

Respuesta de las semillas de palo colorado (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) a diferentes tratamientos pregerminativos

Response of palo colorado seeds (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) to different pregerminative treatments

DANY PAOLA DÍAZ-VÁZQUEZ¹, JAIME ALBERTO FÉLIX-HERRÁN¹, ESTELA SAÑUDO-AYALA¹
Y REY DAVID RUELAS-AYALA^{1,2}

Recibido: Agosto 20, 2019

Aceptado: Septiembre 28, 2019

Resumen

El palo colorado (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) es una especie extensamente distribuida en México y su madera es utilizada para la obtención de postes para la construcción de cercas o como estaca para cultivos de hortalizas, además, se ha perfilado como una leguminosa de interés para la reforestación y establecimiento de sistemas agroforestales. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar de forma *in vitro* y en sustratos diferentes tratamientos pregerminativos con la finalidad de inducir la germinación, tanto en semillas sanas como en afectadas por insectos. Los tratamientos fueron: hidrotérmico (100 °C) por 10, 20 y 30 min; escarificación con lija de agua de N° 400; escarificación con ácido sulfúrico concentrado por 10, 15 y 20 min y un lote de semillas sin tratar como testigo. Los mejores resultados se obtuvieron con la escarificación con lija (100%), seguido de la escarificación con ácido por 15 min (86.7%), y por último el tratamiento hidrotérmico por 10 min (83.3%) en semillas sanas. En un segundo bioensayo donde se eligieron los mejores tratamientos: hidrotérmico por 10 min, ácido por 15 min, escarificación con lija, para evaluar la germinación en el sustrato Promix-vermiculita (1:1) se obtuvo un resultado similar en cuanto a la germinación y además todos los tratamientos presentaron la misma calidad de planta.

Palabras clave: hidrotérmico, latencia, escarificación, germinación, *Caesalpinia platyloba*.

Abstract

Palo colorado (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) it's a specie extensively distributed in Mexico and its wood its used to produce poles to build fences or as stake for crops of vegetables, in addition, has emerged as a legume of great interest for reforestation and for the establishment of agroforestry systems. The present study had the aim to evaluate different pregerminative treatments *in vitro* and in substrate with the purpose to induce germination in both healthy seeds as in those affected by insects. The treatments applied were: hydrothermal (100 °C) by 10, 20 and 30 min, scarification with water sandpaper Number 400, scarification with concentrated sulphuric acid by 10, 15 and 20 min and an untreated seed lot as a reference. The best results were obtained with the sandpaper scarification (100%), followed by acid scarification by 15 min (86.7%), and at last the hydrothermal treatment by 10 min (83.3%). In a second bioassay were chosen the best treatments: hydrothermal by 10 min, acid by 15 min, sandpaper scarification, to evaluate the germination in a Promix-vermiculite (1:1) substrate showing a similar result in regard of the germination and in addition all treatments showed the same quality of plant.

Keywords: hydrothermal, latency, scarification, germination, *Caesalpinia platyloba*.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA INTERCULTURAL DE SINALOA, UNIDAD MOCHICAHUI. PROLONGACIÓN 5 DE MAYO S/N, EJIDO POBLADO DE MOCHICAHUI, EL FUERTE, SINALOA. TEL. (668) 1763446 Y (668) 1763449. C.P. 81890.

² DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DEL AUTOR DE CORRESPONDENCIA: MYREY70@HOTMAIL.COM



Introducción

El palo colorado (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) es una especie que se encuentra extensamente distribuida en México y se caracteriza por ser un árbol pequeño de 4 a 8 m de altura, con ramas de color pardo gris o rojizo y flores amarillas (Turner *et al.*, 2005). Su madera se utiliza para la obtención de postes que sirven para la construcción de cercas o como estacones para el cultivo de hortalizas (Román-Miranda *et al.*, 2007).

El palo colorado se ha perfilado como una leguminosa de gran interés para la reforestación y el establecimiento de sistemas agroforestales (Catillo-Morales *et al.*, 2010). Sin embargo, las semillas de la familia *Fabaceae* a la cual pertenece el palo colorado, presentan una testa dura e impermeable al agua, lo que dificulta su germinación (Catalán y Balzarini 1992; Izhaki y Neeman 1997).

Los tratamientos de escarificación son un grupo de actividades previas a la germinación y tienen la finalidad de ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta de la semilla para hacerla permeable sin dañar el embrión ni el endospermo que se encuentran en su interior; logrando así, la imbibición y el intercambio gaseoso (Sobrevilla-Solís *et al.*, 2013). En este contexto se ha empleado exitosamente la escarificación química con ácidos o bases fuertes (Atencio *et al.*, 2003; Rivero, 2006), el remojo en agua a 100 °C por periodos cortos (Sánchez-Paz y Ramírez-Villalobos, 2006), la escarificación a temperaturas cálidas superiores a 30 °C (Conversa y Elia, 2008) y el adelgazamiento de la testa con lija (Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 1999). Esto ha permitido obtener una germinación rápida, completa y uniforme en aquellas especies que presentan una testa dura.

Para el caso de *C. platyloba*, la escarificación con ácido sulfúrico concentrado, la inmersión en agua a 100 °C y la escarificación con lija, son los tratamientos que se han utilizado con éxito para la germinación de sus semillas (Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 1999; Sánchez-Soto *et al.*, 2016). Sin embargo, son pocas las investigaciones que se han centrado en precisar y obtener las condiciones óptimas donde las semillas de *C. platyloba* alcanzan su máxima germinación. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue encontrar las condiciones óptimas para obtener la máxima tasa de germinación de las semillas de palo colorado.

Materiales y métodos

Recolección de la semilla. Se recolectaron frutos maduros (vainas) en forma aleatoria de árboles de *C. platyloba* de 6 años de edad y con altura promedio de 7 m procedentes de la plantación experimental Dr. Miguel Ángel Musalem de la Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa, ubicada en el ejido Buenavista de Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa a 25° 53' 47.28" N y 108° 48' 8.1" O. La extracción de las semillas se realizó manualmente presionando los frutos y estas fueron colocadas en bolsas de papel y almacenadas a temperatura ambiente hasta su utilización. Posteriormente, se procedió a seleccionarlas de acuerdo a su integridad física y fueron clasificadas en semillas sanas y afectas (principalmente perforadas por insectos).

Pruebas de germinación in vitro. Se evaluaron 7 métodos de escarificación, tanto para semillas sanas (Tratamientos del 1 al 8) como para afectadas (Tratamientos del 9 al 16): (T₁) inmersión de las semillas en agua hirviendo por 10 min; (T₂) inmersión de las semillas en agua hirviendo por 20 min; (T₃) inmersión de las semillas en agua hirviendo por 30 min; (T₄) lijado manual con lija de agua N° 400; (T₅) inmersión en ácido sulfúrico al 98% (v/v) durante 10 min; (T₆) inmersión en ácido sulfúrico al 98% durante 15 min; (T₇) inmersión en ácido sulfúrico al 98% durante 20 min; terminado el tiempo de inmersión, se realizó un enjuague utilizando agua destilada estéril con la finalidad de eliminar los residuos del ácido. A estos métodos de escarificación se les sumó el testigo (T₈), al cual no se le aplicó ningún tratamiento. Para la evaluación de estos métodos, se tomó una muestra al azar de 480 semillas de *C. platyloba*, las cuales se dividieron en 8 grupos de 60 semillas para someterlos a los métodos de escarificación, agrupándolos en tres repeticiones y 20 semillas por repetición. Antes de ser sembradas e inmediatamente después de ser

sometidas a los métodos de escarificación, las semillas se desinfectaron superficialmente, sumergiéndolas en cloro comercial al 5% (v/v) por 10 min, posteriormente, en etanol al 70% (v/v) por un minuto y por último, se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril con la finalidad de evitar la proliferación de hongos durante la germinación.

Las semillas escarificadas y desinfectadas se colocaron en cajas de Petri (20 semillas por caja) que contenían agua-agar y se almacenaron a temperatura ambiente por 10 d. Cada 24 h se contabilizó el número de semillas germinadas. Las variables a evaluar fueron: (G%) porcentaje de germinación; (IVG) índice de velocidad de germinación; (TPG) tiempo promedio para alcanzar la germinación y (Tmax), tiempo para alcanzar la máxima germinación. Estas variables fueron calculadas de acuerdo con Sobrevilla-Solis *et al.* (2013).

Pruebas de germinación en sustrato

Para este bioensayo se seleccionaron los mejores tratamientos evaluados anteriormente, y el experimento consistió en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y 40 semillas por repetición. Las semillas fueron seleccionadas a través de la prueba de viabilidad de flotación en agua y el criterio de selección fue descartar aquellas semillas que flotaban (García-Federico *et al.*, 2010). Las que sedimentaron se secaron con papel absorbente. Posteriormente, las semillas se seleccionaron al azar aplicándole los siguientes tratamientos: (T₁) hidrotérmico por 10 min, (T₂) ácido sulfúrico por 15 min (T₃) escarificación con lija y (T₄) testigo. Las semillas tratadas se colocaron en charolas para germinación de 200 cavidades con una mezcla de Promix-Vermiculita (1:1) como sustrato y se dejaron en condiciones de invernadero. Trece días después se registró el porcentaje de germinación, el peso seco de raíz (g) y parte aérea (g). Para calcular el peso seco, las plantas fueron sacadas de la charola cuidadosamente para evitar la ruptura de la raíz, posteriormente se lavó para eliminar el exceso de sustrato la raíz y se tomaron lecturas de la longitud de raíz (cm) y parte aérea (cm). Las plantas se colocaron en charola de papel aluminio debidamente etiquetadas y posteriormente se incubaron a 50 °C por 3 d o a peso constante.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se usaron los paquetes estadísticos SAS v 9.0 y STATISTIX 8.1. Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas fueron verificados mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965) y Bartlett (1937). Los datos que no cumplieron con algunos de estos supuestos se les realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y a los que cumplieron se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA); la comparación de medias fue realizada mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Con los datos de germinación diaria, se determinó el tiempo medio para alcanzar el 50% y el 90% de germinación (T₅₀ y T₉₀) mediante un análisis PROBIT.

Resultados y discusión

El palo colorado es una planta que pertenece a la familia *Fabaceae* y sus semillas se caracterizan por poseer una testa dura y ser impermeables (Serrato-Valenti *et al.*, 1994). Esta característica reduce su capacidad germinativa y de ahí la necesidad de encontrar métodos apropiados para aumentar su germinación. En este trabajo se evaluaron siete tratamientos de escarificación y todos indujeron la germinación en las semillas de palo colorado, mostrando diferencias significativas entre ellos (Cuadro 1). Sin embargo, el tratamiento de escarificación con lija mostró el más alto porcentaje de germinación (100%) sin presentar diferencias significativas con el tratamiento de inmersión en ácido sulfúrico por 15 min (86.7%).

Estos resultados concuerdan con Sánchez-Soto *et al.* (2016) quienes obtuvieron porcentajes de germinación cercanos al 100% con la escarificación con lija, aunque difieren a los obtenidos por Godínez-Álvarez y Flores-Martínez (1999) quienes evaluaron la escarificación con lija y la escarificación con ácido sulfúrico por 15 min en semillas de *C. platyloba* y obtuvo un 0% y 100% de germinación respectivamente.

Otros trabajos realizados con diferentes especies de leguminosas han mostrado resultados similares a estos tratamientos y han demostrado que la escarificación con lija y la escarificación con ácido sulfúrico pueden incrementar significativamente la

Cuadro 1. Efecto de diferentes tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas sanas de palo colorado.

*Trata	% G (media ± EE)**	IVG (media ± EE)	Tmax (media ± EE)	T ₅₀ (límite de confianza 95%)	T ₉₀ (límite de confianza 95%)
T ₁	83.3 ± 4.41 b*	1.67 ± 0.09 b	8.67 ± 1.33 a	3.50 (3.06-3.93)	1.11 (1.03-1.25)
T ₂	68.3 ± 7.27 c	1.37 ± 0.15 c	8.33 ± 1.20 a	3.80 (3.01-4.63)	44.38 (25.79-116.90)
T ₃	83.3 ± 6.02 b	1.67 ± 0.12 b	6.00 ± 0.00 a	2.79 (2.35-3.21)	12.51 (10.15-16.07)
T ₄	100 ± 0.00 a	2.0 ± 0.00 a	6.67 ± 0.67 a	1.32 (1.06-1.56)	3.96 (3.47-4.64)
T ₅	66.7 ± 1.67 c	1.33 ± 0.03 c	6.67 ± 0.67 a	4.07 (3.40-4.78)	29.74 (20.07-55.92)
T ₆	86.7 ± 1.67 ab	1.73 ± 0.03 ab	6.00 ± 0.58 a	1.87 (1.46-2.26)	9.27 (7.60-12.03)
T ₇	63.3 ± 7.27 c	1.27 ± 0.15 c	7.33 ± 0.88 a	5.94 (5.07-7.13)	41.12 (26.24-85.71)
T ₈	36.7 ± 6.02 d	0.73 ± 0.12 d	6.67 ± 1.67 a	15.29 (11.04-28.09)	162.12 (66.53-974.7)

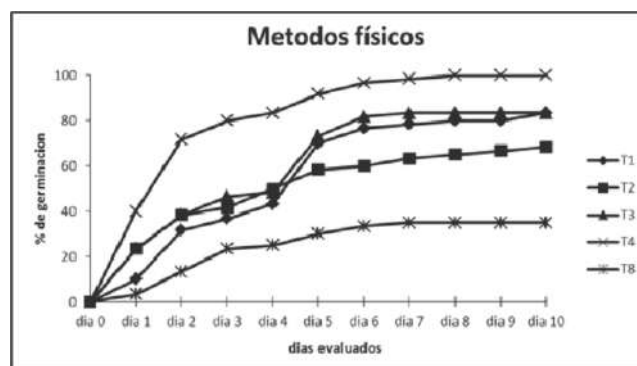
*Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. %G = Porcentaje de germinación; IVG = Índice de velocidad de germinación; Tmax = Tiempo para alcanzar la máxima germinación; T₅₀ = Tiempo para alcanzar el 50% de germinación; T₉₀ = Tiempo para alcanzar el 90% de germinación. ** (Media ± Error estándar). *Tratamientos aplicados: T₁ = Hidrotérmico 10 min; T₂ = Hidrotérmico 20 min; T₃ = Hidrotérmico 30 min; T₄ = Lija; T₅ = Inmersión en H₂SO₄ 10 min; T₆ = Inmersión en H₂SO₄ 15 min; T₇ = Inmersión en H₂SO₄ 20 min; T₈ = Testigo.

germinación (Guerrero y Herrera, 1994; Padma *et al.*, 1995; Teketay, 1996). Por otro lado, Faría *et al.* (1996) señalan como el mejor método de escarificación para *Clitoria ternatea* L. el adelgazamiento de la testa con papel de lija (66.54%), y en segundo lugar la inmersión en ácido sulfúrico (53.74% y 64.34% para 5 y 10 min respectivamente). Estos resultados coinciden con los obtenidos en esta investigación con *C. platyloba*, donde el mejor tratamiento fue la escarificación con lija y en segundo lugar la escarificación con ácido sulfúrico.

Los tratamientos hidrotérmicos se han utilizado con éxito para inducir la germinación de algunas especies de leguminosas (Sobrevilla-Solís *et al.*, 2013), incluyendo a *C. platyloba*, que presentan una cubierta seminal impermeable (Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 1999). En este estudio, los tratamientos hidrotérmicos mostraron porcentajes de germinación superior al 80% en algunos de los casos, y no presentaron diferencias significativas con la escarificación con ácido sulfúrico, pero sí con la escarificación con lija. En cuanto al IVG (índice de velocidad de germinación), el método de escarificación con lija presentó el valor más alto (2.0 semillas germinadas por día), seguidos de inmersión en ácido sulfúrico por 15 min (1.73 semillas germinadas por día). Respecto al índice Tmax (tiempo para alcanzar la máxima germinación) no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

La cinética de germinación de las semillas de *C. platyloba* sometidas a los diferentes tratamientos pregerminativos muestra que a partir del primer día se inicia la germinación para todos los tratamientos (Figuras 1 y 2) y el método de escarificación con lija presentó la más alta velocidad, alcanzando el 50% de germinación (T₅₀) en solo 1.32 días y el 100% (Tmax) en 6.67 días (Figura 1 y Cuadro 1).

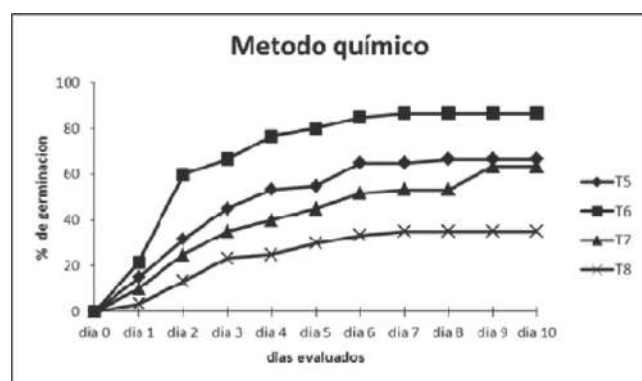
Figura 1. Cinética de germinación de las semillas sanas con tratamientos físicos, donde: T₁ = Hidrotérmico 10 min, T₂ = Hidrotérmico 20 min, T₃ = Hidrotérmico 30 min, T₄ = Lija y T₈ = Testigo.



Los tratamientos de inmersión en ácido sulfúrico por 15 min y el hidrotérmico 30 min también mostraron una velocidad de germinación relativamente

alta, con un T_{50} de 1.87 y 2.79 días respectivamente (Figura 2 y Cuadro 1), sin embargo, no alcanzaron el 100% de germinación en los días evaluados. Estos tratamientos necesitan aproximadamente 6 d para alcanzar porcentajes de germinación superiores al 80%, los cuales son muy favorables.

Figura 2. Cinética de germinación de las semillas sanas con tratamientos químicos, donde: T_5 = Ácido sulfúrico 10 min, T_6 = Ácido sulfúrico 15 min, T_7 = Ácido sulfúrico 20 min y T_8 = Testigo.



El daño por brúquidos y otros insectos depredadores de semillas en sistemas tropicales ha sido ampliamente documentado, alcanzando en algunas especies daños de infestaciones de más del 90% de las semillas (Ernst *et al.*, 1989). En este estudio, se encontraron semillas afectadas por insectos y estas fueron evaluadas aplicando los diferentes tratamientos pre germinativos, con la finalidad de inducir la germinación. Los resultados no fueron favorables, ya que todos los tratamientos presentaron germinación inferior al 50% (Cuadro 2).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Godínez-Álvarez y Flores-Martínez (1999) quienes mencionan haber encontrado semillas de *C. platyloba* dañada por brúquidos y al aplicar los tratamientos pregerminativos no obtuvieron resultados de germinación satisfactorios. Al contrario de Hauser (1994) que afirma que el orificio dejado por los brúquidos al salir de la semilla puede favorecer una rápida germinación. Sin embargo, nuestros resultados demuestran lo contrario; *C. platyloba* no se ve favorecida por el orificio dejado por los insectos.

Cuadro 2. Efecto de diferentes tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas afectadas de palo colorado.

*Trata	% G (media ± EE)**	IVG (media ± EE)	Tmax (media ± EE)	T_{50} (límite de confianza 95%)	T_{90} (límite de confianza 95%)
T ₉	33 ± 4.4 a*	0.7 ± 0.1 a	6.3 ± 0.6 ab	23.4 (13.7-80.1)	-
T ₁₀	32 ± 1.7 ab	0.6 ± 0.0 ab	7.3 ± 0.3 a	39.5 (18.5-377.5)	-
T ₁₁	33 ± 4.4 a	0.7 ± 0.1 a	7.6 ± 0.3 a	23.2 (12.3-96.4)	-
T ₁₂	37 ± 7.3 a	0.7 ± 0.1 a	6.0 ± 1.0 ab	52.5 (14.8-4.3)	-
T ₁₃	23 ± 10.0 abc	0.5 ± 0.2 abc	2.6 ± 0.3 bc	183.1 (34.8-4437)	-
T ₁₄	3.3 ± 0.6 c	0.1 ± 0.0 c	1.3 ± 0.2 c	-----	-
T ₁₅	5.0 ± 5.0 bc	0.1 ± 0.1 bc	1.0 ± 1.0 c	-----	-
T ₁₆	20 ± 2.9 abc	0.4 ± 0.1 abc	6.6 ± 0.3 a	66.7 (26.7-1178)	-

*Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. %G = Porcentaje de germinación; IVG = Índice de velocidad de germinación; Tmax = Tiempo para alcanzar la máxima germinación; T_{50} = Tiempo para alcanzar el 50% de germinación; T_{90} = Tiempo para alcanzar el 90% de germinación. ** (Media ± Error estándar). *Tratamientos aplicados: T₉ = Hidrotérmico 10 min; T₁₀ = Hidrotérmico 20 min; T₁₁ = Hidrotérmico 30 min; T₁₂ = Lija; T₁₃ = Inmersión en H₂SO₄ 10 min; T₁₄ = Inmersión en H₂SO₄ 15 min; T₁₅ = Inmersión en H₂SO₄ 20 min; T₁₆ = Testigo.

De los tratamientos evaluados, la escarificación con lija y los hidrotérmicos lograron inducir un poco la germinación, pero no presentaron diferencias significativas con el testigo y en la escarificación con ácido sulfúrico, se observa una inhibición de la germinación con el aumento de la exposición en ácido. Esto se puede deber a que la testa se encuentra perforada y el ácido penetra hasta el embrión, causando su muerte y por lo tanto pérdida de la viabilidad de la semilla. Estos resultados son consistentes con los de Skerman *et al.* (1991) quienes afirman que las semillas tratadas con ácido sulfúrico pueden sufrir daños del tegumento por causa del calor extremo que se produce al lavar con el ácido, o bien, el tegumento de la semilla puede no ser lo bastante duro para impedir que el ácido penetre y dañe el embrión. En el caso de daños por insecto se facilita la penetración del ácido. Lippit *et al.* (1994) recomiendan coleccionar las semillas inmediatamente después de que han madurado; esto ayuda a disminuir la pérdida por daño de insectos. En cuanto a la cinética de germinación, esta se empieza a desarrollar después del primer día, pero de una manera lenta, y ningún tratamiento aplicado a las semillas afectadas logra inducir la germinación por arriba del 40% (Figuras 3 y 4).

La escarificación con lija, la inmersión en ácido sulfúrico por 15 min y el hidrotérmico por 10 min, son los tratamientos que mejor respuesta tuvieron en la germinación de las semillas de *C. platyloba*; estos tratamientos se evaluaron en un segundo bioensayo para medir la respuesta de la germinación en sustrato y en el desarrollo de la plántula (Cuadro 3).

Figura 3. Cinética de germinación de las semillas afectadas con tratamientos físicos, donde: T₉ = Hidrotérmico 10 min, T₁₀ = Hidrotérmico 20 min, T₁₁ = Hidrotérmico 30 min, T₁₂ = Lija y T₁₆ = Testigo.

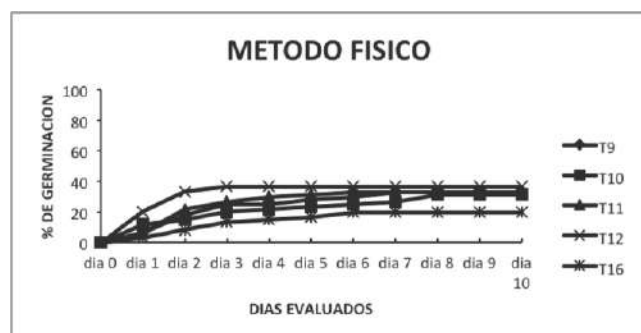
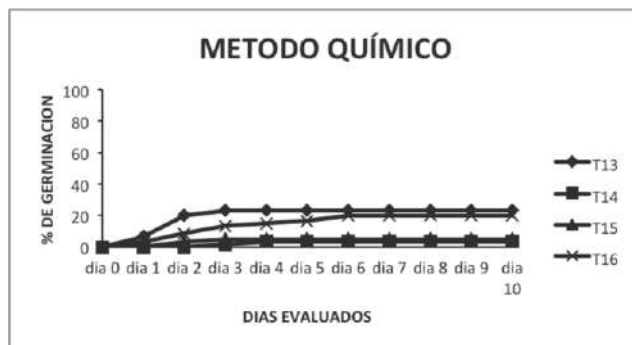


Figura 4. Cinética de germinación de las semillas afectadas con tratamientos químicos, donde: T₁₃ = Ácido sulfúrico 10 min, T₁₄ = Ácido sulfúrico 15 min, T₁₅ = Ácido sulfúrico 20 min y T₁₆ = Testigo.



Cuadro 3. Respuesta de germinación en sustrato, medidas de longitud y obtención de peso seco.

Tratamientos	% G	Longitud (cm)		Peso seco (g)	
	(media ± EE)**	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz
Hidrotérmico 10 min	79 ± 1.25b*	14.7 a	5.1 a	0.2477 a	0.020 a
H ₂ SO ₄ 15 Min	84 ± 1.65ab	15.6 a	4.7 a	0.2590 a	0.020 a
Lija	89 ± 1.20a	14.9 a	4.3 a	0.2508 a	0.019 a
Testigo	61 ± 0.6c	14.6 a	4.7 a	0.2395 a	0.020 a

*Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas.
 **(Media ± Error estándar). %G = Porcentaje de germinación.

El método de escarificación con lija fue el que mostró el mayor porcentaje de germinación (89%) y no presentó diferencias significativas con la escarificación en ácido sulfúrico por 15 min, pero sí hubo diferencias significativas con el testigo y el hidrotérmico. Estos resultados mostraron la misma tendencia que en el bioensayo anterior, aunque los porcentajes de germinación son menores. Esto se puede deber a que cuando la semilla se encuentra en sustrato se enfrenta a la competencia y a la interacción por parte de los microorganismos presentes en este microambiente, lo que puede limitar su capacidad germinativa, al contrario a la germinación *in vitro*, donde se tienen las condiciones de esterilidad. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en la longitud del tallo, longitud de raíz, peso seco de raíz y peso seco de tallo, por lo que se puede concluir que todos los tratamientos aplicados generan la misma calidad de planta.

En este trabajo se demostró que los tratamientos de escarificación con lija, la inmersión en ácido sulfúrico por 15 min y el hidrotérmico por 10 min, pueden incrementar considerablemente la capacidad germinativa de las semillas de *C. platyloba* y que la elección de alguno de estos tratamientos puede implicar una disminución en el porcentaje de germinación final, sin embargo, el esfuerzo y el tiempo requerido disminuirán considerablemente. Por lo tanto, a la hora de elegir el método más apropiado, es necesario considerar diversos aspectos como la eficiencia en la germinación (proporción y velocidad), el costo asociado a ese tratamiento y el número de plantas a producir (Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 1999). Con base en estas consideraciones y, cuando se requiera generar plantas de una manera masiva, se recomienda el uso del tratamiento hidrotérmico por 10 min debido a su facilidad de implementación y a su bajo costo, y cuando se requiera producir plantas a pequeña escala o con fines de investigación se recomienda el uso de la escarificación con lija o la inmersión en ácido sulfúrico por 15 min.

Conclusiones

El tratamiento de escarificación con lija fue el que presentó los mejores resultados de germinación, tanto para semillas sanas como para afectadas, y el orificio dejado por los insectos no favorece la germinación. El ácido sulfúrico induce la germinación en las semillas sanas, pero la inhibe en las semillas afectadas; la calidad de la planta de palo colorado no se ve afectada por el tipo de tratamiento utilizado para inducir la germinación.

Literatura citada

Atencio, L., R. Colmenares, M. Ramírez-Villalobos y D. Marcano. 2003. Tratamientos pregerminativos en *Acacia* San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. *Revista de la Facultad de Agronomía* 20(1):63-71.

Bartlett, M. S. 1937. The statistical conception of mental factors. *British Journal of Psychology* 28:97-104.

Castillo-Morales, V. M., G. E. Rojo-Martínez y C. Armenta-López, 2010. Manejo y diseño de un sistema agroforestal de palo colorado (*Caesalpinia platyloba*) para suelos de temporal. Libro Estudios y Propuestas para el Medio Rural, (Tomo VII) 1ª edición, México, 2010.

Catalán, L. and M. Balzarini. 1992. Improved laboratory germination condition for several arboreal *Prosopis* species: *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. caldenia* and *P. affinis*. *Seed Sci. and Technol* 29:293-298.

Conversa, G. A. and A. Elia, 2008. Effect of seed age, stratification and soaking on germination of wild asparagus (*Asparagus acutifolius* L.). *Scientia Horticulturae* 119(3):241-245.

Ernst, W., D. J. Tolsma, and J. Decelle. 1989. Predation of seeds of *Acacia tortilis* by insects. *OIKOS* 54:294-300.

Faría, J., L. García-Aguilar y B. González. 1996. Nota técnica: Métodos de escarificación de cuatro leguminosas forrajeras tropicales. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 13:573-579.

García-Federico, A., S. Montes-Hernández, J. A. Rangel-Lucio, E. García-Moya y M. Mendoza-Elos, 2010. Respuesta fisiológica de la semilla de chile piquín [*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotérmica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(2):203-216.

Godínez-Álvarez, H. y A. Flores-Martínez. 1999. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. *Polibotánica* 11:1-19.

Guerrero, M. y J. Herrera. 1994. La germinación de *Sesbania emerus* (Fabaceae): efecto de la inmersión en ácido sulfúrico. *Revista de Biología Tropical* 42:461-466.

Hauser, P. T. 1994. Germination, predation and dispersal of *Acacia albida* seeds. *OIKOS* 71:421-426.

Izhaki, I. and G. Ne'eman, 1997. Hares (*Lepus* spp.) as seed dispersers of *Retama raetam* (Fabaceae) in a sandy landscape. *J. Arid. Environ* 37:343-354.

Lippitt, L., M. W. Fidelibus, and D. A. Bainbridge. 1994. Native seed collection, processing and storage for revegetation project in the Western United State. *Restoration Ecology* 2:120-13

Panma, V., B. M. Reddy, and G. Satyanarayana. 1995. Breaking dormancy in certain *Acacia* spp by pre-sowing seed treatments. *Seed research* 21:26-30

Rivero, M. 2006. Evaluación de tratamientos pregerminativos para estimular la emergencia en cinco especies ornamentales arbóreas. Tesis de licenciatura. Universidad Centroccidental «Lisandro Alvarado». Decanato de Agronomía. Venezuela. 97 p.

Román-Miranda, M. L., A. Mora-Santacruz, S. Carvajal-Hernández y H. Ochoa-Ruiz. 2007. Especies forestales con diversidad de uso en un bosque tropical caducifolio de la comunidad indígena de Tomatlán, Jalisco, México. *Ciencia e Investigación Forestal* Número extraordinario, pp:183-192

Sánchez-Soto, B. H., E. Pacheco-Aispuro, Á. Reyes-Olivas, G. A. Lugo-García, P. Casillas-Álvarez y C. P. Saucedo-Acosta. 2016. Ruptura de latencia física en semillas de *Caesalpinia platyloba* s. Watson. *Interciencia* 41(10):691-695.

Serrato-Valenti, G. L., P. Cornara, M. Ghisellini and M. Ferrando, 1994. Testa structure and histochemistry related to water uptake in *Leucaena leucocephala* Lam (De Wit). *Ann. Bot.* 73(5):531-537.

Shapiro, S. S. y M. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52:591-611.

Skerman P. J., D. G. Cameron y F. Riveros. 1991. Leguminosas Forrajeras Tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma. 707 p.

Sobrevilla-Solís, J. A., M. López-Herrera, A. L. López-Escamilla y L. Romero-Bautista, 2013. Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. y Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas.

Turner, R. M., J. E. Bowers y D. L. Burgess. 2005. Plantas del desierto de Sonora: Un Atlas Ecológico. University of Arizona Press. p. 133. 6

Este artículo es citado así:

Díaz-Vázquez, D. P., J. A. Félix-Herrán, E. Sañudo-Ayala y R. D. Ruelas-Ayala. 2019. Respuesta de las semillas de palo colorado (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) a diferentes tratamientos pregerminativos. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 13(3):174-180.
DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v13i3.480>

Resumen curricular del autor y coautores

DANY PAOLA DÍAZ VÁZQUEZ. Terminó su licenciatura en el año 2014, año en que fue otorgado el título de Ingeniero Forestal por la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM), Universidad Intercultural del estado de Sinaloa, realizó sus prácticas profesionales en CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) en el parque nacional Lagunas de Montebello, Chiapas 2014. Trabajó como docente en la preparatoria Lic. Ponciano Arriaga en Escobedo, Nuevo León, año 2015 mismo en que trabajó como gestora de proyectos a través de INADEM para la Organización antorcha campesina en N.L. Fue técnico facilitador en la agencia de desarrollo rural SEDENORTE-SAGARPA trabajando con comunidades de alta marginación en los municipios de Parras y Saltillo, Coahuila (2016-2017). Contratista para gestionar proyectos productivos en comunidades de Mazapil, Zacatecas en la empresa minera GOLDCORP Peñasquito (abril 2017- enero 2018). Técnico facilitador en la agencia de desarrollo rural SEDENORTE-SAGARPA trabajando con comunidades de alta marginación en los municipios de Concepción del Oro, Mazapil y El Salvador, Zacatecas (marzo 2018-marzo 2019). Acreditada por en SINIIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual del Ganado) Como Técnico identificador autorizado. Cuenta con dos diplomados, uno en Seguridad Alimentaria y Nutricional por la FAO-SAGARPA y otro en Desarrollo de Capacidades Productivas por la Universidad De Cádiz España.

JAIME ALBERTO FÉLIX HERRÁN. Terminó su licenciatura en 2002, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM). Realizó su posgrado en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en 2006. Realizó sus estudios de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Universidad Autónoma Indígena de México, en 2014 obtuvo el título. Desde 2007 labora en la Universidad Autónoma Indígena de México y posee la categoría de Facilitador educativo (Profesor) A. Es miembro del Cuerpo Académico de "Biotecnología y Sustentabilidad de los Recursos Naturales (UAIM-CA3)" reconocido por PROMEP. Su área de especialización es el aprovechamiento y conservación de recursos forestales no maderables. Ha dirigido 15 tesis de licenciatura. Es autor de aproximadamente 13 artículos científicos, 31 ponencias en congresos, y 11 capítulos de libros científicos; además ha impartido 9 cursos y talleres; participa como árbitro de dos revistas científicas de circulación internacional la revista de Biología Tropical / International Journal of Tropical Biology and conservation de la Universidad de Costa Rica y el European journal of soil science.

ESTELA SAÑUDO AYALA. Terminó su licenciatura en 2003, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM). Desde el 2012 labora en la Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa (UAIS) como técnico del Laboratorio de Biotecnología, además de apoyar a la docencia en la carrera de ingeniería forestal y en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Calidad.

REY DAVID RUELAS AYALA. Terminó su licenciatura en 2002, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM). Realizó su posgrado en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en 2007. Desde 2011 labora en la Universidad Autónoma Indígena de México y posee la categoría de Facilitador educativo (Profesor) A. Es miembro del Cuerpo Académico de "Biotecnología y Sustentabilidad de los Recursos Naturales (UAIM-CA3)" reconocido por PROMEP. Su área de especialización es biotecnología y aprovechamiento de los recursos naturales. Ha dirigido 5 tesis de licenciatura. Ha participado como autor o coautor en aproximadamente 8 artículos científicos, 25 ponencias en congresos, y 5 capítulos de libros. Ha participado como árbitro en la revista de ciencias forestales de la Universidad Autónoma de Chapingo.