

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS PARA LA FORESTACIÓN DE PARQUES EN VILLA HIDALGO, ZACATECAS. MÉXICO.

GERMINATION OF SEEDS ARBOREAL LEGUME FOR PARK AFFORESTATION IN VILLA HIDALGO, ZACATECAS. MEXICO.

Arnoldo Flores-Torres.^{1*}, Yarezi Adilene Rodríguez-Pérez², Ángel Vargas-Pérez¹, Zaid Marcelo Pérez-Arteaga¹.

¹Docente. Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario. 138. Km 1. Carretera Villa Hidalgo-Pinos, Villa Hidalgo, Zacatecas. México. C.P.98995

²Estudiante. Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario. 138. Km 1. Carretera Villa Hidalgo-Pinos, Villa Hidalgo, Zacatecas. México. C.P.98995

*Autor para correspondencia: joseflores138@dgtaycm.sems.gob.mx

RECIBIDO:
04/11/2024

RESUMEN

ACEPTADO:
25/11/2024

PALABRAS CLAVE:
Áreas verdes
públicas,
Forestación,
Germinación
de semillas,
Leguminosas
arbóreas.

KEYWORDS:
Public green areas,
Forestation,
Seed germination,
Tree legumes.

Las leguminosas arbóreas son especies con la capacidad de soportar los ambientes estresantes de las zonas urbanas y pueden ser utilizadas para la forestación de áreas verdes públicas. No obstante, es difícil producirlas de manera masiva dada la resistencia de sus semillas para germinar. En este trabajo evaluamos la efectividad de diferentes tratamientos en la germinación de semillas de siete especies de leguminosas arbóreas, con el objetivo de establecer un método sencillo y rápido con el cual producir de forma masiva individuos para forestar áreas verdes públicas en el municipio de Villa Hidalgo, Zacatecas. Los tratamientos fueron: 1) EQ = escarificación química, mediante la inmersión de las semillas en H₂SO₄ al 96% durante 30 minutos. 2) EH = escarificación hidrotérmica, mediante la inmersión de las semillas en agua caliente a 80 °C durante 30 minutos. 3) EM = escarificación mecánica, mediante el lijado de la testa de la semilla. 4) T = testigo. Todas las especies requieren un tratamiento de escarificación para germinar en grandes cantidades y el método mas sencillo y rápido difiere según la especie de estudio. El porcentaje de germinación de semillas de *Acacia farnesiana* es mayor (67.03 %) en el tratamiento EM. Las semillas de *Albizia lebeck* (25.01%) y *Ceratonia siliqua* (19.44 %) tiene porcentajes de germinación mas altos con el tratamiento EQ. Mientras que la germinación de semillas de *Ebenopsis ebano* (76.39%), *Leucaena leucocephala* (82.93 %), *Parkinsonia aculeata* (45.71 %), y *Prosopis glandulosa* (68.06 %), presentan mayores porcentajes de germinación con el tratamiento HT.

ABSTRACT

Arboreal legumes are species with the ability to resist the stressful environments of urban areas and they can be used for the forestation of public green areas. Nevertheless, it is difficult to produce them on a massive scale due to the difficulty of their seeds to germinate. In this work we evaluated the effectiveness of different treatments in the seed's germination of seven species of arboreal legumes, with the goal of establishing a simple and rapid method to produce seeds on a massive scale to forest public green areas in the municipality of Villa Hidalgo, Zacatecas. The treatments were: 1) EQ = chemical scarification, by immersing the seeds in H₂SO₄ at 96% for 30 minutes. 2) EH = hydrothermal scarification, by immersing the seeds in hot water at 80 °C for 30 minutes. 3) EM = mechanical scarification, by sanding the seed coat. 4) T = unmanipulated seed treatment. All species require a scarification treatment to germinate in large quantities and the simplest and fastest method depending on the specie of study. The germination percentage of *Acacia farnesiana* seeds is higher (67.03 %) in the EM treatment. The *Albizia lebeck* seeds (25.01%) and *Ceratonia siliqua* (19.44 %) have higher germination percentages with the EQ treatment. While the seeds germination of *Ebenopsis ebano* (76.39%), *Leucaena leucocephala* (82.93 %), *Parkinsonia aculeata* (45.71 %), and *Prosopis glandulosa* (68.06 %) present higher germination percentages with the HT treatment.

INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes publicas en áreas urbanizadas tienen un valor funcional al mantener un aprovisionamiento constante de servicios ecosistémicos entre los cuales se encuentran: la reducción de la contaminación ambiental (McPherson *et al.*, 1998; Baro *et al.*, 2014), la reducción de escorrentías en tormentas (Soares *et al.*, 2011; Berland *et al.*, 2017), el ahorro de energía y de las emisiones de carbono al proporcionar sombra y reducir el uso de aire acondicionado (Akbari *et al.*, 2001; Akbari 2002; Wang *et al.*, 2016), y el secuestro de carbono (Jo & McPherson, 1995; Kinnunen *et al.*, 2022). Otros beneficios de las áreas verdes públicas están relacionados con aspectos socioculturales, como la reducción del crimen (Kuo & Sullivan, 2001; Kuo, 2003), y salud mental (Amoly *et al.*, 2014; Bratman *et al.*, 2019). Todos los puntos anteriores son particularmente relevantes en áreas urbanas localizadas en ambientes áridos, donde la incorporación de parques, árboles y bosques al tejido urbano puede contribuir a la provisión de bienes y servicios ecosistémicos que son fundamentales para los medios de vida, la salud y el bienestar de sus habitantes, al tiempo que aumenta su resiliencia a los cambios globales como el cambio climático. En ningún otro lugar este potencial es más pronunciado que en las áreas urbanas de localizadas en entornos áridos (FAO 2022)

Uno de los principales problemas para la forestación de áreas verdes publicas es la selección adecuada de especies que puedan hacer frente a los ambientes estresantes de las ciudades como como sequías, vandalismo, temperaturas extremas y suelos pobres (Czaja *et al.*, 2020). Las leguminosas arbóreas tienen la capacidad de hacer frente a estos ambientes estresantes dada su capacidad de desarrollo en climas semiáridos a templados; resistencia a la sequía, a altas y bajas temperaturas; tolerancia a suelos pobres o tepetatosos, además de su capacidad para formar suelo, utilidad en el control de la erosión, y tolerancia a la poda (Sprent & Parsons, 2000; Chaer *et al.*, 2011, Gazca & Benavides, 2012; Castro *et al.*, 2017).

Las semillas de leguminosas poseen una cubierta dura la cual las vuelve impermeables dificultando su germinación (Rolston, 1978; Baskin & Baskin, 1998, Smith *et al.*, 2003), esto es el principal problema para su producción masiva en viveros, requiriéndose la escarificación de la semilla previo a la siembra (Quiroz-Marchant, *et al.*, 2009; López-Hernández *et al.*, 2010; López Martínez *et al.*, 2014). Algunos tratamientos de escarificación exitosos en la producción de leguminosas son: inmersión en ácido en diferentes concentraciones y tiempos (El Deen *et al.*, 2014; Paredes *et al.*, 2018), inmersión en agua caliente durante diferentes tiempos (Sánchez-Paz & Ramírez-Villalobos, 2006; Tadros *et al.*, 2011; Prieto-Ruiz *et al.*, 2022), y el lijado o corte de la testa (Pérez-Domínguez *et al.*, 2007; Missanjo *et al.*, 2013)

En este artículo evaluamos la efectividad de diferentes tratamientos de escarificación en la germinación de semillas de siete especies de leguminosas arbóreas, con el objetivo de establecer un método sencillo y rápido, con el cual poder producir de forma masiva árboles de dichas especies para forestar las áreas verdes públicas del municipio de Villa Hidalgo, Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área y especies de estudio.- Las semillas para el estudio fueron colectadas de marzo a noviembre del 2023, de vainas de árboles adultos sanos, que se encontraban creciendo en el bosque urbano del municipio de Torreón Coahuila y Villa Hidalgo, Zacatecas, según su disponibilidad para los colectores. Fueron limpiadas y seleccionadas descartando aquellas que se encontraban perforadas o con rastros de herbivoría para posteriormente ser guardadas en frascos de vidrio a temperatura ambiente. Diferentes individuos fueron seleccionados según su disponibilidad y momento de producción de semillas. Cinco especies nativas de México: *Acacia farnesiana*; (L.) Willd. ($n = 6$ individuos), *Ebenopsis ebano*; (Berl.) Britton et Rose ($n = 5$), *Leucaena leucocephala*; (Lam.) de Wit. ($n = 6$), *Parkinsonia aculeata*; (L.) ($n = 6$), *Prosopis laevigata*; (Humb. & Bonpl. ex Willd.) ($n = 6$). Y dos especies exóticas: *Albizia lebbbeck*; (L.) Benth. ($n = 3$), *Ceratonia siliqua*; ($n = 3$)

Los tratamientos de escarificación fueron realizados a finales de mayo del 2024, en el laboratorio de usos múltiples y el experimento de germinación fue establecido en el vivero didáctico del Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario 138 “J. Márquez Sánchez Ponce” durante todo el mes de junio. Las coordenadas geográficas son 22° 20' 58.69" N y 101° 42' 56.38" O a una altura de 2160 msnm. La temperatura promedio registrada dentro del vivero durante el mes que duró el experimento fue de 22.95° C, con una máxima de 36.21° C y una mínima de 14.20° C. La humedad ambiental promedio registrada fue de 40.50%, con una máxima de 89.90% y una mínima de 0.0%.

Tratamientos de escarificación.- Una muestra de 300 semillas de cada especie fue seleccionada procurando que no estuvieran dañadas o con malformaciones. Cada muestra fue dividida en 4 submuestras a las cuales se les aplicó uno de los siguientes tratamientos de escarificación: 1) EQ, escarificación química $n = 75$, mediante la inmersión de semillas en H_2SO_4 al 96% durante 30 minutos. 2) EH, escarificación hidrotérmica $n = 75$, mediante la inmersión de las semillas en agua caliente a 80° C durante 30 minutos. 3) EM, escarificación mecánica $n = 75$, mediante el lijado de la testa de la semilla en el lado contrario al micrópilo con lija para madera grano 60. 4) T, testigo $n = 75$ grupo control sin ningún tratamiento. Luego de cada tratamiento las semillas fueron lavadas y puestas en remojo durante 24 horas antes de la siembra.

Ensayo de germinación.- Las semillas fueron germinadas en semilleros forestales de unicel de 77 cavidades con capacidad de 170 mL^{-1} por cavidad las cuales contenían sustrato fabricado con arena, composta domestica (estiércol y hojarasca madurada 12 meses), y suelo de las parcelas agrícolas del CBTa 138 a partes iguales. Cada semillero forestal contenía 25 semillas por tratamiento de cada especie, estas fueron repartidas aleatoriamente dentro del vivero para eliminar cualquier efecto de microclima, considerándose cada semillero forestal como una réplica para los análisis estadísticos. La siembra fue realizada a una profundidad de 3 veces el tamaño de la semilla, regándose diario y registrando su estado cada dos días durante todo el mes junio. Se consideró semilla germinada cuando el hipocótilo alcanzó una longitud de 1 cm. La velocidad de germinación de cada tratamiento fue estimado a diferentes tiempos según la especie según el primer registro de semilla germinada y hasta que se registró el valor máximo de germinación. El porcentaje de germinación total fue estimado a los 30 días.

Análisis estadísticos.- El porcentaje de germinación total a los 30 días, fue convertido a arcoseno, para normalizar la distribución de los datos y estabilizar las varianzas. Para determinar si existían diferencias significativas ($P < 0.05$) en la germinación total entre tratamientos, se realizó un análisis de varianza de una vía. Cuando se detectó significancia estadística se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey HSD (donde p ajustada = < 0.0 representa pares de medias diferentes). Todos los análisis estadísticos fueron realizados en R versión 3.2 (R Core Team 2014).

RESULTADOS

Las semillas de todas las especies estudiadas presentaron respuestas a los tratamientos de escarificación aplicados, tanto en su velocidad como en la germinación total a los 30 días. La germinación de las semillas de *A. farnesiana* es epigea, comienza a germinar al día 6 luego de ser sembrada, en el tratamiento EM incrementa rápidamente su velocidad de germinación hasta el día 10, luego permanece constante hasta alcanzar su máximo en el día 20, esta velocidad de germinación es inferior en los restantes tratamientos. Las semillas de *A. farnesiana* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EM ($67.03 \% \pm 7.43$, media \pm ee), seguido de EQ ($27.77 \% \pm 7.04$), EC ($12.80 \% \pm 4.23$) y T ($11.47 \% \pm 2.46$). Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F = 20.81$, $gl = 3$, $P = < 0.05$), la prueba de Tukey HSD mostró dos grupos de medias diferentes uno integrado por EF, y otro integrado por EQ, EC, y T (Figura 1A y 2A).

La germinación de las semillas de *A. lebeck* es epigea, comienza a germinar al día 6 luego de ser sembrada, en el tratamiento EQ incrementa rápidamente su velocidad de germinación hasta el día 20 cuando alcanza su

máximo valor, esta velocidad de germinación es inferior en los restantes tratamientos. Las semillas de *A. lebeck* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EQ ($25.01 \% \pm 8.67$ media \pm ee), seguido de EF ($8.33 \% \pm 2.41$), EC ($6.94 \% \pm 1.39$), y T ($1.39 \% \pm 1.30$). Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F = 4.88$, $gl = 3$, $P = < 0.05$), la prueba de Tukey HSD mostró dos grupos de medias diferentes EQ y T con dos tratamientos cuyas medias se comparten con los dos primeros EC y EF (Figura 1B y 2B).

La germinación de las semillas de *C. siliqua* es epigea, comienza a germinar al día 12 luego de ser sembrada, en todos los tratamientos de escarificación su velocidad de germinación es alta hasta el día 20, luego se reduce en EH y EM permaneciendo alta en EQ donde alcanza su máximo valor el día 30. Las semillas de *C. siliqua* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EQ ($19.44 \% \pm 3.67$ media \pm ee), seguido de EH ($11.11 \% \pm 1.39$), EM ($9.72 \% \pm 1.39$), y T (0%). Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F = 14.63$, $gl = 3$, $P = < 0.05$), la prueba de Tukey HSD mostró dos grupos de medias, uno integrado por EQ, EC y EF y otro por T (Figura 1C y 2C).

La germinación de las semillas de *E. ebano* es hipogea, comienza a germinar al día 8 luego de ser sembrada, en todos los tratamientos de escarificación su velocidad de germinación es alta hasta el día 18, luego esta se reduce en EM y EQ permaneciendo alta en EH donde alcanza su máximo valor el día 30. Las semillas de *E. ebano* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EH ($76.39 \% \pm 1.39$ media \pm ee), seguido de EQ ($45.83 \% \pm 4.17$ media \pm ee), EM ($43.06 \% \pm 6.05$) y T (13.89%). Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F = 41.30$, $gl = 3$, $P = < 0.05$), la prueba de Tukey HSD mostró tres grupos de medias uno integrado por EH, otro por EQ y EM y otro por T (Figura 1D y 2D).

La germinación de las semillas de *L. leucocephala* es epigea, comienza a germinar al día 6 luego de ser sembrada, en el tratamiento EQ incrementa rápidamente su velocidad de germinación hasta el día 16, cuando alcanza su máximo valor y permanece estable. En el tratamiento EH la velocidad de germinación comienza a incrementarse hasta el día 12 para alcanzar el valor máximo hasta el día 26, alcanzando los valores del tratamiento EQ. La velocidad de germinación es inferior en los restantes dos tratamientos. Las semillas de *L. leucocephala* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EH ($82.93 \% \pm 6.72$ media \pm ee), seguido de EQ ($82.67 \% \pm 9.09$), EM ($9.96 \% \pm 2.81$), y T ($2.84 \% \pm 1.42$). Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F = 56.57$, $gl = 3$, $P = < 0.05$), la prueba de Tukey HSD mostró dos grupos de medias, uno integrado por EH y EQ y otro por EM y T. (Figura 1E y 2E).

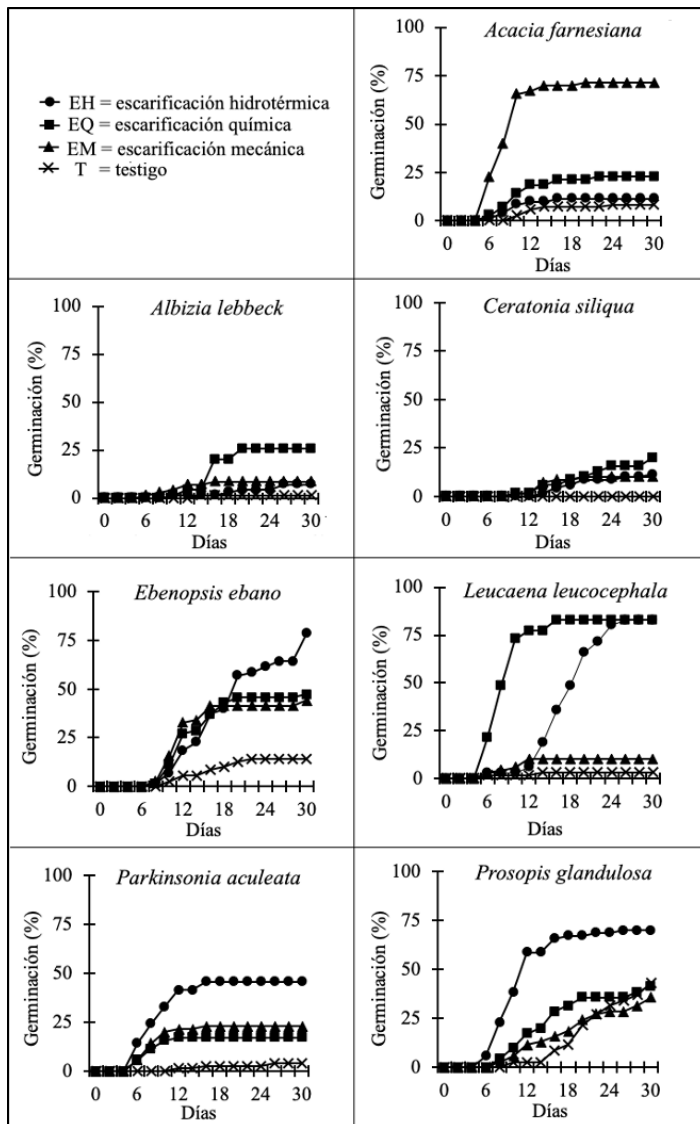


Figura 1. Porcentaje de germinación acumulado en el tiempo para cada tratamiento de germinación por especie estudiada.

La germinación de las semillas de *P. aculeata* es epigea, comienza a germinar al día 6 luego de ser sembrada, en el tratamiento EH incrementa rápidamente su velocidad de germinación hasta el día 16 cuando alcanza su máximo valor y permanece estable, la velocidad de germinación es inferior en los restantes tratamientos. Las semillas de *P. aculeata* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EH (45.71 % \pm 1.26 media \pm ee), seguido de EM (22.89 % \pm 3.90), EQ (16.73 % \pm 14.61), y T (4.23 \pm 2.41). Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F = 5.12$, $gl = 3$, $P = < 0.05$), la prueba de Tukey HSD mostró dos grupos de medias diferentes EH y T, con dos tratamientos cuyas medias se comparten con los dos primeros EQ y EM. (Figura 1F y 2F).

La germinación de las semillas de *P. glandulosa* es epigea, comienza a germinar al día 6 luego de ser sembrada, incrementa rápidamente su velocidad de germinación en el tratamiento EH hasta el día 16, luego

del cual alcanza su máximo valor y permanece estable, la velocidad de germinación es inferior en los restantes tratamientos. Las semillas de *P. glandulosa* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EH (68.06 % \pm 8.45 media \pm ee), seguido de T (41.67 \pm 6.36), EQ (40.28 \pm 7.73), y EF (33.33 \pm 7.22). Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F = 4.16$, $gl = 3$, $P = < 0.05$), la prueba de Tukey HSD mostró dos grupos de medias diferentes EH y EM, con dos tratamientos cuyas medias se comparten con los dos primeros EQ y T. (Figura 1G y 2G).

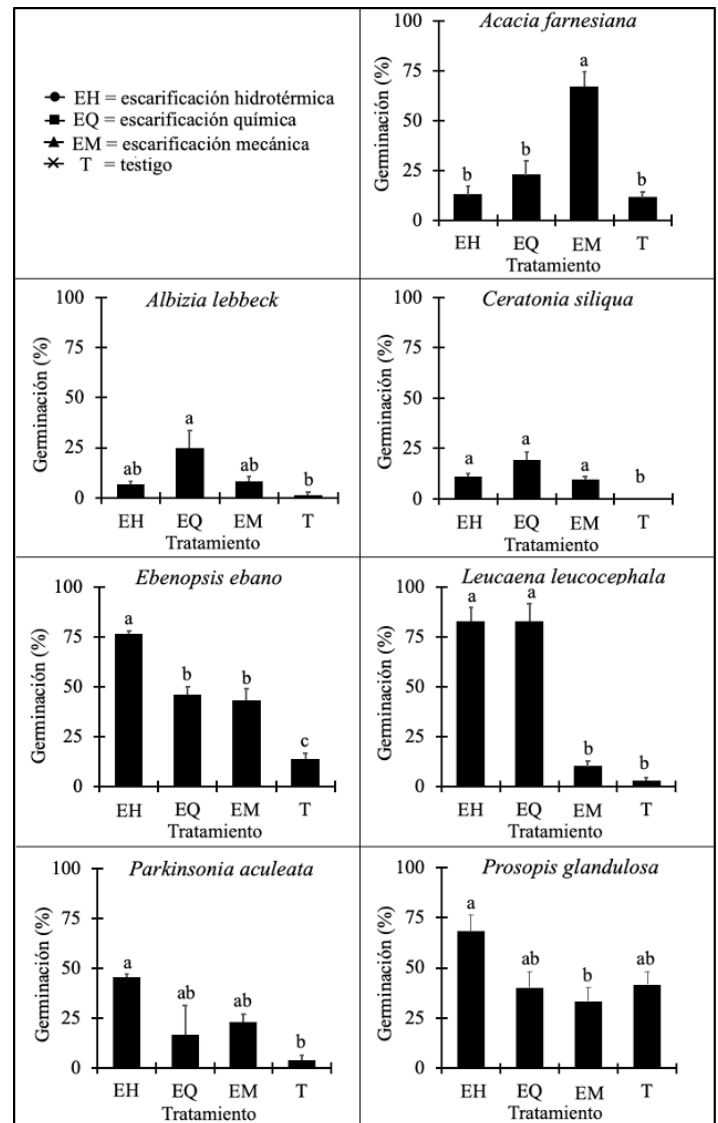


Figura 2. Porcentaje de germinación total al término del experimento (30 días) para cada tratamiento de germinación por especie estudiada. Las barras representan la media \pm 1 ee. (n = 3). Literales sobre las barras de ee representan los grupos formados por la prueba de Tukey HSD.

DISCUSIÓN

Las semillas de las especies estudiadas requieren un tratamiento de escarificación para poder germinar, esto debido a que la semillas están cubiertas por una capa dura e impermeable la cual es típica de las leguminosas (Rolston, 1978). Desde un punto de vista ecológico, este

mecanismo permite a las semillas de las leguminosas formar bancos de semillas y germinar en intervalos periódicos durante temporadas favorables (Baskin & Baskin 1998; Silvertown, 1999).

Para *A. farnesiana* el tratamiento de escarificación mecánica favorece una germinación más rápida y en mayor cantidad. Estos resultados concuerdan con otros estudios los cuales reportan una mayor germinación de las semillas de la especie con escarificación mecánica que con cualquier otro tratamiento (Cervantes *et al.*, 1996; Rivas-Medina *et al.*, 2005) y difieren con estudios que reportan mayor germinación con tratamientos de escarificación química (Villarreal-Garza *et al.*, 2013) e hidrotérmica (Tadros *et al.*, 2011).

En la especie exótica *A. lebeck* sólo el tratamiento de escarificación química resultó con una germinación diferencial al compararse con el tratamiento testigo, con un valor bajo de 25%. En experimentos de germinación realizados en su área de distribución natural, las semillas de *A. lebeck* alcanzan altas germinaciones con diferentes tratamientos; entre 62.50 y 100 % con escarificación mecánica (Missanjo *et al.*, 2013; Nath *et al.*, 2017) y 74.67 % mediante escarificación química con H₂SO₄ al 75% durante 12 horas (Tiwari *et al.*, 2020).

Resultados muy parecidos se encontraron en la otra especie exótica, las semillas de *C. siliqua* germinaron en porcentajes muy bajos (19.40 %) en el tratamiento de escarificación química el cual es el más exitoso. En otros estudios realizados en su área de su distribución natural, las semillas de *C. siliqua* presentan altos porcentajes de germinación con tratamientos de escarificación mecánica, 91 % (Ortiz *et al.*, 1995), y mediante la escarificación química con H₂SO₄ durante 30 minutos, 91 % (El Deen *et al.*, 2014) y 88.90% (Bostan & Kiliç, 2014)

En este experimento las semillas de *E. ebano* germinaron más rápido y en mayor cantidad en el tratamiento de escarificación hidrotérmica, estos resultados difieren con otros trabajos que reportan mayor germinación con tratamiento de escarificación mecánica (Flores & Jurado, 1998; García-Pérez *et al.*, 2007) o mediante escarificación química con H₂SO₄ en diferentes tiempos (Alaniz & Everitt, 1978; Vorá, 1989).

Las semillas de *L. leucocephala* germinaron más rápido en el tratamiento de escarificación química, y luego del día 24 el tratamiento escarificación hidrotérmica presenta valores de germinación total similares. Sánchez-Gómez *et al.*, (2017) reportan que la escarificación hidrotérmica es el mejor tratamiento para germinar las semillas de la especie, pero con una menor velocidad de germinación. Otros trabajos también han resultados similares en *L. leucocephala* (Sánchez-Paz & Ramírez-Villalobos, 2006; Tadros *et al.*, 2011)

Para *P. aculeata* el tratamiento de escarificación hidrotérmica fue el tratamiento que presentó mayor velocidad de germinación, pero la tasa de germinación total a los 30 días no presentó diferencias entre los dos restantes tratamientos de escarificación aplicados. Otros trabajos han reportado mayor germinación al tratar las semillas con una escarificación química (Vora, 1989; Paredes *et al.*, 2018) o mediante escarificación mecánica (Pérez-Domínguez *et al.*, 2013).

En *P. glandulosa* la velocidad de germinación es mayor en la escarificación hidrotérmica pero la germinación total a los 30 días no difiere con los restantes tratamientos de escarificación, Estos resultados concuerdan con varios estudios que reportan que diferentes tratamientos de escarificación pueden ser igual de exitosos en la germinación de semillas de *Prosopis spp.* estos van desde la escarificación hidrotérmica (Prieto-Ruiz *et al.*, 2022), escarificación mecánica (Rivas-Medina *et al.*, 2005), y escarificación química (Villarreal-Garza *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

El método más sencillo y rápido para germinar semillas de las especies de leguminosas arbóreas estudiadas y producir plantas de forma masiva con las cuales poder forestar áreas verdes difiere según la especie. Para *A. farnesiana* lijar la testa de las semillas resulta en una germinación más rápida y en mayor cantidad, para las especies exóticas *A. lebeck* y *C. siliqua* esto se logra escarificando la testa de las semillas con ácido sulfúrico durante 30 minutos, mientras que para *E. ebano*, *L. leucocephala*, *P. aculeata*, y *P. glandulosa* el tratamiento más eficiente es escarificar la testa de la semilla mediante la inmersión en agua caliente durante 30 minutos. Aplicar el tratamiento de escarificación específico nos permite ahorrar tiempo, recursos humanos, y económicos, los cuales son importantes en la producción de árboles para planes de forestación urbana a gran escala.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el financiamiento PROINE 2023 (352.23.P03), los autores agradecen el trabajo de los estudiantes del servicio social, A. Delgado, J. Lara, J. López, D. Muñoz, y M. Cruz, por el mantenimiento del experimento de germinación y a los trabajadores J. Barrón, V. Rodríguez, A. Delegado por el acondicionamiento del vivero didáctico del CBTA 138.

LITERATURA CITADA

Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Sol. Energy*, 70 (3), 295–310.

- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants. *Environmental pollution*, 116, S119-S126.
- Alaniz, M. A., & Everitt J. H. (1978). Germination of Texas ebony seeds. *Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society*, 32: 95-100.
- Amoly, E., Dadvand, P., Forns, J., López-Vicente, M., Basagaña, X., Julvez, J., Alvarez-Pedrerol, M., Nieuwenhuijsen, M. J. & Sunyer, J. (2014). Green and blue spaces and behavioral development in Barcelona schoolchildren: the BREATHE project. *Environmental health perspectives*, 122: 1351-1358.
- Bratman, G. N., Anderson, C. B., Berman, M. G., Cochran, B., De Vries, S., Flanders, J., Folke, C., Frumki, H., Gross, J., Khan, P., Kuo, M., Lawler, J., Levin, P., Meyer-Lindenberg, A., Mitchel, R., Ouyang, Z., Roe, J., Scarlett, L., Smith, J., Van Den Bosch, M., Wheeler, B., White, M., Zheng, H., Daily, G. C. (2019). Nature and mental health: An ecosystem service perspective. *Science advances*, 5.
- Baro, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun E., Langemeyer, J., Nowak, D. J. Terradas, J. (2014). Contribution of Ecosystem Services to Air Quality and Climate Change Mitigation Policies: The Case of Urban Forests in Barcelona, Spain. *AMBIO*, 43, 466–479.
- Baskin, C. C., Baskin, J. M. (1998). Seeds ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego.
- Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and urban planning*, 162, 167-177.
- Bostan, S. Z., & Kiliç, D. (2014). The Effects of different treatments on carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germination. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1, 706-708.
- Castro, D., Urzúa, J., Rodríguez-Malebran, M., Inostroza-Blancheteau, C., & Ibáñez, C. (2017). Woody leguminous trees: New uses for sustainable development of drylands. *Journal of Sustainable Forestry*, 36, 764-786.
- Cervantes, V., Carabias, J., & Vázquez-Yanes, C. (1996). Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of southern Mexico. *Forest ecology and management*, 82, 171-184.
- Chaer, G. M., Resende, A. S., Campello, E. F. C., de Faria, S. M., & Boddey, R. M. (2011). Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology*, 31, 139-149.
- Czaja, M., Koton, A. & Muras, P. (2020). The complex issue of urban trees-stress factor accumulation and ecological service possibilities. *Forests*, 11, 1–24.
- El Deen, E. M. Z., El-Sayed, O. M., El-Rahman, A., El-Sayed, I., & Hegazi, G. A. E. M. (2014). Studies on carob (*Ceratonia siliqua* L.) propagation. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7, 31-40.
- FAO. 2022. Urban forestry and urban greening in drylands - Improving resilience, health, and wellbeing of urban communities. A background document for the Green Urban Oases Programmed. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2065en>
- Flores, J. y Jurado, E. (1998). Germination and early growth traits of 14 plant species native to northern Mexico. *Southwestern Naturalis*, 43, 40-46.
- García-Pérez, J. F., Aguirre Calderón O., Estrada Castellón E., Flores Rivas J., Jiménez Pérez J., Jurado Ybarra E. (2007). Germinación y establecimiento de plantas nativas del matorral tamaulipeco y una especie introducida en un gradiente de elevación. *Madera y bosques*, 99-117.
- Gazca-Guzmán, M. O. & Benavides-Meza, H. M. (2012). Ensayo de leguminosas para la reforestación de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3, 39-54.
- Jo, H.K., & McPherson G. E. (1995). Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *Journal of Environmental Management*, 45, 109-133.
- Kinnunen, A., Talvitie, I., Ottelin, J., Heinonen, J., Junnila, S. (2022). Carbon sequestration and storage potential of urban residential environment—A review. *Sustainable Cities and Society*, 84: 104027.
- Kuo, F. E. (2003). The role of arboriculture in a healthy social ecology. *Journal of arboriculture*, 29, 148-155.
- Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (2001). Environment and crime in the inner city: Does vegetation reduce crime? *Environment and behavior*, 33, 343-367.
- López-Hernández, J. A., Ríos-Saucedo, J. C., Monárrez-González, J. C., Mejía-Bojórquez, J. M., Rosales-Mata, S., y Bustamante-García, V. (2010). Tecnología disponible para la obtención de semilla de mezquite en el Norte de México. *Folleto técnico Núm 45*. Campo Experimental “Valle del Guadiana”. INIFAP. Durango, Durango.
- López-Martínez, P. L., Villalón-Mendoza, H., Yerena-Yamallel, J. I., Jiménez-Pérez, J., Guevara-González, J. A., y Martínez-Barrón, R. A. 2014. Sistemas de riego para la producción de planta de *Prosopis laevigata* (Humb & Bonpl. Ex. Willd.) M.C. Johnst. en vivero forestal. *Revista Latinoamericana de Recursos*

Naturales, 10, 45-51.

McPherson EG, Scott KI, Simpson JR. 1998.

Estimating cost effectiveness of residential yard trees for improving air quality in Sacramento, California, using existing models. *Atmospheric Environment* **32**: 75–84. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(97\)00180-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00180-5)

Missanjo, E., Maya, C., Kapira, D., Banda, H., & Kamanga-Thole, G. (2013). Effect of Seed Size and Pretreatment Methods on Germination of *Albizia lebbek*. *ISRN Botany*. 2013, 1-4.

Nath, D. D., Rahman, M. M., Rahman, G. M. M., Islam, K. K., & Mondal, M. A. (2007). Effect of pre-treatment of seeds of Kalo koroí [*Albizia lebbek* (L.) Benth.] on germination and seedling growth. *J. Agrofor. Environ*, 1, 43-46.

Ortiz, P. L., Arista, M., & Talavera, S. (1995). Germination ecology of *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinaceae), a Mediterranean tree. *Flora*, 190, 89-95.

Paredes, D. A., Araujo, M. R., & Pérez, D. R. (2018). Germination of three Fabaceae species of interest for ecological restoration in the Southern Monte, Patagonia, Argentina. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, 26, 68-78.

Pérez-Domínguez, R., Jurado, E., González-Tagle, M. A., Flores, J., Aguirre-Calderón, O. A., & Pando-Moreno, M. (2013). Germinación de especies del matorral espinoso tamaulipeco en un gradiente de altitud. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4, 156-163.

Prieto-Ruiz, J. Á., Madrid Aispuro, R. E., Sigala Rodríguez, J. Á., García Pérez, J. L., Salcido Ruiz, S., Monárrez González, J. C. (2022). Germination of *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd) seeds subjected to pre-germination treatments under two environmental conditions. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 21, 1-8.

Quiroz-Marchant, I., García-Rivas, E., González-Ortega, M., Chung-Guin-Po, P., y Soto-Guevara, H. (2009). Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. *Bio-Bío*, Chile. 128 p.

R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Rolston, M.P. (1978). Water impermeable seed dormancy. *Bot. Rev.* 44, 365-396.

Rivas-Medina, G., Cervantes, G. G., Castro, C. M. V., Cohen, I. S., & Díaz, J. V. (2005). Morfología y

escarificación de la semilla de mezquite, huizache y ahuehuete. *Técnica Pecuaria en México*, 43, 441-448.

Sánchez-Gómez, A., Rosendo-Ponce, A., Vargas-Romero, J. M., Rosales-Martínez, F., Platas-Rosado, D. E., & Becerril-Pérez, C. M. (2018). Germinative energy in Guaje (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) with different methods of seed scarification. *Agrociencia*, 52, 863-874.

Sánchez-Paz, Y., & Ramírez-Villalobos, M. (2006). Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23, 257-272.

Smith, M. T, Wang B.S.P., & Msanga, H. P. (2003). Dormancy and germination. In: Vozzo JA, Tropical tree—seed manual number 1 volume 5. A publication of the United States Department of Agriculture/Forest Service, pp 149–176

Silvertown, J. (1999). Seed ecology, dormancy, and germination: a modern synthesis. *Am. J. Bot.*, 86, 903–905.

Soares, A. L., Rego, F. C., McPherson, E. G., Simpson, J. R., Peper, P. J., & Xiao, Q. (2011). Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10, 69-78.

Sprent, J. I., & Parsons, R. (2000). Nitrogen fixation in legume and non-legume trees. *Field Crops Research*, 65, 183-196.

Tadros, M. J., Samarah, N. H., & Alqudah, A. M. (2011). Effect of different pre-sowing seed treatments on the germination of *Leucaena leucocephala* (Lam.) and *Acacia farnesiana* (L.). *New forests*, 42, 397-407.

Tiwari, P., Kumar, R., & Lavania, P. (2020). Response of pre-sowing treatment on seed germination and seedlings growth characteristics of *Albizia lebbek*. *The Pharma Innovation Journal*, 9, 138-141.

Villarreal-Garza, J. A., Rocha-Estrada, A., Cárdenas-Ávila, M. L., Moreno-Limón, S., González-Álvarez, M., & Vargas-López, V. (2013). Caracterización morfológica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Phyton*, 82, 169-174.

Vora, R. S. (1989). Seed germination characteristics of selected native plants of the lower Rio Grande Valley, Texas. *Journal of Range Management*, 42, 36-40.

Wang, Z. H., Zhao, X. X., Yang, J. C., Song, J. Y., (2016). Cooling and energy saving potentials of shade trees and urban lawns in a desert city. *Appl. Energy*, 161, 437-444.