

EFFECTO DEL MÉTODO DE ESCARIFICACIÓN SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN EN SEMILLAS *(Erythrina americana Miller)*

Effect of the scarrification method on the percentage of seed germination
(Erythrina americana Miller)

Hugo Asael Rodríguez Guadarrama, Juan Fernando García Trejo,
Rosario Guzmán Cruz, Ana Angélica Feregrino Pérez.

Universidad Autónoma de Querétaro

Autor de correspondencia
asaelrg91@gmail.com

RESUMEN

Las semillas de la planta *Erythrina americana* Miller poseen una cubierta muy dura, lo que dificulta que tengan un alto porcentaje de germinación en condiciones naturales. Es así que el objetivo de este trabajo fue utilizar métodos de escarificación mecánica, raspadura con una superficie abrasiva, térmica, sumersión en agua caliente a 35 °C y 60 °C por 30 y 70 min, mecánica-térmica, aplicación de calor con un quemador incandescente o cautín durante 2 y 5 segundos, y química, ácido sulfúrico al 98% durante 30 min. La temperatura de 35 °C en tiempos de 30 y 70 min mostró el mayor porcentaje de germinación con 42 y 52%, respectivamente, y 7-17% más que el grupo control, mientras que una temperatura de 60 °C en ambos tiempos provocó una disminución en el porcentaje de germinación con respecto al grupo control. Los tratamientos con cautín en ambos tiempos y escarificación con superficie abrasiva generaron que se obtuvieran los porcentajes más bajos de germinación: 13 y 23% menos que el control, respectivamente. Además, estos tratamientos causaron la muerte de más del 70% de semillas. La escarificación química no presentó diferencias con el grupo control. En conclusión, los tiempos de exposición para los tratamientos térmicos y químicos pueden generar una ventaja para la optimización en la germinación de esta especie de planta, tanto en costos económicos como en biológicos. Se requieren más estudios que ayuden a precisar un alto porcentaje de germinación, sobrevivencia de la semilla y buen crecimiento de la plántula para su utilización en sistemas agroforestales que maximicen el cultivo y propagación de *E. americana* Miller en el país.

Palabras clave: colorín, escarificación, latencia y dormición, porcentaje de germinación, semillas.

ABSTRACT

The seeds of the plant *Erythrina americana* Miller have a very hard cover and; scarification methods, which vary among different species, are required to achieve a high and efficient germination in a short period of time. The objective of this work was to use scarification methods such as: mechanical, scraping with an abrasive surface, thermal, immersion in hot water at 35 °C and 60 °C for 30 and 70 min, mechanical-thermal, application of heat with an incandescent burner or soldering iron for 2 and 5 seconds, and chemical, 98% sulfuric acid for 30 min, treatments. The treatments at 35 °C during 30 and 70 minutes showed the highest percentage of germination with 42 and 52%, respectively, 7-17% more than the control group, while the treatments at 60 °C in both times 30 and 70 min caused a decrease on the percentage of seed germination. The methods with soldering iron in both times 2 and, 5 seconds and, scarification with abrasive surface obtained the lowest percentages of seed germination; 13 and 23% less than the control, respectively. In addition, these treatments caused the death of more than 70% of seeds. The chemical treatment did not present differences with the control group. In conclusion, exposure times for thermal and chemical scarifications may have an advantage for optimization on seed germination for this plant species, both in economic costs and biological properties. More studies are necessary to reach a high percentage on germination and survival of seeds and good growth of seedlings for use in agroforestry systems that maximize the cultivation and propagation of *E. americana* Miller in our country.

Keywords: colorin, latency and dormancy, percentage of germination, scarification, seeds.



INTRODUCCIÓN

La germinación de semillas es una característica importante para el inicio del desarrollo de la plántula, lo que es de gran interés para los sistemas agrícolas de producción en cuanto a manipulación y conocimiento de los factores influyentes de este proceso [1]. La germinación es el proceso de hinchamiento del embrión y ruptura de la cubierta de la semilla, cuando la radícula ha alcanzado más de 3 mm de longitud [1], [2]. La mayoría de las semillas de plantas forestales poseen un bajo porcentaje de germinación, debido a su latencia o dormición, lo que limita la obtención de una gran cantidad de especies destinadas para el área agroforestal [3], [4].

Por un lado, el estado de latencia varía en cada especie de planta y su rompimiento depende de los tipos, cantidad o intensidad de los factores externos que influyen alrededor de la semilla. Estos factores son grado de humedad, diferencia de temperaturas y tipo de pH en el suelo [5]. Mientras que los estados de dormición impiden a las semillas germinar aún en las condiciones favorables y están relacionados con la testa o cubierta dura de la semilla (dormición física) o con la actividad metabólica al interior de la semilla (dormición fisiológica) [3], [5], [6]. La mayoría de las semillas de especies de la familia *Fabaceae* presentan dormición física y unas cuantas presentan dormición fisiológica o una combinación de dormición física-fisiológica [7]-[9].

La escarificación consiste, a través de diversos procesos, en el debilitamiento, apertura o alteración de la cubierta o estado de inactividad de la semilla para permitir la germinación [6]. En sistemas agroforestales se utilizan métodos de escarificación mecánica, térmica o química para acelerar el proceso de germinación, donde la elección del mejor tratamiento dependerá de la especie y el tipo de latencia de la semilla [10]. La escarificación mecánica consiste en causar daño en la testa de la semilla sin dañar al embrión mediante el contacto con superficies abrasivas, permitiendo la permeabilidad al agua, tempera-

tura y oxígeno [11]. Por ejemplo, el rayado mecánico con dos cilindros metálicos de superficie abrasiva por 1200 segundos resulta en un 69% de germinación (25% más que el control) en semillas de *Acacia angustissima* [12]. En otros estudios, se ha utilizado un quemador incandescente o cautín como método mecánico-térmico de escarificación con más del 80% de germinación en diferentes semillas como *Acacia spp.*, *Prosopis spp.*, *Delonix spp.* [13], *Medicago polymorpha* y *Trifolium subterraneum* [14] y *Acacia karoo* [15]. En este caso, la punta de hierro al rojo incandescente del cautín provoca un pequeño orificio marrón en la capa exterior de la testa, lo que puede provocar la permeabilidad del medio exterior al interior de la semilla [13]. Por otro lado, el tratamiento químico con ácido sulfúrico al 98% ha mostrado resultados de hasta 90% de germinación en semillas de *Prosopis juliflora* y *Dodoneae viscosa* [5], en *M. polymorpha* [14] y en *Lupinus bilineatus* [7].

La especie *Erythrina americana* Miller, comúnmente llamada Colorín o Patol, es un árbol endémico Fabáceo (subfamilia *Papilionoideae*) que se encuentra en el centro del país en bosques perenes, caducifolios y xerófilos con clima húmedo cálido a clima-seco, en elevaciones de 1000 a 2100 msnm [16], [17]. También, se ubica como planta ornamental en sitios urbanos como parques, calles, viveros y casas en diversas ciudades centrales de México [18]. Esta especie ha sido ampliamente estudiada por sus compuestos bioactivos, principalmente, los tipos alcaloides, que están presentes en varias partes vegetativas (en flores, semillas, hojas y tronco) y tienen una aplicación potencial en medicina [19]-[22]. Además, ha sido una planta importante y útil para la restauración de bosques tropicales estacionalmente secos [23], ya que es una planta fijadora de nitrógeno y ayuda a mantener la fertilidad del suelo con la conservación de la flora y fauna del sitio [24].

La semilla de esta planta posee una cubierta dura, lo que ocasiona que sólo el 10% de las semillas germinen en condiciones natura-

les. Algunos autores recomiendan la sumersión en agua caliente a temperaturas no mayores a 70 °C para promover la escarificación y aumentar el porcentaje de germinación [16], sin embargo, no se conoce la temperatura y tiempo de sumersión óptimas para lograr el máximo valor de germinación. Aunque se ha utilizado la macropropagación vegetativa a través de esquejes en esta especie para un crecimiento rápido [23], el uso de semillas para el cultivo de Colorín confiere a las plantas una variabilidad genética más alta que los esquejes, al ser organismos clonales de la planta madre, y puede generar ventajas como la protección contra plagas y la sobrevivencia en las condiciones ambientales [25]-[28].

Existen pocos estudios acerca de las características de germinación y producción de plántulas que son restringidos por la dormición física de la semilla del género *Erythrina* [29]. Por tal motivo, el objetivo fue determinar el efecto de los diferentes tratamientos de escarificación sobre el porcentaje de germinación de las semillas de Colorín (*Erythrina americana* Miller), así como conocer las variables óptimas de tiempo y tipo de escarificación, de las cuales no se han reportado anteriormente, para elegir el mejor proceso germinativo y potencial cultivo en sistemas agroforestales para esta especie.

METODOLOGÍA

Las semillas de *Erythrina americana* Miller se recolectaron de un ejemplar después de su proceso de floración en marzo del 2018, en el campus Aeropuerto de la Universidad Autónoma de Querétaro, Carretera a Chichimequillas s/n, Ejido Bolaños, C.P. 76140, Querétaro, Qro., cuyas coordenadas son 20.624741 N, -100.368679 O. Con una temperatura de 28°C, humedad relativa media 60%. Las semillas fueron limpiadas con agua destilada de forma previa a los tratamientos de escarificación. La longitud y ancho promedios de las semillas fueron de 1.5 y 0.91 cm. El peso promedio de 100 semillas fue de 89 g. Se es-

cogieron 20 semillas para cada tratamiento, con una réplica de cada uno.

Tratamientos con agua caliente

El agua se calentó en un recipiente a manera de baño María hasta llegar a una temperatura de 35 °C. Un lote de semillas fue colocado en el agua hirviendo a 35°C por 30 minutos y otro lote por 70 minutos. En otro tratamiento, el agua se calentó de igual manera a baño María, pero hasta alcanzar una temperatura de 60 °C y las semillas fueron sumergidas por 30 minutos y por 70 minutos.

Tratamientos con cautín

Se utilizó un quemador incandescente o cautín de 60 W (120 V/ 60 Hz y temperatura máxima de 460 °C) con una punta de grosor de 1 mm. A un grupo de semillas se le colocó la punta del cautín con su temperatura máxima en la zona cercana al hilo durante 2 segundos y a otro grupo durante 5 segundos. Se modificó la metodología de [13] con respecto a la duración de contacto con la punta del cautín, debido a que la cubierta de las semillas de Colorín es más gruesa que la de otras semillas de Fabáceas.

Tratamiento con superficie abrasiva

Con la ayuda de una lija para madera del número 40, grano grueso, se rasparon manualmente cada una de las semillas por cerca de 3 segundos, de tal manera que una parte de la cubierta de la semilla fuera dañada sin alcanzar el tejido embrionario o cotiledón.

Tratamiento con ácido sulfúrico al 98%

Un lote de semillas fue sumergido en un recipiente de vidrio con ácido sulfúrico al 98% durante 30 min, según la metodología de [7]. La proporción de semillas y ácido sulfúrico fue 1:2.

Después, las semillas fueron lavadas 3 veces con agua corriente antes de su siembra.



Análisis de datos

Un lote de semillas fue tomado como grupo control al sembrarlo directamente en el sustrato sin ningún tratamiento. Todas las semillas fueron sembradas en sustrato Peat-Moss (Turba Premier de musgo *Sphagnum*) en combinación con Perlita (Hortiperl RQ F) en una proporción 4:1. Las semillas fueron regadas con agua corriente cada dos días y el proceso de germinación se realizó bajo condiciones de invernadero, con una temperatura mínima de 16 °C y una temperatura máxima de 30 °C.

Se observó el número de semillas germinadas a través del tiempo. Se realizaron curvas de regresión polinomial de segundo grado para las semillas germinadas con los diferentes tratamientos contra el tiempo transcurrido mediante el programa estadístico GraphPad Prisma (versión 5, 2007, USA). También, se estimó el porcentaje total de semillas germinadas, no germinadas, semillas muertas y plántulas anormales, definidas como plantas con hojas cloróticas y tallos deformados, según la metodología de me-

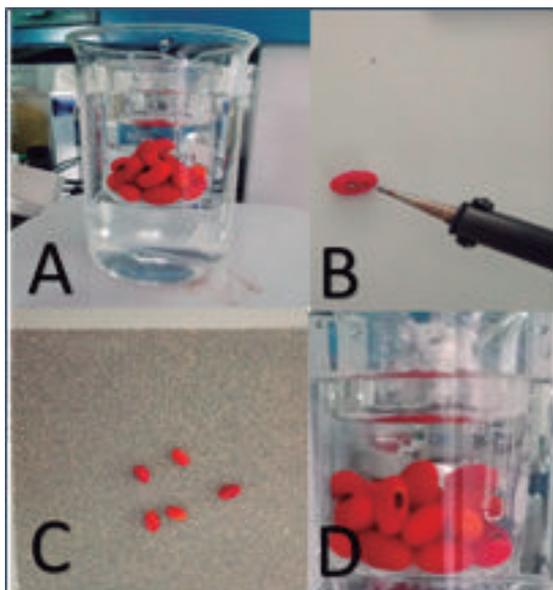


Figura 1. Imágenes con los diferentes tratamientos de es-carificación de las semillas de *Erythrina americana* Miller. A) tratamientos con agua caliente, B) tratamientos con cautín, C) tratamiento con superficie abrasiva y D) tratamiento con ácido sulfúrico al 98%.

dición de [14] y en base a la Ecuación 1, se utilizó un ANOVA de una vía con postprueba de Tuckey ($p < 0.05$) para observar diferencias entre grupos de tratamiento y control.

$$G = \frac{n}{N} * 100 \quad (1)$$

Donde G representa el porcentaje de semillas/plántula; N es el número total de semillas por tratamiento y n es el promedio de semillas germinadas, no germinadas, muertas o plántulas anormales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se observa una gráfica del número acumulado de semillas germinadas a lo largo del tiempo para cada uno de los tratamientos, el control y la aplicación de regresiones polinomiales para conocer la uniformidad y la tendencia aumentada o disminuida de germinación. La germinación de semillas en el grupo control es constante a través de los días ($R^2=0.98$), lo cual es similar a los tratamientos con agua caliente, cautín y ácido sulfúrico, la germinación con una tendencia aumentada ($R^2 \geq 0.9$). Sin embargo, en el tratamiento con la superficie abrasiva, la germinación es atenuada a lo largo del tiempo ($R^2=0.77$) y la tendencia polinomial es menor al grupo control. Además, la Ecuación 2 de la regresión de tendencia lineal del tratamiento de agua caliente a 35 °C y a 70 min nos permite saber que una cantidad de 10 semillas, por ejemplo, pueden germinar aproximadamente en 6 días, más rápido que el grupo control que tarda hasta 8 días, según la Ecuación 3 (véase Apéndice).

El tratamiento que tuvo mayor porcentaje de germinación de semillas fue el de agua caliente a 35 °C durante 30 minutos con 52%, 17% más que el grupo control, y el tratamiento que tuvo menor porcentaje de germinación fue el de raspadura con superficie abrasiva con sólo 12%, 23% menos que el grupo control (véase Tabla 1). Los mayores porcentajes con semillas no germinadas fueron los tratamientos con agua caliente y el grupo control.

En cuanto a semillas muertas, el tratamiento con superficie abrasiva obtuvo el mayor porcentaje, seguido de los tratamientos con cautín. En este caso, los tratamientos con agua caliente a 35 °C obtuvieron los porcentajes más bajos de muerte de semillas y fueron diferentes estadísticamente a los demás tratamientos. También, se observó un pequeño porcentaje de plántulas con anomalías de las semillas germinadas, como cotiledones con manchas de quemadura, primordios de hojas con contornos irregulares y decoloración del epicótilo presentes en los tratamientos de 60 °C y 70 min, cautín a 2 s y ácido sulfúrico al 98% (véase Tabla 1).

Un tratamiento eficiente en agua caliente o hirviendo requiere de un control preciso, ya que los parámetros críticos son la temperatura y el tiempo durante la inmersión de la semilla. Además, puede ser complicado controlar la temperatura en grandes cantidades de semillas durante el tratamiento [13], [30].

En este estudio, el tratamiento con agua caliente a 35 °C en todos los tiempos obtuvo los mejores resultados de germinación, sin embargo, presentó un gran número de semillas no germinadas lo que sugiere que el método de calentamiento no fue uniforme en todo el lote de semillas durante el tratamiento o se requiere una temperatura mayor a 35 °C, pero menor a 60 °C para evitar el daño al embrión por temperatura en esta especie. En otros casos, se han obtenido buenos resultados a temperaturas de 110 y 140 °C en agua hirviendo por un tiempo de 2 min en semillas de *Lupinus leptophyllus* [31].

Por otro lado, el tratamiento con ácido sulfúrico al 98% durante 30 minutos no mostró diferencias con respecto al grupo control como se ha observado en otras especies de la familia *Fabaceae* [5], [12], [30]. Esto sugiere que las semillas requieren un tiempo más largo de sumersión en ácido sulfúrico al 98% para la escarificación como se ha ob-

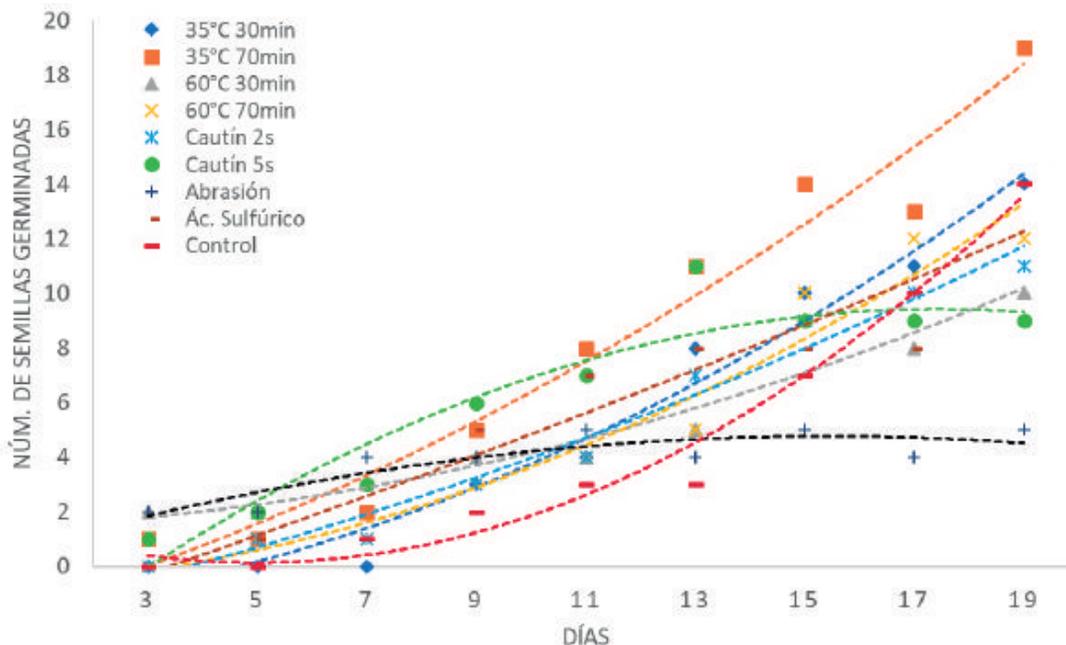


Figura 2. Número acumulado de semillas germinadas por tratamiento de escarificación a lo largo del tiempo. Aplicación de regresiones polinomiales para cada tratamiento y control son representadas con líneas punteadas: tratamientos con agua caliente: 35°C y 30 min (línea azul rey, $R^2=0.97$), 35°C y 70 min (línea anaranjada, $R^2=0.96$), 60°C y 30 min (línea gris, $R^2=0.92$) y 60°C y 70 min (línea amarilla, $R^2=0.95$); tratamientos con cautín: duración de 2 s (línea azul claro, $R^2=0.97$) y 5 s (línea verde, $R^2=0.9$); tratamiento con superficie abrasiva (línea negra, $R^2=0.77$); tratamiento con ácido sulfúrico al 98% (línea marrón $R^2=0.9$) y control (línea roja, $R^2=0.98$).



Tabla 1. Porcentajes de semillas germinadas, semillas no germinadas, semillas muertas y plántulas anormales (hojas cloróticas y tallos deformados). El porcentaje de plántulas anormales deriva del porcentaje total de semillas germinadas. Los valores indican promedios \pm desviación estándar.

Tratamiento	Semillas germinadas	Semillas no germinadas	Semillas muertas	Plántulas anormales
35°C 30 min	42.5 \pm 3.5% AB	42.5 \pm 10.6% a	15 \pm 7.1% a	7.5 \pm 3.5% a
35°C 70 min	52.5 \pm 3.5% A	32.5 \pm 10.6% abc	15 \pm 1% a	5 \pm 1% a
60°C 30 min	25 \pm 7.1% AB	25 \pm 1% abc	50 \pm 7.1% bde	0% a
60°C 70 min	30 \pm 1% AB	25 \pm 1% abc	45 \pm 1% be	10 \pm 1% a
Cautín 2 s	27.5 \pm 10.6% AB	0% b	72.5 \pm 10.6% bfg	5 \pm 7.1% a
Cautín 2 s	22.5 \pm 10.6% bc	2.5 \pm 3.5% bc	75 \pm 7.1% dfg	0% a
Abrasión	12.5 \pm 10.6% C	0% b	87.5 \pm 10.6% cf	2.5 \pm 3.5% a
Ác.sulfúrico	35 \pm 7.1% ab	17.5 \pm 3.5% bc	47.5 \pm 3.5% beg	5 \pm 7.1%a
Control	35 \pm 7.1% ab	37.5 \pm 17.7% a	27.5 \pm 10.6% ae	0% a

Las letras diferentes significan la diferencia entre grupos. Análisis de ANOVA de una vía. Comparación de promedios con prueba de Tuckey, $p < 0.05$.

servado en otros estudios [7], [32]. También, la concentración mayor o menor de ácido sulfúrico puede influir en la germinación o viabilidad de las semillas, ya que este tratamiento puede causar daños severos en algunas especies de semillas [12], [14], [33], lo que sugiere un porcentaje de semillas muertas mayor que el grupo control observado en este estudio. Además, este método de escarificación puede causar problemas ambientales en relación con el desecho de contaminantes químicos [13].

Las ventajas del tratamiento con un quemador mecánico, en comparación con el agua caliente, es que la semilla permanece seca y, por tanto, se puede almacenar por un periodo de tiempo antes de su siembra [34]. Además, este método es tan efectivo como el uso de taladros, rodillos o materiales con superficie abrasiva para escarificar las semillas mecánicamente [35], [36]. La escarificación con cautín es un método manual y muy económico, sin embargo, se limita a cantidades pequeñas de semillas o a pruebas de germinación en laboratorio. No obstante, existen aparatos de mayor procesamiento como el quemador mecánico, que es mucho más eficiente y rápido al escarificar 1 kg de

semillas en menos de 5 min y puede aplicarse a una gran variedad de especies de semillas [13], [37]. Por otro lado, el uso del quemador incandescente o cautín en este estudio no mostró diferencias contra el grupo control en cuanto al porcentaje de germinación. Por el contrario, mostró diferencias significativas entre grupos en cuanto al porcentaje de semillas muertas lo que supone que el tiempo de exposición, de 2 y 5 segundos, es perjudicial para esta especie. También, la escarificación con la superficie abrasiva fue la más perjudicial como método de germinación en esta especie, lo que sugiere que el contacto inmediato de la semilla desnuda con el sustrato húmedo es muy drástico para el inicio de la maquinaria fisiológica de germinación para este lote de semillas de *E. americana*.

Por otra parte, las semillas recolectadas para este trabajo indican un nivel de deterioro acelerado, debido al porcentaje moderado de semillas muertas en el grupo control. Esto sugiere una viabilidad baja en las semillas por su carga genética y/o fisiológica [2], [14], [38], que depende del ejemplar del cual fueron recolectadas las muestras. Adicionalmente, en futuras investigaciones se podrían aplicar otros métodos de escarificación como

temperaturas bajas [39], tiempos de sumersión con H_2SO_4 [30] y KNO_3 [40], con ácido giberélico [41] y uso de nanopartículas [42].

CONCLUSIONES

Los tratamientos térmicos con agua caliente a 37 °C tuvieron un efecto positivo al aumentar el porcentaje de germinación de semillas de *Erythrina americana* Miller. Las temperaturas altas y los tiempos prolongados en agua caliente y con el quemador incandescente, además de métodos abrasivos, afectan gravemente la viabilidad de las semillas en esta especie. Por ello, se requiere precisar los tiempos de exposición en la escarificación de la semilla con temperatura alrededor de los 37 °C y generar un modelo que ayude a optimizar el máximo porcentaje de germinación en esta planta.

APÉNDICE

Ecuaciones de las regresiones de tendencia polinomial de la germinación/tiempo:

Tratamiento 35 °C 70 min:

$$y=0.106x^2+1.23x-1.33 \quad (2)$$

$$\text{Control: } y=0.273x^2-1.08x+1.21 \quad (3)$$

Tratamiento 35 °C 30 min:

$$y=0.132x^2+0.579x-1.523 \quad (4)$$

Tratamiento 60 °C 30 min:

$$y=0.0833x^2 + 0.2167x + 1.5 \quad (5)$$

Tratamiento 60 °C 70 min:

$$y=0.1331x^2+ 0.3522x - 0.6429 \quad (6)$$

Tratamiento ácido sulfúrico:

$$y=0.0238x^2 + 1.3286x-1.619 \quad (7)$$

Tratamiento cautín 2 s:

$$y=0.0595x^2 + 0.9214x-1.381 \quad (8)$$

Tratamiento cautín 5 s:

$$y=-0.1818x^2 + 2.9848x-2.8333 \quad (9)$$

Tratamiento abrasivo:

$$y=-0.0758x^2 + 1.0909x + 0.8333 \quad (10)$$

Donde y indica el número de semillas germinadas y x indica el tiempo en días.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo y la beca otorgada al Biólogo H. Asael Rodríguez Guadarrama durante toda esta investigación.

REFERENCIAS

[1] ISTA, *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas*, 2016.

[2] I. Rodríguez-Quilon, G. Adam y J. M. Durán , "Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas," Madrid, 2008.

[3] C. Cuadra, "Germinacion , latencia y dormicion de las semillas," *Internental Medicine*, vol. 50, no. 10, pp. 1089-1092, 2011.

[4] J. M. Baskin y C. C. Baskin, "A classification system for seed dormancy," *Seed Science Research*, vol. 14, no. 01, pp. 1-16, Mar. 2004.

[5] S. M. H. Nasr, S. K. Savadkoohi, y E. Ahmadi, "Effect of different seed treatments on dormancy breaking and germination in three species in arid and semi-arid lands," *Forest Science and Practice*, vol. 15, no. 2, pp. 130-136, May 2013.

[6] E. Khurana y J. S. Singh, "Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest : a review," *Environmental Conservation*, vol. 28, no. 01, pp. 39-52, Mar. 2001.

[7] J. M. Martínez, D. A. Rodríguez-Trejo, E. Guizar-Nolazco y R. Bonilla-Beas, "Escarifica-



ción artificial y natural de la semilla de *Lupinus bilineatus* Benth. TT-Natural and artificial scarification of *Lupinus bilineatus* Benth. Seeds," *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 14, no. 2, pp. 73-79, 2008.

[8] K. M. G. G. Jayasuriya, A. S. T. B. Wijetunga, J. M. Baskin y C. C. Baskin, "Seed dormancy and storage behaviour in tropical Fabaceae: A study of 100 species from Sri Lanka," *Seed Science Research*, vol. 23, no. 4, pp. 257-269, 2013.

[9] B. J. López, J. A. Devesa, T. Ruiz, J. López Martínez, T. Ruiz y A. Ortega-olivencia, "Seed germination in Genisteeae (Fabaceae) from South-West Spain," 1999.

[10] S. A. Varela y V. Arana, "Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos," *Unidad Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal*, INTA EEA Bariloche, no. 1, pp. 1-10, 2011.

[11] J. M. Pérez-Armas, "Evaluación de doce métodos de escarificación de semillas de chonte (*zanthoxylum Aguilarii*) y Canoj (*Ocotea guatemalensis*) en el Asintal, Retalhuleu," *AUSJAL*, 2008.

[12] R. Rincón-Rosales, N. R. Culebro-Espinosa, F. A. Gutierrez-Miceli y L. Dendooven, "Scarification of seeds of *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze and its effect on germination," *Seed Science and Technology*, vol. 31, no. 2, pp. 301-307, 2003.

[13] K. Poulsen y F. Stubsgaard, "Tres Métodos de Escarificación Mecánica de Semillas de Testa Dura," *Danida Forest Seed Centre*, vol. 27. pp. 36-52, 1995.

[14] I. Martín y C. De la Cuadra, "Evaluation of different scarification methods to remove hardseededness in *Trifolium subterraneum* and *Medicago polymorpha* accessions of the Spanish base genebank," *Seed Science and Technology*, vol. 32, no. 3, pp. 671-681, Oct. 2004.

[15] D. Lagerwall, "Germination and predation of *Acacia karroo* seeds on acid mine drainage polluted soils," *WireDSpace, Wits Institutional Respository Environment. Dsp.*, 2016.

[16] R. García-Mateos, M. Soto-Hernández y H. Vibrans, "*Erythrina americana miller* ('Colo-

rín'; Fabaceae), a versatile resource from Mexico: A review," *Economic Botany*, 2001.

[17] B. A. Krukoff y R. C. Barneby, "Conspectus of species of the genus *Erythrina*," *Lloydia*, 1974.

[18] CONABIO, "Morelos-Estrategias Estatales de Biodiversidad," 2017. [Online]. Available: <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/morelos.html>

[19] M. E. Garín-Aguilar, J. E. Ramírez Luna, M. Soto-Hernández, G. V. Del Toro y M. M. Vázquez, "Effect of crude extracts of *Erythrina americana* Mill. on aggressive behavior in rats," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 69, pp. 189-196, 2000.

[20] S. Sánchez-Herrera, R M Soto-Hernández, G Kite, y M R García-Mateos, "Identificación de alcaloides en las inflorescencias de *Erythrina americana* Miller," *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 7, no. 1, pp. 37-48, 2001.

[21] E. Reimann, "Synthesis Pathways to *Erythrina* Alkaloids and *Erythrina* Type Compounds," in *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*. Vienna: Springer Vienna, 2007, pp. 1-62.

[22] R. García-Mateos, M. Soto-Hernandez y D. Kelly, "Alkaloids from six *Erythrina* species endemic to Mexico," *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 26, no. 5, pp. 545-551, Jul. 1998.

[23] T. C. Fehling-Fraser y E. Ceccon, "Macropropagation of *Erythrina americana* in a greenhouse: a potential tool for seasonally dry tropical forest restoration," *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 2015.

[24] A. Moreno-Calles et al., "Agroforestry systems and biodiversity conservation in arid zones: the case of the Tehuacán Valley, Central México," *Agroforestry Systems*, vol. 80, no. 3, pp. 315-331, Nov. 2010.

[25] L. Deisset et al., "Weed Seed Bank in an Agroforestry System With *Eucalyptus* in Subtropical Brazil," *Planta Daninha*, vol. 36, no. 0, May 2018.

[26] A. Gardarin, C. Dürr, y N. Colbach, "Modeling the dynamics and emergence of a mul-

tispecies weed seed bank with species traits," *Ecological Modelling*, vol. 240, pp. 123-138, Agosto 2012.

[27] B. I. Nyoka, S. A. Mng'omba, F. K. Akinnifesi, O. C. Ajayi, G. Sileshi y R. Jamnadass, "Agroforestry Tree Seed Production and Supply Systems in Malawi," *Small-scale For*, vol. 10, no. 4, pp. 419-434, Nov. 2011.

[28] F. Tapia-Pastrana y A. Jiménez-Salazar Los cariotipos de *Cologania grandiflora* y *Erythrina americana* (Leguminosae Papilionoideae-Phaseoleae) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México," *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 82, no. 3, 2011.

[29] A. M. Soares Pereira et al., "Seed Germination and Production of *Erythrina mulungu* and *Erythrina velutina* Plantlets," *American Journal of Plant Sciences*, vol. 5, pp. 535-540, 2014.

[30] D. Sanabria, R. Silva-Acuña, M. A. Oliveros y R. Barrios, "Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*," 2001.

[31] A. Alderete-Chávez, D. A. Rodríguez-Trejo, V. Espinosa-Hernández, E. Ojeda-Trejo y N. de la Cruz-Landero, "Effects of different scarification treatments on the germination of *Lupinus leptophyllus* seeds," *International Journal of Botany*, vol. 6, no. 1, pp. 64-68, 2010.

[32] F. J. Maldonado-Arciniegas, "Evaluación de la germinación de semillas de *Vachellia macracantha* usando métodos de escarificación," Quito: USFQ, 2015.

[33] R. H. Ellis, T. D. Hong, y E. H. Roberts, *Handbook of seed technology for genebanks*. Volume I. Principles and methodology, 1985.

[34] E. Kimura y M. A. Islam, "Seed Scarification Methods and their Use in Forage Legumes," *Research Journal of Seed Science*, vol. 5, no. 2, pp. 38-50, Feb. 2012.

[35] T. Myint, W. y Srikul, S. (2010). Germination of seed of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) as affected by different mechanical scarification methods. *Seed Science and Technology*, vol. 38, no. 3, pp. 635-645, Oct. 2010.

[36] Y. L. Qian, J. A. Cosenza, S. J. Wilhelm y D. Christensen, "Techniques for Enhancing

Saltgrass Seed Germination and Establishment," *Crop Science*, vol. 46, no. 6, p. 2613, Nov. 2006.

[37] K. M. Ghantous y H. A. Sandler, "Mechanical Scarification of Dodder Seeds with a Handheld Rotary Tool," *Weed Technology*, vol. 26, no. 03, pp. 485-489, Sep. 2012.

[38] J. D. Bewley y M. Black, *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: Volume 2: Viability, Dormancy, and Environmental Control*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1982.

[39] A. A. Kandil, A. E. Sharief y A. M. A. Odam, "Dormancy Overcoming of Some Alfalfa Varieties," *Research Journal of Seed Science*, vol. 5, no. 1, pp. 19-31, Jan. 2012.

[40] J. Martínez, Y. Villegas, J. R. Enríquez-del Valle, J. C. Carrillo, y M. A. Vásquez, "Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu," *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 4, no. SPE6, pp. 1263-1272, 2013.

[41] E. Kimura y M. A. Islam, "Seed Scarification Methods and their Use in Forage Legumes," *Research Journal of Seed Science*, vol. 5, no. 2, pp. 38-50, Feb. 2012.

[42] R. Azimi, G. A. Heshmati y R. Kavandi, "Evaluation of SiO₂ Nanoparticles Effects on Seed Germination in *Astragalus squarrosus*," *Journal of Rangeland Science*, vol. 6, no. 2, pp. 135-143, Apr. 2016.