

# TRATAMIENTOS QUE PROMUEVEN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CINCO ESPECIES LEÑOSAS DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO CON LATENCIA FÍSICA

# TREATMENTS THAT PROMOTE SEEDS GERMINATION OF FIVE WOODY SPECIES OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB WITH PHYSICAL DORMANCY

**Ruiz-Carranza, Luis Daniel; José Ángel Sigala-Rodríguez; Eduardo Alanís-Rodríguez;  
Víctor Manuel Molina-Guerra y Erickson Basave-Villalobos**

TRATAMIENTOS QUE PROMUEVEN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CINCO  
ESPECIES LEÑOSAS DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO CON  
LATENCIA FÍSICA

TREATMENTS THAT PROMOTE SEEDS GERMINATION OF FIVE WOODY  
SPECIES OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB WITH PHYSICAL DORMANCY



## Tratamientos que promueven la germinación de semillas de cinco especies leñosas del Matorral Espinoso Tamaulipeco con latencia física

### Treatments that promote seeds germination of five woody species of the Tamaulipan Thornscrub with physical dormancy

Luis Daniel Ruiz-Carranza;  
José Ángel Sigala-Rodríguez;  
Eduardo Alanís-Rodríguez;  
Víctor Manuel Molina-Guerra  
y Erickson Basave-Villalobos

TRATAMIENTOS QUE  
PROMUEVEN LA  
GERMINACIÓN DE  
SEMILLAS DE CINCO  
ESPECIES LEÑOSAS DEL  
MATORRAL ESPINOSO  
TAMAULIPECO CON  
LATENCIA FÍSICA

TREATMENTS THAT  
PROMOTE SEEDS  
GERMINATION OF FIVE  
WOODY SPECIES OF THE  
TAMAULIPAN  
THORNSCRUB WITH  
PHYSICAL DORMANCY

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 58: 159-170. Julio 2024

DOI:

10.18387/polibotanica.58.11

**Luis Daniel Ruiz-Carranza** <https://orcid.org/0000-0001-7344-2801>  
Cobano Consultoría Integral Forestal y Medioambiental SA. de CV.  
Morelia, Michoacán, México

**José Ángel Sigala-Rodríguez** <https://orcid.org/0000-0003-4292-8707>  
INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental  
Valle del Guadiana, Durango, Durango, México

**Eduardo Alanís-Rodríguez** <https://orcid.org/0000-0001-6294-4275>  
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.  
Linares, Nuevo León, México.

**Víctor Manuel Molina-Guerra** <https://orcid.org/0000-0003-4405-699X>  
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.  
Linares, Nuevo León, México  
RENAC, SA. de CV. Departamento de Investigación  
Linares, Nuevo León, México

**Erickson Basave-Villalobos.**  
Autor de correspondencia: [basave.erickson@inifap.gob.mx](mailto:basave.erickson@inifap.gob.mx)  
<https://orcid.org/0000-0002-6743-3623>

INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental  
Valle del Guadiana, Durango, Durango, México

**RESUMEN:** Muchas especies forestales del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) presentan problemas de germinación de sus semillas que limitan la propagación de planta en vivero para su uso en los proyectos de restauración o reforestación. El objetivo de este estudio fue definir los tratamientos que promueven la germinación en semillas de cinco especies del MET con latencia física. Las especies estudiadas fueron: *Ebenopsis ebano*, *Havardia pallens*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana*. Se recolectó semilla en poblaciones naturales y de individuos fenotípicamente superiores. Se examinaron tratamientos de escarificación que consistieron en diferentes tiempos de inmersión en peróxido de hidrógeno, agua hirviendo y ácido sulfúrico, además de un tratamiento testigo. El ensayo se realizó en cajas Petri con papel filtro dentro de una cámara de germinación en condiciones controladas de humedad y temperatura. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 50 semillas por especie. La germinación se contabilizó durante 16 días considerando la emergencia de la radícula de 1 cm de longitud. Se determinó el porcentaje de germinación y se construyeron curvas de germinación acumulada. Se realizó un análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05. Hubo diferencias significativas entre los tratamientos en todas las especies evaluadas. Cada tratamiento tuvo un efecto diferente en función de la especie, destacándose que en la mayoría como es el caso de *E. ebano*, *H. pallens*, *P. laevigata* y *V. farnesiana* funcionaron los tratamientos con ácido sulfúrico, pero con diferente tiempo de inmersión (5 o 25 min). En *P. aculeata* la germinación se incrementó sumergiendo las semillas en agua hirviendo durante 5 minutos. Estos resultados tienen implicaciones prácticas para mejorar el manejo de las semillas de las especies estudiadas en los proyectos de restauración o reforestación en el MET.

**Palabras clave:** Ácido sulfúrico, escarificación, fabáceas, peróxido de hidrógeno, tratamientos pregerminativos.

**ABSTRACT:** Many forest species of the Tamaulipan Thornscrub (MET) present seed germination problems that limit seedling propagation in nurseries for use in restoration or reforestation projects. The objective of this study was to define the treatments that promote germination in seeds of five MET species with physical dormancy. The species studied were: *Ebenopsis ebano*, *Havardia pallens*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata* and *Vachellia farnesiana*. Seed was collected from natural populations and from phenotypically superior individuals. Scarification treatments consisting of different immersion times in hydrogen peroxide, boiling water and sulfuric acid were examined, in addition to a control treatment. The trial was carried out in Petri dishes with filter paper inside a germination chamber under controlled conditions of humidity and temperature. A completely randomized experimental design was used with four replicates of 50 seeds per species. Germination was counted for 16 days considering the emergence of the 1 cm long radicle. The germination percentage was determined, and cumulative germination curves were constructed. Analysis of variance was performed, and means were compared with Tukey's test at 0.05 significance level. There were significant differences among treatments in all species evaluated. Each treatment had a different effect depending on the species, highlighting that in most of them, as is the case of *E. ebano*, *H. pallens*, *P. laevigata* and *V. farnesiana*, the treatments with sulfuric acid worked, but with different immersion times (5 or 25 min). In *P. aculeata* germination was increased by immersing the seeds in boiling water for 5 min. These results have practical implications for improving seed management of the species studied in restoration or reforestation projects in the MET.

**Key words:** Sulfuric acid, scarification, fabaceas, hydrogen peroxide, pre-germination treatments.

## INTRODUCCIÓN

En México, los matorrales son uno de los principales tipos de vegetación por su distribución amplia en el territorio nacional. De acuerdo con estadísticas de la superficie ocupada por esta vegetación es de 576727 Km<sup>2</sup>, lo que representa casi el 30% del territorio. De los diferentes tipos de matorral que México alberga, el matorral espinoso tamaulipeco (MET), tiene una representatividad importante porque ocupa el 5° lugar en extensión con una cobertura de 2.5569 Mha según registros oficiales (Challenger & Soberón, 2008). Su distribución comprende principalmente los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, aunque también abarca parte de territorio de EE.UU. (González Medrano, 2004). El MET es diverso en especies vegetales y en varios estudios se ha resaltado la importancia ecológica, económica, social y cultural de un número representativo de especies leñosas tanto arbóreas como arbustivas (Molina-Guerra *et al.*, 2013, 2019).

Desafortunadamente, grandes extensiones del MET están siendo fragmentadas tanto por causas antropogénicas como naturales. Los cambios en el uso del suelo para actividades agropecuarias, la extracción de leña y los incendios forestales recurrentes son los principales factores de disturbio en estos hábitats (García Hernández & Jurado, 2008; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2012). Esto ha impactado considerablemente la composición y estructura de este tipo de vegetación, y, por ende, su funcionamiento (Arriaga, 2009)

Como respuesta a los cambios mencionados, que han ocasionado la pérdida de cobertura arbórea, es preponderante implementar acciones de restauración o recuperación de áreas degradadas por medio de la plantación de especies leñosas (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010). Sin embargo, la mayor parte de estas especies del MET poseen semillas con ciertos mecanismos de latencia física que dificultan los procesos germinativos (Luera *et al.*, 2021). Esto, por lo tanto, limita su propagación en vivero y ocasiona que a menudo se tenga una representatividad baja de especies para los diferentes proyectos de restauración o reforestación. Por esta razón, es necesario aplicar tratamientos pregerminativos que permitan romper la latencia en las semillas, pero antes es importante identificar qué tipo de tratamiento

funciona mejor para cada especie analizada (Baskin & Baskin, 2014; Sánchez-Soto *et al.*, 2017).

En el MET son representativas las especies de la familia Fabaceae. De estas se destacan *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J.W. Grimes, *Havardia pallens* (Benth.) Britton & Rose, *Parkinsonia aculeata* L., *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst., *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn. y *V. rigidula* (Benth.) Seigler & Ebinger, porque son especies que tienen un potencial alto para la restauración, debido a su capacidad para fijar N atmosférico, rápido crecimiento, producción abundante de materia orgánica, resistencia a la sequía, aunado a su valía por los usos múltiples que tienen en las regiones donde se distribuyen, por ejemplo, como recursos forrajeros y melíferos, así como fuentes de carbón, leña y alimento (Molina-Guerra *et al.*, 2013, 2019).

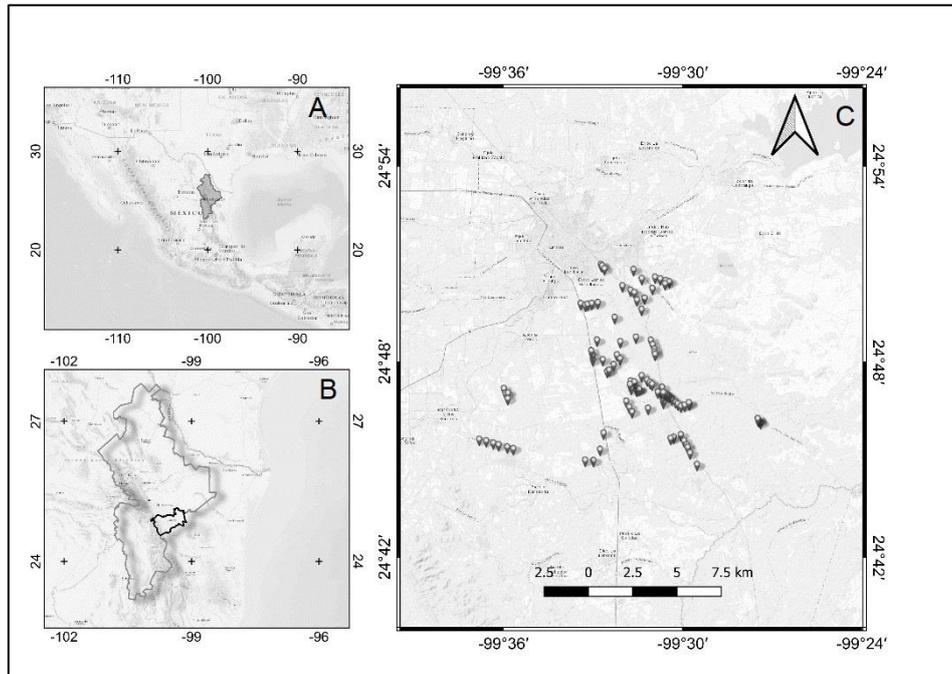
En las fabáceas es característico la presencia de mecanismos de latencia física, pues constituye una respuesta funcional de adaptación a la variabilidad ambiental que comúnmente presentan los matorrales (Baskin & Baskin, 2014; Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006). La latencia física se refiere a la impermeabilidad de la cubierta de la semilla que impide su germinación (Baskin & Baskin, 2014). Esta impermeabilidad está regulada por la presencia en la testa de una capa de células en empalizada impermeables al agua (Baskin & Baskin, 2014), que puede variar en grosor (García Azpeitia *et al.*, 2022). Por lo general, los tratamientos de escarificación mecánica como la inmersión en agua caliente, o química como la inmersión en ácido sulfúrico o peróxido de hidrógeno (Baskin & Baskin, 2014) son los que se utilizan para remover este tipo de latencia. Estos tratamientos han sido eficaces en numerosas especies de las que ya se tienen protocolos bien definidos (Camacho Morfin, 2011). De especies del MET se tienen algunos antecedentes, por ejemplo, precisamente con *E. ebano* y con *Cordia boissieri* A. DC. y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. (Luera *et al.*, 2021). No obstante, aún falta analizar los tratamientos en muchas otras especies. Lo anterior, se debe a que algunas carecen de evidencia en aspectos particulares como por ejemplo tiempos óptimos de exposición; también, porque se ha documentado que, incluso entre poblaciones de una misma especie y a nivel de individuos, existe variación en los caracteres morfológico (Calixto Valencia *et al.*, 2022; Romero-Saritama & Pérez Ruiz, 2016) y anatómicos de las semillas (García Azpeitia *et al.*, 2022). Esto se debe al efecto coyuntural de condicionantes genéticos, fisiológicos y ambientales que afectan cada fuente parental, y, por ende, el desarrollo de las semillas (Bareke, 2018). Por lo tanto, los tratamientos pregerminativos que podrían funcionar para inducir y acelerar la germinación de una especie podrían no ser factibles para otras (Baskin & Baskin, 2014), porque se debe promover la permeabilidad de la testa sin causar daños al endospermo y embrión (Viveros Viveros *et al.*, 2018), aunado a la practicidad de los métodos, lo cual es un aspecto decisivo cuando se requiere manejar cantidades elevadas de semillas.

Por tal motivo, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos de escarificación mecánica y química en la germinación de semillas de cinco especies leñosas del MET. La información tiene implicaciones prácticas importantes porque permitirá definir mejores prácticas de manejo de las semillas para su empleo en la propagación de plantas para los proyectos de restauración o reforestación en el MET.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Las semillas se recolectaron de rodales naturales de sitios sin indicios de disturbios por pastoreo, tala, cambios en el uso de suelo o incendios. Estos sitios se encuentran dentro del municipio de Linares, Nuevo León (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de los sitios de recolección de semilla. A. delimitación estatal, B. municipal y C. puntos de localización de las fuentes de semilla.

**Figure 1.** Location of seed collection sites. A. state delineation, B. municipal delineation, and C. points of seed source localization.

#### Material de estudio

Las especies de estudio fueron cinco leguminosas arbóreas que se consideraron por su importancia ecológica y económica de acuerdo con Molina-Guerra *et al.* (2019), estas se indican en la tabla 1. El arbolado del que se obtuvieron las semillas fue seleccionado considerando las recomendaciones de Wang & Beardmore (2004), de modo que se eligieron aquellos individuos sin aparentes signos y síntomas de plagas o enfermedades, y con producción abundante de frutos, de igual forma libres de plagas o enfermedades. Se muestrearon 20 árboles por especie homogéneamente distribuidos con el fin de representar la mayor variación genética de las poblaciones. La recolección se realizó durante los meses de abril y mayo de 2021, el cual es el periodo, previo a la dehiscencia, en el que las semillas alcanzan su madurez según la coloración de los frutos y cubierta seminal (Molina-Guerra *et al.*, 2019). Previo a su uso, las semillas se procesaron en laboratorio. Para ello, los frutos, en este caso vainas, se pusieron a secar a temperatura ambiente sobre papel estraza por un periodo de dos meses, para promover su apertura. La extracción de las semillas fue manual procurando obtener las semillas de tamaño uniforme y de la parte media de la vaina, esto para el caso de los frutos polispermos.

**Tabla 1.** Especies leñosas de la familia Fabaceae del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) utilizadas para el estudio de tratamientos pregerminativos.

**Table 1.** Woody species of the Fabaceae family from the Thorny Tamaulipan Shrubland (TTS) used for the study of pre-germination treatments

No.	Especie	Nombre común
1	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	Ébano
2	<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	Tenaza
3	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama
4	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.	Mezquite
5	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Huizache

### Evaluación de tratamientos

Complementariamente, se evaluó la viabilidad de las semillas con la prueba de flotación con base en lo señalado por Wilkinson *et al.* (2014). No se consideraron las semillas flotantes. Una vez depuradas, de cada especie se tomó una muestra de 200 semillas mediante un muestreo al azar, la cual se dividió en cuatro sub-muestras de 50 semillas, para los ensayos con los tratamientos pregerminativos. Se establecieron ensayos de germinación *in vitro* en condiciones controladas de laboratorio. Se utilizó una cámara de germinación marca SL Shel Lab (Sheldon Manufacturing, Inc., OR, EUA) a una temperatura constante de 28 °C, una humedad relativa del 65% y un fotoperiodo de 12 h. La siembra se realizó sobre papel filtro húmedo en cajas Petri. Los tratamientos examinados fueron los siguientes: 1) Peróxido de hidrógeno, 2) agua a punto de ebullición y 3) ácido sulfúrico, cada uno con diferentes tiempos de inmersión; adicionalmente, se consideró un tratamiento testigo (semillas sin ningún tratamiento). En la tabla 2 se detallan los tratamientos aplicados. Los tratamientos se analizaron de forma individual para cada especie. Estos se definieron tomando como base en los reportados o recomendados en la literatura para una especie en particular (Everitt, 1983; Luera *et al.*, 2021; Sobrevilla-solís *et al.*, 2013; Villarreal Garza *et al.*, 2013), aunque un tratamiento pudo ser el mismo para dos o más especies; además, por el número de tratamientos, se consideró la disponibilidad de semillas para definir cuál tratamiento probar en una especie determinada. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental la sub-muestra de 50 semillas. La germinación se contabilizó diariamente durante un lapso de 16 días, el cual fue el lapso en el que la germinación se estabilizó; es decir, en que ya no se presentaron eventos de germinación. Se consideró semilla germinada a aquella con radícula emergida de 1 cm. La aparición de hongos se previno con aspersiones con fungicida Mancozeb (Manzate®, FARMAGRO S.A., Guayaquil, Perú) a razón de 2 g L<sup>-1</sup>, estas se aplicaron a todas las unidades experimentales en dos ocasiones.

**Tabla 2.** Tratamientos pregerminativos evaluados en cinco especies leñosas del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET).

**Table 2.** Pre-germination treatments evaluated in five woody species of the Thorny Tamaulipan Shrubland (TTS)

Tratamiento	Identificación	Especie
Testigo (sin tratamiento)	T	Todas
Peróxido de hidrógeno 20 min	Ao20	Todas
Peróxido de hidrógeno 60 min	Ao60	Todas
Agua hirviendo 1 min	A1	<i>Prosopis laevigata</i> y <i>Havardia pallens</i>
Agua hirviendo 5 min	A5	Todas excepto <i>H. pallens</i>
Ácido sulfúrico 1 min	Ac1	<i>H. pallens</i>
Ácido sulfúrico 5 min	Ac5	Todas
Ácido sulfúrico 15 min	Ac15	Todas excepto <i>H. pallens</i>
Ácido sulfúrico 25 min	Ac25	Todas excepto <i>H. pallens</i>

El peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico empleados fue grado reactivo (98.08 ppm).

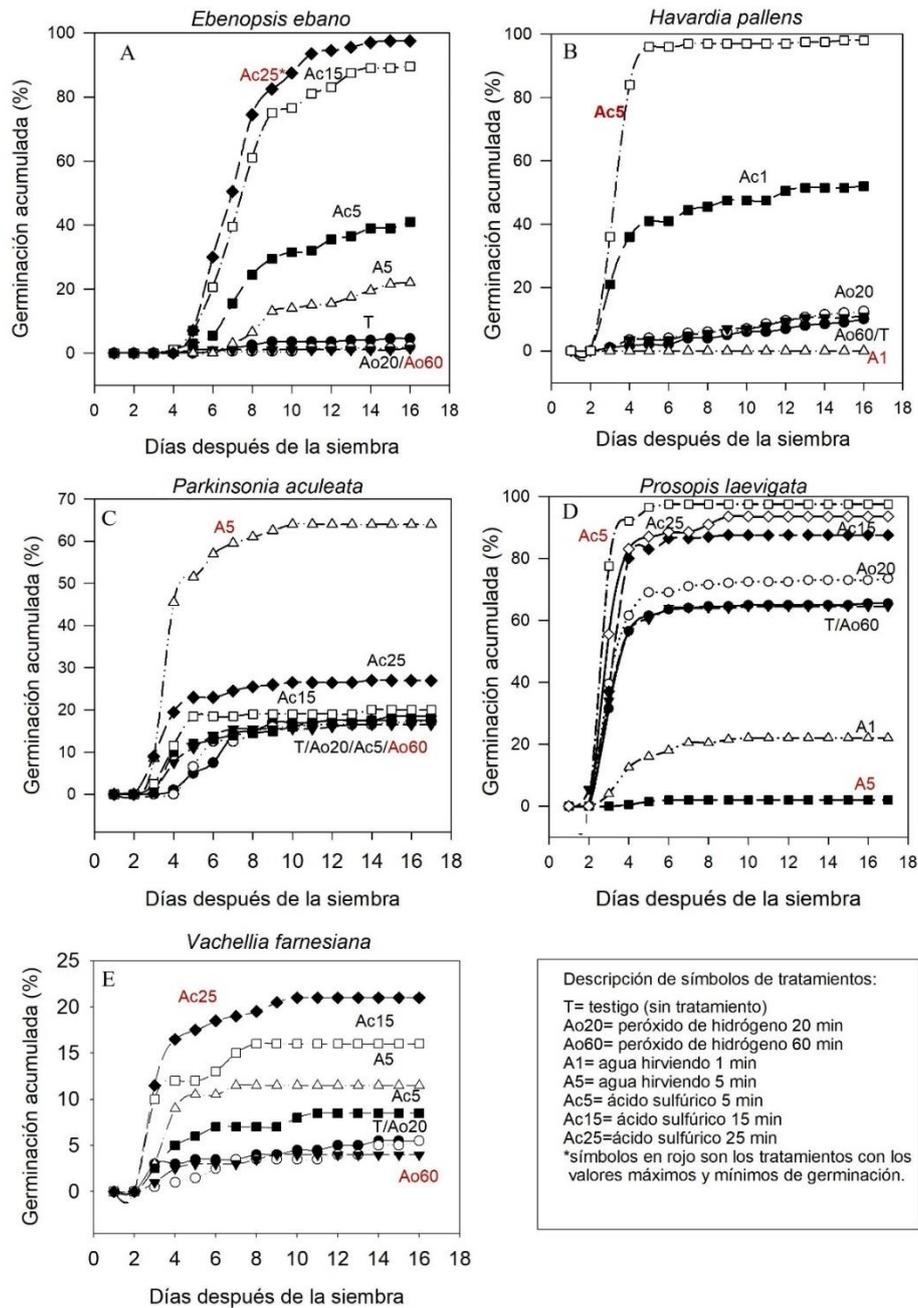
### Análisis de datos

Para identificar diferencias significativas entre tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los datos de porcentaje de germinación se transformaron mediante el arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción. Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se verificaron mediante la prueba de Shapiro Wilk y de Levene, respectivamente. Se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar diferencias entre tratamientos con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el Software IBM SPSS Statistics versión 19 (IBM Corp., 2010)

## RESULTADOS

Hubo diferencias significativas entre los tratamientos en todas las especies evaluadas (Figura 2) ( $P \leq 0.0001$ ). Cada tratamiento tuvo un efecto diferente en función de la especie, pero se

destaca que en la mayoría funcionaron los tratamientos con ácido sulfúrico. Por ejemplo, en *E. ebano*, la inmersión en ácido sulfúrico durante 25 min promovió la mayor germinación ( $97.5 \pm 1.91$  %; media  $\pm$  error estándar), la cual se incrementó exponencialmente a partir del día 4 (Figura 2A). Esta respuesta en germinación fue 21 veces más alta que la registrada con el tratamiento testigo que no alcanzó ni el 5%, aunque la germinación más baja fue con el peróxido de hidrógeno durante 60 min (Figura 2A). Para el caso de *H. pallens*, las semillas tuvieron un  $98 \pm 1.63$ % de germinación al ser tratadas con el ácido sulfúrico durante 5 min, alcanzándose más del 50% entre los días 4 y 6 (Figura 2B). En este caso la respuesta fue 11 veces superior al testigo que tuvo 9% de germinación; no obstante, se tuvo una germinación nula con el agua hirviendo por 1 min (Figura 2B). A diferencia de las especies anteriores, en *P. aculeata*, el tratamiento con la mejor respuesta fue la inmersión en agua durante 5 min con una germinación acumulada de  $64 \pm 3.65$ %, la cual es cuatro veces superior al tratamiento testigo (Figura 2C). Al igual que las otras especies, los eventos de germinación se concentraron a partir del día 4. En esta especie, el peróxido durante 60 min afectó la germinación reportando el valor más bajo de 16.5% (Figura 2C). Por su parte, *P. laevigata* tuvo una germinación elevada ( $97.5\% \pm 3.78$ .) entre los días 2 y 4, con la inmersión en ácido por cinco minutos (Figura 2D). Este tratamiento tuvo una diferencia cercana a 40% comparado con el tratamiento testigo (65.5%). En este caso la peor respuesta se presentó con el agua hirviendo por 5 min con 2% (Figura 2D). Finalmente, la germinación de las semillas de *V. farnesiana* se favoreció con el ácido durante 25 min ( $23.5 \pm 5$ %), aunque la germinación fue baja en todos los tratamientos porque no se alcanzó el 25% (Figura 2E).



**Figura 2.** Respuestas en germinación de las cinco especies del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica y química. En todas las especies, los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.0001$ ).

**Figure 2.** Germination responses of the five species from the Thorny Tamaulipan Shrubland (TTS) subjected to different pre-germination treatments involving mechanical and chemical scarification. In all species, the treatments showed highly significant differences ( $P \leq 0.0001$ ).

## DISCUSIÓN

En general, los tratamientos pregerminativos de escarificación evaluados promovieron la germinación de las semillas de las especies estudiadas, pero esta respuesta estuvo en función de la especie y el tratamiento. Los resultados confirman y se suman a la evidencia de que la escarificación es un método viable para romper la latencia física, en este caso de las especies de la familia Fabaceae analizadas en el presente estudio (Luera *et al.*, 2021). En varios géneros de la familia Fabaceae está presente ese tipo de latencia (Baskin & Baskin, 2014;

Núñez-Cruz *et al.*, 2018) y esto es una condición característica de los taxones que son de ambientes áridos (Khurana & Singh, 2001; Luna-Nieves *et al.*, 2019) como es el caso de los del MET. La latencia física de las semillas se atribuye principalmente a que en su testa presenta una capa dura de células en empalizada impermeables al agua constituida por células esclereidas, a menudo del tipo de las macroesclereidas, en las cuales hay sustancias repelentes al agua como cutina, lignina, quinonas, suberinas y ceras (Baskin & Baskin, 2014; Bewley *et al.*, 2013). Por ejemplo, García Azpeitia *et al.* (2022) demuestran mediante un estudio a nivel anatómico que las semillas de *Prosopis laevigata* tienen una testa de cuatro capas: cutícula, epidermis, hipodermis y parénquima, en la que la epidermis y la hipodermis están formadas por macroesclereidas y osteoesclereidas, respectivamente.

La escarificación, sea mecánica o química, promueve la permeabilidad de la testa por ruptura, remoción o ablandamiento (Camacho Morfín, 2011). A los tratamientos con agua caliente, ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno aquí evaluados, se les reconoce dicho efecto y en varias especies han sido eficaces para romper la latencia física (Baskin & Baskin, 2014; Camacho Morfín, 2011). En efecto, esto se confirma con los resultados del presente estudio, a pesar de las diferencias mostradas en cada especie. De hecho, estas diferencias son coherentes con lo señalado por Baskin & Baskin (2014), en torno a que la efectividad de cada tratamiento varía entre especie por las particularidades de estas debido a las características de las semillas, así como por la intensidad y duración de los tratamientos. Por ejemplo, en la mayoría de las especies el mejor tratamiento fue el de ácido sulfúrico, siendo efectivo para unas de ellas la inmersión de las semillas durante 25 min, como sucedió en *E. ebano* y *V. farnesiana*, y en otras, 5 min, como es el caso de *H. pallens* y *P. laevigata*. Este comportamiento coincide con los resultados de Luera *et al.* (2021) para el caso particular de *E. ebano*, quienes han logrado incrementar la germinación con el uso de ácido sulfúrico. De igual manera, Villarreal Garza *et al.* (2013), evaluaron la germinación in vitro de semillas de *Prosopis glandulosa*. En este caso, la inmersión de las semillas durante 20 minutos incrementa la germinación hasta un 96%. Estas diferencias en los tiempos requeridos para hacer permeable a la testa suelen atribuirse a las variaciones en rasgos como el grosor o dureza de la testa que las semillas a menudo registran de manera individual y principalmente a nivel interespecífico (Romero-Saritama & Pérez Ruiz, 2016). Partiendo de este supuesto, es probable que entre las especies antes mencionadas haya habido diferencias en este sentido, lo cual se sustenta con los reportes en múltiples especies en las que la escarificación con ácido sulfúrico funciona con determinado tiempo de inmersión (Baskin & Baskin, 2014; Camacho Morfín, 2011). En estudios futuros sería interesante evaluar la variabilidad de los rasgos morfológicos de las semillas de las especies aquí evaluadas.

Por otra parte, en *P. aculeata* la escarificación con agua hirviendo por 5 minutos incrementa su germinación. Este tratamiento de inmersión térmica ha sido efectivo en los congéneres *Parkinsonia microphylla* (Torr.) y *Parkinsonia florida* (Benth. ex A. Gray) S. Watson, aunque hay diferencias en la temperatura y tiempo de inmersión. En estas especies valores altos de germinación se promueven sumergiendo las semillas en agua a 80°C por 8 minutos (Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2018). Se menciona que el efecto de los choques térmicos con agua en semillas con latencia física consiste en que se forman fisuras por separación de grupos de células de macroesclerénquima (Camacho Morfín, 2011). El intervalo de temperaturas y tiempo de exposición factible para un grupo grande de especies oscila entre los 65 y 75°C durante tres a seis minutos, aunque se han registrado especies que soportan temperaturas y tiempos mayores de exposición pero que no sobrepasan los 90°C por tres minutos, porque de lo contrario se pierde considerablemente la viabilidad (Camacho Morfín, 2011).

Finalmente, es importante mencionar que los resultados tienen implicaciones prácticas que permiten definir mejores prácticas de manejo de las semillas, para su empleo en la propagación de plantas para los proyectos de restauración o reforestación en el MET. No obstante, también conviene resaltar que a pesar de en la mayoría de las especies se logró eliminar la latencia artificialmente con los tratamientos evaluados y tener valores de germinación superiores a 90% en varias de ellas, *V. farnesiana* mostró valores de germinación inferiores a 20%. Al respecto, aunque se procuró utilizar semilla viable partiendo de la prueba de flotación, es probable, por las limitaciones de dicha prueba, que no se haya tenido tal condición y por esto no se haya expresado todo el potencial de germinación

de la especie en cuestión. Se reconoce a esto como una limitación del presente estudio, para lo cual se recomienda que trabajos posteriores se complementen con el análisis de la viabilidad mediante métodos colorimétricos como la Prueba de Tetrazolio, aunque también tiene sus respectivas desventajas (Barone *et al.*, 2016), especialmente tratándose de especies silvestres como las del MET, en las que se carecen de protocolos sobre concentraciones, tiempos requeridos y patrones de tinción para definir la viabilidad.

## CONCLUSIONES

La latencia física de *Ebanopsis ebano*, *Havardia pallens*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana* se elimina con la escarificación en ácido sulfúrico, aunque la efectividad de este tratamiento para promover la germinación está en función del tiempo de inmersión. En *Parkinsonia aculeata* la germinación incrementa con la inmersión de las semillas en agua hirviendo durante 5 minutos. Estos resultados tienen implicaciones prácticas para mejorar el manejo de las semillas de las especies de estudio en los proyectos de restauración o reforestación en el MET.

## LITERATURA CITADA

- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, Ó. A., Treviño-Garza, E. J., & García-Galindo, P. C. (2010). Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México. *Madera y Bosques*, 16(4), 39–54. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1641159>
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental*, 1(1), 6–16.
- Bareke, T. (2018). Biology of seed development and germination physiology. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8(4), 336–346. <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00336>
- Barone, J., Duarte, E., & Luna, C. (2016). Determinación de la eficacia de métodos de evaluación de calidad de semillas de especies forestales nativas de la Selva Atlántica. *Quebracho*, 24(1–2), 70–80.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* (Second Ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-00597-X>
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Calixto Valencia, C. G., Cetina Alcalá, V. M., Ramírez Herrera, C., López López, M. Á., Ángeles-Pérez, G., Equihua Martínez, A., & Basave Villalobos, E. (2022). Características morfométricas, reproductivas y germinativas del germoplasma de *Swietenia humilis* Zucc. en Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(72), 148–172. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i72.1250>
- Camacho Morfin, F. (2011). *Dormición de semillas: causas y tratamientos* (2a ed.). Trillas.
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En *Capital natural de México* (Volumen I, pp. 87–108). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.118843>
- Everitt, J. H. (1983). Seed germination characteristics of two woody legumes (Retama and Twisted Acacia) from South Texas. *Journal of Range Management*, 36(4), 411–414. <https://doi.org/10.2307/3897928>
- Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501–523. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>
- García Azpeitia, L., Labrada-Delgado, G. J., Montalvo-González, E., & Loza-Cornejo, S. (2022). Caracteres morfométricos y anatómicos de frutos y semillas de *Prosopis laevigata* (Fabaceae) en Lagos de Moreno, Jalisco, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, e2057(129). <https://doi.org/10.21829/ABM129.2022.2057>

- García Hernández, J., & Jurado, E. (2008). Caracterización del matorral con condiciones prístinas en lineares N. L., México. *Ra Ximhai*, 4(1), 1–21. <https://www.redalyc.org/exportarcita.aa?id=46140101>
- González Medrano, F. (2004). *Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México* (Segunda ed). Instituto Nacional de Ecología.
- IBM Corp. (2010). *SPSS for Windows* (Version 19.0). IBM Corp.
- Khurana, Ekta, & Singh, J. S. (2001). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation*, 28(01), 39–52. <https://doi.org/10.1017/S0376892901000042>
- Luera, P., Wahl-Villarreal, K., Christoffersen, B. O., Treviño, A., Soti, P., & Gabler, C. A. (2021). Effects of Scarification, Phytohormones, Soil Type, and Warming on the Germination and/or Seedling Performance of Three Tamaulipan Thornscrub Forest Species. *Plants*, 10(8), 1489. <https://doi.org/10.3390/plants10081489>
- Luna-Nieves, A. L., Meave, J. A., González, E. J., Cortés-Flores, J., & Ibarra-Manríquez, G. (2019). Guiding seed source selection for the production of tropical dry forest trees: *Couleria platyloba* as study model. *Forest Ecology and Management*, 446(May), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.020>
- Mc Caughey-Espinoza, Diana, Ayala-Astorga, G. I., Burboa-Zazueta, M. G., Retes-López, R., & Ochoa-Meza, A. (2018). Uso de plantas nativas para la rehabilitación de canteras en Sonora. *Idesia (Arica)*, 36(4), 17–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005002401>
- Molina-Guerra, V. M., Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., Soto-Mata, B. E., & Patiño-Flores, A. M. (2019). *Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://www.plantas.ec/material/medicinales/>
- Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Alanís-Rodríguez, E., Canizales-Velázquez, P. A., González Rodríguez, H., & Jiménez-Pérez, J. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 361–371. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242013000300007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300007)
- Núñez-Cruz, A., Meave, J. A., & Bonfil, C. (2018). Reproductive Phenology and Seed Germination in Eight Tree Species From a Seasonally Dry Tropical Forest of Morelos, Mexico: Implications for Community-Oriented Restoration and Conservation. *Tropical Conservation Science*, 11(1–14). <https://doi.org/10.1177/1940082917749946>
- Pequeño-Ledezma, MA, Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, MA, Yerena-Yamallell, JI, Cuellar-Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noroeste de México. *Ciencia UAT*, 7(1), 48–53.
- Romero-Saritama, J. M., & Pérez Ruiz, C. (2016). Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación *ex situ* de especies leñosas en los bosques secos tumbesinos. *Ecosistemas*, 25(2), 59–65. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.07>
- Sánchez-Soto, Bardo Heleodoro, Pacheco-Aispuro, Elizabeth, Lugo-García, Gabriel Antonio, Reyes-Olivas, Álvaro, & García-Moya, Edmundo. (2017). Métodos de escarificación en semillas de *Guaiacum coulteri*, especie amenazada del bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Gayana Botánica*, 74(2), 262–268. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432017000200262>
- Sobrevilla-solís, J. A., López-Herrera, M., López-Escamilla, A. L., & Romero-Bautista, L. (2013). Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación desembras *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*, 2(12), 83–95.
- Villarreal Garza, J. A., Rocha Estrada, A., Cárdenas-Ávila, M. L., Moreno Limón, S., González Álvarez, M., & Vargas López, V. (2013). Morphometric characteristics, viability and germination of mesquite and sweet acacia seeds in northeastern Mexico. *Phyton*, 82, 169–174.
- Viveros Viveros, H., Hernández Palmeros, J. D., Velasco García, M. V., Robles Silva, R., Ruiz Montiel, C., Aparicio Rentería, A., Martínez Hernández, M. J., Hernández Villa, J., & Hernández Hernández, M. L. (2018). Análisis de semilla, tratamientos

**Recibido:**  
3/octubre/2023

**Aceptado:**  
16/abril/2024

- pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 52–65. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.207>
- Wang, B. S. P., & Beardmore, Tannis Vargas. (2004). Almacenamiento y manejo de germoplasma. En J. Jesús Vargas H., Basilio Bermejo V., & Thomas Leding (Eds.), *Manejo de recursos genéticos forestales* (Segunda ed, pp. 102–127). Colegio de Postgraduados, Comisión Nacional Forestal. [www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/3960Manejo\\_de\\_Recursos\\_Geneticos\\_Forestales.pdf#page=79](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/3960Manejo_de_Recursos_Geneticos_Forestales.pdf#page=79)
- Wilkinson, Kim M., Landis, Thomas D., Haase, Diane L., Daley, Brian F., & Dumroese, R. Kasten. (2014). Tropical Nursery Manual- A Guide to Starting and Operating a Nursery for Native and Traditional Plants. En Kim M. Wilkinson, Thomas D. Landis, Diane L. Haase, Brian F. Daley, & R. Kasten Dumroese (Eds.), *Agriculture Handbook: 732* (Número April). U.S. Department of Agriculture, Forest Service.