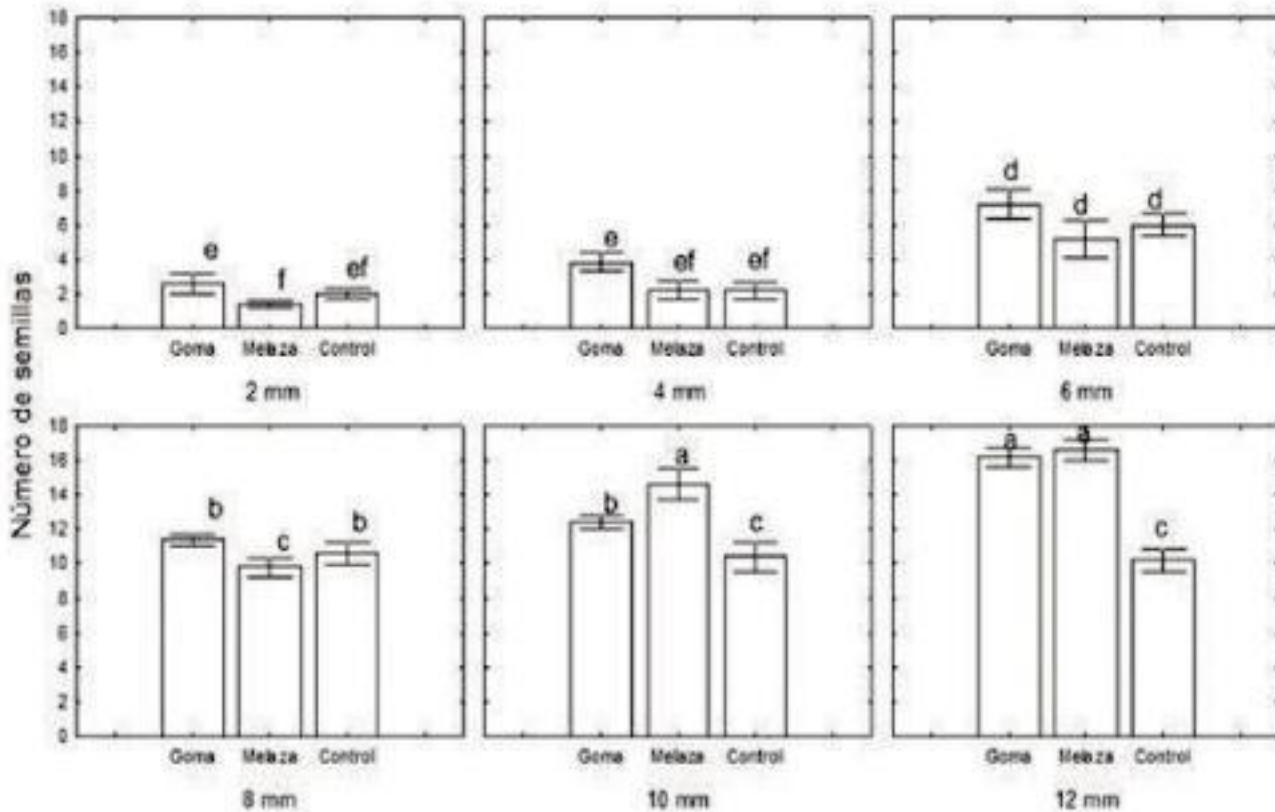


Figura 2. Promedio (\pm EE) del número de semillas por tratamiento y tamaño de pellets. Letras diferentes denotan diferencias entre tratamientos según la Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

mostraron en promedio el 30% de semillas viables, mientras que las leguminosas tuvieron valores cercanos al 50% de semillas viables. El porcentaje de germinación varió por especie. Las leguminosas alcanzaron los porcentajes de germinación más altos en contraste con las especies gramíneas. *Chamaecrista rotundifolia* mostró aproximadamente el doble de semillas germinadas que *Leucaena leucocephala*. Mientras que para las gramíneas el porcentaje más alto lo registró *Paspalum notatum* que fue aproximadamente 33% más alto que el reportado para *Aristida appressa* (28 %)

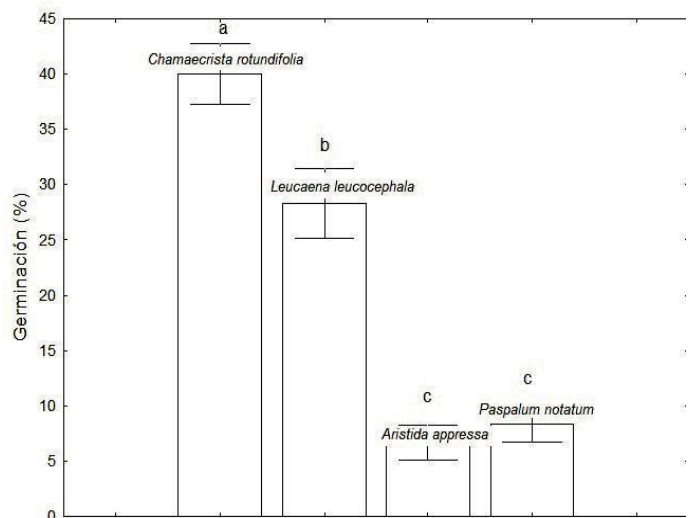


Figura 3. Promedio (\pm EE) del porcentaje de germinación de semillas por especie. Letras diferentes denotan diferencias entre tratamientos según la Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Discusión

En los bancos de material geológico a cielo abierto, el establecimiento de las plantas está limitado por la falta de suelo. El recubrimiento de semillas es una tecnología empleada para facilitar la siembra de plantas y en el caso de suelos degradados mejorar las condiciones en que las semillas van a ser depositadas (Taylor *et al.*, 1998). El uso de semillas recubiertas para restauración de suelos degradados es una tecnología práctica que mejora el establecimiento de especies nativas (Turner *et al.*, 2006). La incorporación de los adherentes para la formación de los pellets resultó ser efectiva para la integrar la mayor cantidad de semillas, específicamente en el tamaño de pellet más grande (12 mm), que integró el 41% más semillas que los tamaños menores a este diámetro.

Existen pocos estudios sobre la utilización de semillas recubiertas con fines de restauración de suelos degradados, Turner y colaboradores (2006), investigaron el uso de polímeros para recubrir semillas de 11 especies de arbóreas en bosque de Baskia, y encontraron que el cubrimiento de semillas no inhibió la germinación. Navarro y colaboradores (2004), consiguieron una mayor germinación con semillas de *Pinus halepensis* Mill. peletizadas como técnica de siembra post-incendio. Estos resultados son similares al presente estudio debido a que los materiales utilizados tampoco inhibieron la germinación. Sin embargo, las especies utilizadas no alcanzaron porcentajes de germinación mayores al 70% (TeKrony *et al.*, 1980) por lo que para aumentar la germinación es necesario realizar tratamientos pre-germinativos (Baskin y Baskin, 2004).

Turner y colaboradores (2006), demostraron que la incorporación de plantas a través de pellets para restaurar suelos degradados por la minería fue efectiva y de bajo costo. El cubrimiento de las semillas podría protegerlas de los factores externos y mejorar las condiciones para su germinación y supervivencia (Scott, 1989; Turner *et al.*, 2006). Además, con la adición de sustancias adherentes se evita que las semillas se desplacen del lugar de la siembra por lo que contrarresta el arrastre por erosión hídrica (García *et al.*, 2010).

Los suelos degradados representan un filtro abiótico que condiciona el establecimiento de las plantas y su incorporación a la comunidad (Mola *et al.*, 2011). La minería a cielo abierto es una de las actividades que provoca la pérdida total del suelo, la formación de pellets es una herramienta útil para establecer especies pioneras y acelerar los procesos de sucesión vegetal. La actividad de la minería a cielo abierto incide directamente en la pérdida de este horizonte.

Actualmente existen pocos estudios que prueban la efectividad de la cubrición de semillas para la revegetación de áreas degradadas (Navarro *et al.*, 2004). Las sustancias agregadas a para cubrir las semillas no inhibió su germinación, estos resultados son similares a los encontrados por Navarro y colaboradores (2004), que consiguieron una mayor germinación de semillas de *Pinus halepensis* Mill. peletizadas como técnica de siembra post-incendio. En este trabajo, ninguna especie alcanzó porcentajes de germinación mayores al 50%, estos resultados se debieron a que dichas especies presentan latencia en sus semillas (Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 1999). Dichos resultados sugieren que es necesario aplicar tratamientos pre-germinativos para aumentar su porcentaje de germinación (Baskin y Baskin, 2004). Estudios han reportado como benéfico la incorporación de nutrientes en el recubrimiento de semillas sobre la germinación (Simone *et al.*, 2017)

La peletización de semillas es un procedimiento por el cual se cubren las semillas con materiales de relleno y aglutinantes que facilitan su dispersión mecánica (Turner *et al.*, 2006). La incorporación de plántulas a suelos degradados es clave para la restauración ecológica de comunidades vegetales (Seabloom *et al.*, 2003). Por lo que integrar especies nativas para restaurar suelos degradados es un recurso que no debe ser desperdiciado, que tiene implicaciones importantes para la restauración ecológica de ecosistemas (Foster *et al.*, 2009). El 92% de los suelos del bosque La Primavera son muy susceptibles a la erosión (SEMARNAT, 2000), aunado a esta característica física está la pérdida de la cobertura vegetal debido al cambio de uso del suelo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que los materiales utilizados fueron efectivos para cubrir las semillas y formar diferentes tamaños de pellets. Las mezclas con las que se elaboraron los pellets no inhibieron la germinación de las semillas, sin embargo, no se alcanzaron altos porcentajes de germinación debido a la latencia de las semillas por lo que integrar tratamientos pre-germinativos podría aumentar los porcentajes de germinación. Este estudio proporciona una base para mejorar las prácticas de restauración de suelos.

El recubrimiento de semillas podría ser clave para lograr la restauración de suelos degradados de APFFBLP. Además, los materiales utilizados para cubrir las semillas y formar los pellets son fáciles de conseguir, de bajo costo y podrían ser una solución para restaurar los suelos degradados del Bosque La Primavera.

Agradecimientos

El autor agradece a los revisores anónimos por sus sugerencias y comentarios que mejoraron el escrito.

Literatura citada

Baskin, J.M. & C.C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14: 1-16. Recuperado el 2 de febrero de 2019. [ISSN:0960-2585 (Print),1475-2735 (Online)]. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>.

Bewley, J.D. & M. Black. 1994. *Seeds. Germination, Structure, and Composition*. Plenum Press, Nueva York, USA. (1-33) pp [978-1-4899-1002-8]. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8_1.

Fenner, M. & W.G. Lee. 1989. Growth of seedlings of pasture grasses and legumes deprived of single mineral nutrients. *Journal of Applied Ecology* 26(1), 223-232. <https://www.jstor.org/stable/2403663> doi: 10.2307/2403663.

Foster, B.L., K. Kindscher, G.R. Houseman & C.A. Murphy. Effects of hay management and native species sowing on grassland community structure, biomass, and restoration. 2009. *Ecological Applications* 19(7):

1884-1896. <https://doi.org/10.1890/08-0849.1>.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana 5.^a ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. p. 7-51.

Godínez-Álvarez, H. & A. Flores-Martínez. 1999. Germinación de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero, su utilidad para la restauración ecológica. *Polibotánica* (11):1-29. [<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=621011101>>ISSN 1405-2768].

Lamb, D., P.D. Erskine, & J.A. Parrotta. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310(5754):1628-1632. doi: 10.1126/science.1111773.

Navarro, R.M., G. Gautier, E. Deckler, C. Gálvez. & J.R. Guzmán. 2004. Efecto del tratamiento de la semilla y de las técnicas de siembra en la germinación de *Pinus halepensis* Mill. *Ecología* 18:113-126. [ISSN 0214-0896]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1987805>.

Oldeman, L.R. 1998. *Soil degradation: a threat to food security*. ISRIC, Wageningen, The Netherlands. (16) pp. <http://edepot.wur.nl/296559>.

Palacio-Prieto, J.L., Bocco, G., Velázquez, A., Jean, F., Takaki-Takaki, F., Victoria, A., Luna-González, L., Gómez-Rodríguez, G., López-García, J., Palma, M.M., Trejo-Vázquez, I., Peralta, A.H., Prado-Molina, J., Rodríguez-Aguilar, A., Mayorga-Saucedo, R y González, M.F. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 43: 183-203.

Pedrini, S., Merritt, D.J., Stevens, J. y Dixon, K. 2017. Seed coating: science or marketing spin? *Trends in Plant Science*. 22: 106-116.

Primack, R., y Massardo, F. 2001. Restauración ecológica. En: *Fundamentos de conservación biológica perspectivas latinoamericanas*. R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (ed.), pp 559-582. Fondo de Cultura Económica, México.

Romo-Campos, L., Flores-Flores, J.L., Flores, J. y Álvarez-Fuentes, G. 2010. Seed germination of *Opuntia* species from an aridity gradient in Central Mexico. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 12: 181-198.

Rondón, R., J.A., y Vidal, R. 2005. Establecimiento de la cubierta vegetal en áreas degradadas (principios y métodos). *Revista Forestal Latinoamericana*. 38: 63-82.

Rosete-Vergés, F.A., J.L. Pérez-Damián, M. Villalobos-Delgado, E.N. Navarro-Salas, E. Salinas-Chávez y R. Remond-Noa. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20(1):21-35. [(1405-0471) ISSN; (2448-7595)].

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, Dis-

- trito Federal.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS/STAT software, version 9. SAS Institute, Inc., Cary.
- Scott J.M. 1989. Seed coating and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy*. 42: 43-83.
- Scott, J.M., Blair, G.J. and Andrews, A.C. 1997. The mechanics of coating seeds in a small rotating drum *Seed Science and Technology* 25, 281-2.
- Seabloom, E.W., Harpole, W.S., Reichman, O.J. y Tilman, D. 2003. Invasion, competitive dominance, and resource use by exotic and native California grassland species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 100: 13384–13389.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Programa de manejo área de protección de flora y fauna La Primavera, México. D. F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Taylor, A.G., Allen, P.S., Bennett, M.A., Bradford, K.J., Burris, J.S. y Misra, M.K. 1998. Seed enhancements. *Seed Sci. Res.* 8:245-256.
- Turner, S.R., Pearce, B., Rokich, D.P., Dunn, R.R., Merritt, D.J., Majer, J.D. y Dixon, K.W. 2006 Influence of polymer seed coatings, soil raking, and time of sowing on seedling performance in post-mining restoration. *Restoration Ecology*. 2: 267-277.
- Yaklich, R.W., y Kulik, M.M. 1979. Evaluation of vigor in soybean seeds: Influence of date of planting and soil type on emergence, stand, and yield. *Crop Science*. 19: 242–246.