

Germinación de *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. con escarificación de semillas sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento

Germination of *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. with scarification of seeds subjected to different storage times



Ariel Guillén-Trujillo*, Raúl Ávalos-Castro**, José Luis Espinoza-Villavicencio*, Ricardo Ortega-Pérez*, Alejandro Palacios-Espinosa*✉

Guillén-Trujillo, A., Ávalos-Castro, R., Espinoza-Villavicencio, J. L., Ortega-Pérez, R., & Palacios-Espinosa, A. (2020). Germinación de *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. con escarificación de semillas sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 44-51.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento y seis tratamientos de escarificación sobre la germinación de semillas de *Ferocactus townsendianus*. Dos procedimientos a base de ácido sulfúrico (H_2SO_4), dos con ácido clorhídrico (HCl), uno con agua y uno testigo fueron comparados usando un modelo lineal con mediciones repetidas en el tiempo y contrastes ortogonales. El H_2SO_4 y HCl aumentaron la germinación ($P < 0.05$) en relación con el testigo, en las semillas con 1, 2, 3, 6 y 9 años

de almacenamiento, siendo en términos generales mejor el H_2SO_4 , este tratamiento también aumentó la germinación ($P < 0.05$) de las semillas con 11 años de almacenamiento. El resto de las semillas no presentó diferencias ($P > 0.05$) entre los procedimientos. El realizado con agua tuvo una germinación nula. Se concluye que los llevados a cabo con H_2SO_4 y HCl son recomendables para romper la latencia de semillas con tiempos de almacenamiento entre 1 y 11 años, siendo mejor la respuesta con H_2SO_4 .

ABSTRACT

Palabras clave: Cactaceae; *Ferocactus townsendianus*; germinación; tratamientos de escarificación; almacenamiento de semilla.

Keywords: Cactaceae; *Ferocactus townsendianus*; germination; scarification treatments; seed storage.

Recibido: 9 de enero de 2019 Aceptado: 3 de octubre de 2019

* Departamento de Ciencia Animal y Conservación del Hábitat, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5, La Paz, C. P. 23080, Baja California Sur, México. Correo electrónico: guillen@uabcs.mx; jlvilla@uabcs.mx; rortega@uabcs.mx; palacios@uabcs.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2497-7540>; <http://orcid.org/0000-0001-8609-8325>; <http://orcid.org/0000-0002-3718-9439>; <http://orcid.org/0000-0002-4726-4164>

** Centro de Investigación Regional del Noroeste campo experimental Todos Santos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Agricultura s/n, Col. Emiliano Zapata, C. P. 23070, La Paz, B. C. S., México. Correo electrónico: avalos.raul@inifap.gob.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3953-1444>

✉ Autor para correspondencia

This study evaluated the effect of storage time and six scarification treatments on seed germination of *Ferocactus townsendianus*. Two treatments based on sulfuric acid (H_2SO_4), two with hydrochloric acid (HCl), one with water and one as control group, were compared using a linear model with repeated measurements over time and orthogonal contrasts. H_2SO_4 and HCl increased germination ($P < 0.05$) in relation to the control, in seeds with 1, 2, 3, 6 and 9 years of storage, H_2SO_4 being generally better, this treatment also increased germination ($P < 0.05$) of the seeds with 11 years of storage. The rest of the seeds did not show differences ($P < 0.05$) between the treatments. The water treatment had zero germination. It is concluded that treatments with H_2SO_4 and HCl are recommended to break seed dormancy with storage times between 1 and 11 years, the response with H_2SO_4 being better.

INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son una familia interesante debido a las variadas adaptaciones que han desarrollado para permanecer en hábitats con condiciones extremas de aridez y a que el número de especies oscila entre 1,500 y 2,000, distribuidas desde el norte de Canadá hasta la Patagonia en Argentina (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes, 2000). Algunos autores (Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000; Hernández & Godínez, 1994) coinciden en que la mayor concentración de cactáceas está en México con un total de 48 géneros y 563 especies reconocidas, de los cuales 15 tienen una distribución geográfica restringida y 20 son casi endémicos, mencionando que los principales centros de distribución son el desierto de Chihuahua, desierto de Sonora (Sonora, Baja California y Baja California Sur), en el Tehuacán Cuicatlán y Valles (Puebla y Oaxaca), en la región mixteca (Puebla y Oaxaca), en el sur extremo del Istmo de Tehuantepec (Oaxaca) y en la cuenca del Balsas (Guerrero y Michoacán), se continúa explorando esta familia encontrando nuevos especímenes en regiones inesperadas (Scheinvar, Olalde-Parra, & Gallegos-Vázquez, 2015).

Las cactáceas en México son un grupo representativo de las zonas áridas que actualmente presenta problemas de conservación debido a la sobreexplotación y el saqueo de los que han sido objeto en todo el país (Meza-Rangel, Tafuya, Lindig-Cisneros, Sigala-Rodríguez, & Pérez-Molphe-Balch, 2014). Son más vulnerables en las fases de crecimiento y establecimiento de las plántulas, ya que pueden verse afectadas por el estrés ambiental, la competencia, la depredación y las enfermedades (Sánchez-Soto, Reyes-Olivas, García-Moya, & Terrazas, 2010), a lo anterior hay que agregar una distribución geográfica restringida, ciclos de vida largos y bajas tasas de crecimiento (Godínez-Álvarez, Valverde, & Ortega-Baes, 2003; Hernández & Godínez, 1994).

La forma, el tamaño y características estructurales de la semilla son las que definen a los diferentes géneros de cactáceas (Barthlott & Hunt, 2000; Sánchez-Salas, Flores, & Martínez-García, 2006). Considerar las características inherentes a la semilla, como la generación o no de bancos en el suelo, el tamaño, el peso, la edad, la densidad y la dureza son factores que tienen que ver con la germinación, el establecimiento de las plántulas y la morfología de las cactáceas (Ayala Cordero, Terrazas, López Mata,

& Trejo, 2004; Flores, Jurado, & Jiménez-Bremont, 2008; Flores-Martínez, Manzanero-M., Rojas-Aréchiga, Mandujano, & Golubov, 2008a; Flores-Martínez, Manzanero-M., Rojas-Aréchiga, Mandujano, & Golubov, 2008b).

Las condiciones favorables para el establecimiento de las cactáceas debe ser una combinación definida de luz, temperatura y humedad del suelo (Flores, Jurado, & Arredondo, 2006), condiciones que pueden no ocurrir todos los años (De la Barrera & Nobel, 2003), también influyen la latencia en las semillas y la forma de romperla, el tamaño y la competencia entre las mismas y el efecto del tiempo de almacenamiento (Flores & Jurado, 2011). Ayala Cordero et al. (2004) mencionan que las semillas recién cosechadas germinan mejor que las almacenadas; sin embargo, Flores et al. (2008) mencionan que hay especies que lo hacen en mayor porcentaje después de un tiempo de almacenamiento. Algunas semillas solo requieren de humedad y luz, mientras que otras necesitan escarificación (Navarro Carbajal, Saldívar Sánchez, & Eliosa León, 2010). Se han hecho numerosos trabajos sobre cactáceas para evaluar el efecto de diferentes tratamientos de luz, temperatura y escarificación (Álvarez Aguirre & Montaña, 1997; Bárcenas-Argüello, López-Mata, Terrazas, & García Moya, 2013; Méndez, 2011; Rojas-Aréchiga, Mandujano, & Golubov, 2013; Ruiz González, Rojas Aréchiga, & Mandujano, 2011; Sánchez-Soto et al., 2010).

La edad de la semilla tiene sin duda influencia en la tasa de germinación (Flores & Jurado, 2009). Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes (2000) mencionan que la escarificación con ácido giberélico ($C_{19}H_{22}O_6$) puede incrementar el porcentaje de germinación en algunas cactáceas. La de semillas de la especie *Mammillaria zephyranthoides* requiere una escarificación ácida con ácido sulfúrico (H_2SO_4) por 5 min, lo que resulta en un aumento en el porcentaje del proceso germinativo en comparación con el agua a 50 °C por 5 min (Navarro Carbajal, Cervantes Olvera, & Lázaro Castellanos, 2008), lo que sugiere que probablemente las semillas requieran pasar por el tracto digestivo de algún herbívoro para generar nuevas plántulas (Navarro Carbajal & Juárez Tentle, 2006).

Sin embargo, en especies como *Mammillaria pectinifera* y *Ferocactus robustus*, los tratamientos con escarificación con H_2SO_4 , agua, estimuladores

de germinación como el $C_{19}H_{22}O_6$ e inhibidores de letargo a bajas temperaturas ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$ por una semana), no favorecen la germinación (Navarro Carbajal & González, 2007). Navarro et al. (2008) mencionan que en semillas de la especie *Mammillaria hamata*, tratadas con H_2SO_4 por 2 min y sumergidas en Tween por 3 min, obtuvieron 100% de germinación contra 90% para las semillas tratadas con agua y las testigo, y en semillas de la especie *Mammillaria sphacelata* lograron 92% de germinación con agua a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 y 4 min, contra 83% en semillas tratadas con H_2SO_4 y 78% en semillas testigo; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ($P > 0.125$).

Las semillas de las especies *F. robustus* (Navarro Carbajal & González, 2007) y *Ferocactus latispinus* (Álvarez Aguirre & Montaña, 1997) al recibir escarificación ácida no mejoran la germinación, por lo que se infiere que no requieren del paso por el tracto gastrointestinal de los herbívoros para germinar. En virtud de lo anterior, se plantea la hipótesis de que las semillas de *F. townsendianus* no responden a los tratamientos de escarificación ácidos, así como que requieren de un proceso de almacenamiento para mejorar su germinación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad de la semilla y diferentes tratamientos de escarificación en la germinación de *F. townsendianus* Britton & Rose.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Manejo de Pastizales, Universidad Autónoma de Baja California Sur, ubicado en $24^{\circ} 06' 19''$ N y $110^{\circ} 18' 51''$ O. De los ejemplares de biznaga (*F. townsendianus* Britt & Rose) existentes en la universidad se ha almacenado semilla desde el año 2000, colectándose los frutos maduros, los cuales son cortados en secciones y puestos a secar al sol, la semilla es separada de la basura y colocada en bolsas de plástico y después en frascos de vidrio para su almacenamiento a la temperatura ambiente del laboratorio.

Las semillas usadas en el experimento fueron colectadas desde 2004 hasta 2015, a excepción de 2006. Fueron colocadas 20 semillas de apariencia sana en caja Petri con papel absorbente como sustrato (figura 1), con riego cada vez que tenía apariencia seca. Las cajas de Petri se colocaron en una mesa en el laboratorio a una temperatura de $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de 35%. Se utilizaron cinco repeticiones por fecha de siega.

Los tratamientos de escarificación usados fueron 1) Inmersión en H_2SO_4 durante 1 min, 2) inmersión en H_2SO_4 durante 2 min, 3) inmersión en ácido clorhídrico (HCl) a 1 N durante 1 h, 4) inmersión en HCl a 2 N durante 1 h, 5) inmersión en agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 5 min y 6) testigo.

Para la esterilización de las semillas se usó hipoclorito de sodio (NaOCl) a 25%, después se enjuagaron en agua y se secaron a temperatura ambiente. El experimento inició el 22 de mayo de 2015 con las lecturas de germinación diarias por la mañana durante 25 días, se consideró que tuvo lugar la germinación al aparecer la radícula. La temperatura en el laboratorio se registró por la mañana y por la noche.



Figura 1. Preparación de los tratamientos de escarificación en el laboratorio.

Fotografía del equipo de investigación.

Se midió la respuesta como el porcentaje de germinación por unidad experimental. Los tratamientos fueron analizados con un modelo lineal con mediciones repetidas en el tiempo y contrastes ortogonales para la comparación de tratamientos. Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS® y las gráficas se hicieron con Minitab 18®.

RESULTADOS

La germinación en respuesta al tratamiento de escarificación (T5) consistente en inmersión en agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 5 min fue de 0% en todos los años, por este motivo se excluyó de los resultados posteriores. Los porcentajes de germinación para cada uno de los contrastes utilizados dentro de cada año de almacenamiento se presentan en la tabla 1. En

ella se observa que en las semillas con 12 años de almacenamiento no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en ninguno de los contrastes. En el resto de los años de almacenamiento hubo diferencias ($P \leq 0.05$) en al menos uno de los contrastes.

En el contraste que compara los dos tratamientos a base de H_2SO_4 (T1 vs. T2) se puede observar que la germinación de semillas tratadas con dicho compuesto químico por 1 min (T1) fue superior ($P < 0.05$) a la de las tratadas con el mismo ácido por 2 min (T2) en las semillas con 6 y 11 años de almacenamiento; mientras que en las que tenían 2, 3, 4, 5 y 7 años de almacenamiento, la germinación con T2 fue mayor ($P < 0.05$) que en T1. En las semillas con 1, 8 y 12 años de almacenamiento no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre T1 y T2. Los tratamientos basados en HCl (T3 y T4) mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) a través de los años, la germinación de esas semillas a 2 N durante 1 h (T4) fue mayor ($P < 0.05$) que las sometidas al mismo tratamiento a 1 N durante 1 h (T3) en las semillas con periodos de almacenamiento de 1 a 4 años y de 7 a 9 años. En el resto de los años de almacenamiento no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ambos tratamientos.

Al comparar entre los tratamientos basados en H_2SO_4 (T1 y T2) y los tratamientos con base en HCl (T3 y T4), la germinación con H_2SO_4 fue mayor ($P < 0.05$) que la germinación con HCl en las semillas con 1, 2, 4, 7, 9 y 11 años de almacenamiento, y solo en las de 3 años la germinación fue mayor con el HCl; el resto de los años no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ambos ácidos.

El comportamiento de la germinación de los tratamientos con H_2SO_4 en relación con el testigo se presenta en la figura 2, ahí se puede observar que en las semillas con almacenamiento de 1, 2, 3, 6, 9 y 11 años al menos uno de los dos tratamientos con H_2SO_4 mejora la germinación ($P < 0.05$) hasta 50% en relación con el testigo, en el resto de los años no hay diferencias ($P > 0.05$).

El comportamiento de la germinación en respuesta a los tratamientos con HCl en relación con el testigo se muestra en la figura 3, en ella se puede observar que en las semillas con 1, 2, 3, 6 y 9 años de almacenamiento la germinación incrementa ($P < 0.05$) cuando se utiliza alguno de los dos tratamientos con HCl, el resto de los años no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 1

Porcentaje de germinación por años de almacenamiento para cada uno de los contrastes

Años	Contraste ($\bar{x} \pm E.E$)				
	T ₁ vs. T ₂ Tratamientos con H_2SO_4	T ₃ vs. T ₄ Tratamientos con HCl	T ₁ y T ₂ vs. T ₃ y T ₄ Comparación entre H_2SO_4 y HCl	T ₁ y T ₂ vs. T ₆ H_2SO_4 vs Testigo	T ₃ y T ₄ vs. T ₆ HCl vs Testigo
12	19.2±3.3 ^a vs 20.7±4.0 ^a	18.0±4.4 ^a vs 24.8±5.1 ^a	19.9±3.7 ^a vs 21.4±4.7 ^a	19.9±3.7 ^a vs 16.0±3.6 ^a	21.4±4.7 ^a vs 16.0±3.6 ^a
11	50.4±3.3 ^a vs 31.5±3.2 ^b	16.7±3.2 ^a vs 26.2±4.7 ^a	40.9±3.2 ^a vs 21.4±3.9 ^b	40.9±3.2 ^a vs 26.9±3.6 ^b	21.4±3.9 ^a vs 26.9±3.6 ^a
9	48.8±5.9 ^a vs 50.6±5.5 ^a	38.7±2.5 ^a vs 51.4±1.8 ^b	49.7±5.7 ^a vs 45.0±2.1 ^b	49.7±5.7 ^a vs 30.7±2.2 ^b	45.0±2.1 ^a vs 30.7±2.2 ^b
8	59.5±6.3 ^a vs 54.5±3.3 ^a	50.7±6.1 ^a vs 64.4±6.5 ^b	57.0±4.8 ^a vs 57.5±6.3 ^a	57.0±4.8 ^a vs 48.4±5.2 ^a	57.5±6.3 ^a vs 48.4±5.2 ^b
7	45.3±3.3 ^a vs 68.9±1.6 ^b	36.5±3.5 ^a vs 62.8±6.5 ^b	57.1±2.5 ^a vs 49.7±5.0 ^b	57.1±2.5 ^a vs 60.0±6.5 ^a	49.7±5.0 ^a vs 60.0±6.5 ^a
6	26.1±4.4 ^a vs 20.4±3.5 ^b	23.3±3.0 ^a vs 29.5±2.9 ^a	23.3±3.9 ^a vs 26.4±2.9 ^a	23.3±3.9 ^a vs 18.5±2.1 ^a	26.4±2.9 ^a vs 18.5±2.1 ^a
5	46.1±3.7 ^a vs 56.7±2.8 ^b	52.1±4.7 ^a vs 50.1±5.6 ^a	51.4±3.3 ^a vs 51.1±5.2 ^a	51.4±3.3 ^a vs 42.9±4.8 ^a	51.1±5.2 ^a vs 42.9±4.8 ^a
4	36.1±4.2 ^a vs 44.3±3.2 ^b	24.9±2.6 ^a vs 39.5±4.1 ^b	40.2±3.7 ^a vs 32.2±3.4 ^b	40.2±3.7 ^a vs 37.7±3.9 ^a	32.2±3.4 ^a vs 37.7±3.9 ^a
3	35.6±4.1 ^a vs 49.9±2.2 ^b	39.9±2.7 ^a vs 53.1±5.3 ^b	42.7±3.2 ^a vs 46.5±4.0 ^b	42.7±3.2 ^a vs 38.5±3.7 ^a	46.5±4.0 ^a vs 38.5±3.7 ^a
2	38.4±3.9 ^a vs 45.9±5.0 ^b	22.4±3.2 ^a vs 33.1±4.3 ^b	42.1±4.5 ^a vs 27.7±3.8 ^b	42.1±4.5 ^a vs 25.3±2.9 ^b	27.7±3.8 ^a vs 25.3±2.9 ^a
1	37.7±4.2 ^a vs 41.7±5.5 ^a	15.9±3.5 ^a vs 21.2±2.6 ^b	39.7±4.8 ^a vs 18.5±3.1 ^b	39.7±4.8 ^a vs 6.7±0.8 ^b	18.5±3.1 ^a vs 6.7±0.8 ^b

Nota: Valores con diferente literal dentro de la columna y año indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

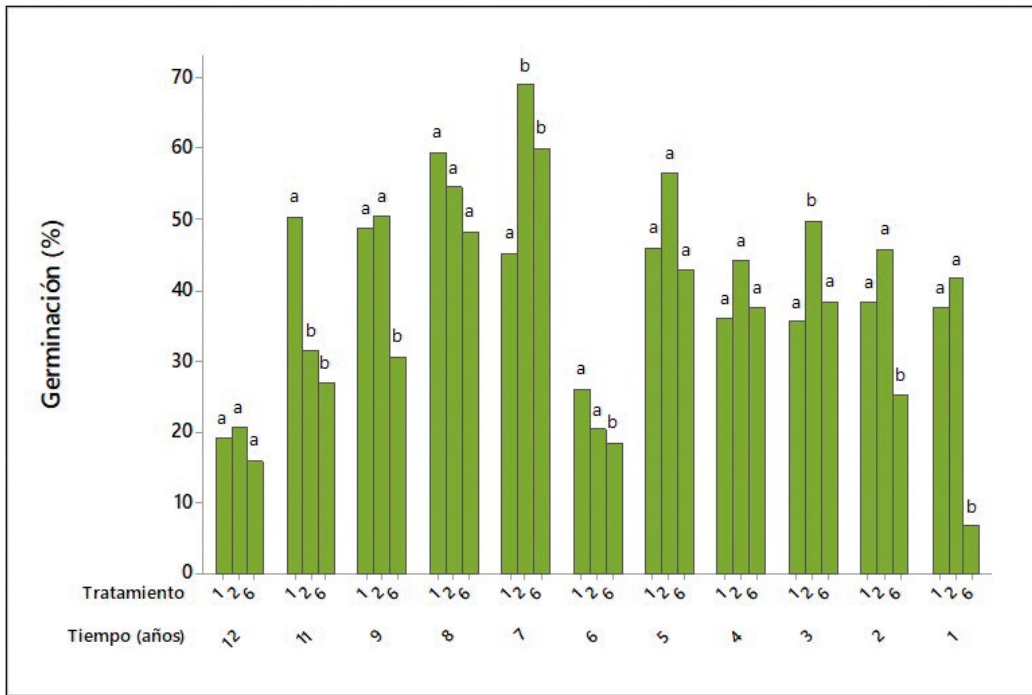


Figura 2. Efecto del uso de H₂SO₄ a 1 y 2 min de inmersión (T1 y T2, respectivamente) en relación con el testigo (T6) sobre la germinación de semilla de biznaga (*F. townsendianus*) a diferente tiempo de almacenamiento.

Elaboración propia.

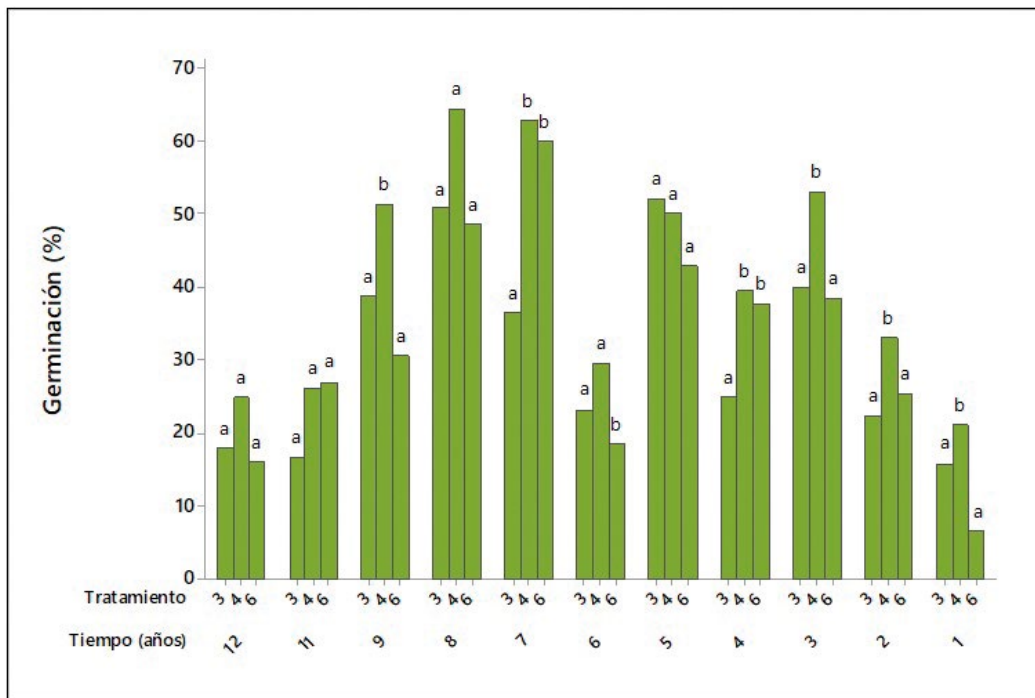


Figura 3. Efecto del uso de HCl a 1N y 2N (T3 y T4) en relación con el testigo (T6) sobre la germinación de semilla de biznaga (*F. townsendianus*) a diferente tiempo de almacenamiento.

Elaboración propia.

DISCUSIÓN

En este trabajo no hubo efecto del tratamiento con agua caliente; sin embargo, algunos autores (Méndez Natera, Ysavit Marcano, & Merazo, 2007) indican que la inmersión en agua caliente durante un tiempo relativamente corto podría utilizarse para predecir la viabilidad de las semillas, no obstante que estos procedimientos presentaron una disminución de la germinación a medida que aumentaban los tiempos de inmersión en agua. González y Mendoza (2008) concluyen que la aplicación de agua a 80 °C por 2 min produjo incrementos significativos en la germinación con respecto a la semilla sin tratar.

Independientemente de las especies es recomendable el uso de tratamientos de escarificación para aumentar la germinación de las especies (Abril-Saltos, Ruiz-Vásquez, Alonso-Lazo, & Cabrera-Murillo, 2017), tal como se muestra en este estudio (figuras 2 y 3) y que concuerda con lo reportado por González, Quiroz, García y Gutiérrez (2008) y Navarro Carbajal et al. (2008); sin embargo, de lo que no se tiene evidencia es del efecto de estos tratamientos sobre semillas almacenadas por largo tiempo.

El uso de HCl presenta resultados variables de germinación dependiendo de los tiempos de inmersión y de la especie tratada, este estudio mostró de manera consistente un comportamiento superior en la concentración 2N independientemente del tiempo de almacenamiento (figura 3); sin embargo, fue a los 7 y 8 años de almacenamiento en donde se observaron los valores más altos (63 y 64%, respectivamente), lo cual contrasta con lo obtenido por Basáñez-Muñoz et al. (2011) y Sánchez-Villegas y Rascón-Chu (2017), quienes encontraron valores muy bajos de germinación (13 y 35-46%, respectivamente), aunque el tiempo de inmersión en este ácido puede ser el causante de nivel de germinación encontrado (Villarreal Garza et al., 2013).

Las figuras 2 y 3 muestran que el uso de químicos es una buena alternativa de escarificación, en seis de las 11 fechas evaluadas se observó que el H₂SO₄ indica valores más altos, esto coincide con lo obtenido por Orozco-Cardona, Franco-Herrera y Taborda-Beltrán (2010); no obstante, el uso del HCl da resultados aceptables para el objetivo de este estudio.

Al comparar los tratamientos químicos contra el testigo (figuras 2 y 3) se observó una diferencia altamente significativa, donde se advierte que independientemente del tiempo de almacenamiento se puede incrementar la germinación arriba de 50%, como es el caso de las semillas almacenadas por 1, 2, 6, 8, 9 y 11 años. La significancia encontrada en este estudio contrasta con una investigación previa (Guillén Trujillo, Espinoza Villavicencio, Ortega Pérez, Ávila Serrano, & Palacios Espinosa, 2014) en la que no se encontraron diferencias entre las edades de las semillas sobre el porcentaje de germinación, por lo que la diferencia significativa encontrada en este trabajo puede ser inducida por el tratamiento de escarificación.

Otros autores (Bárceñas-Argüello et al., 2013) reportan que el tiempo que pasa entre la recolección y la siembra debe ser mínimo, porque las semillas sufren cambios durante el almacenamiento; no obstante, en estos trabajos las semillas no fueron sometidas a tratamientos de escarificación. Flores & Jurado (2011) comentan que hay tres patrones de germinación con el paso del tiempo: a) las semillas pierden viabilidad al año, b) las semillas permanecen viables y germinan de manera similar hasta por dos años y c) la germinación aumenta en semillas de 1 y 2 años de edad al romperse la latencia, por lo que nuestros resultados podrían encuadrarse en el tercero de los patrones descritos por estos autores, solo que a un periodo de edad de aproximadamente 7.5 años.

En los resultados del presente trabajo hubo diferencias entre los tratamientos para las semillas con 1 a 11 años de almacenamiento, pero otros investigadores (Navarro Carbajal & González, 2007; Navarro Carbajal, Cervantes Olvera, & Lázaro Castellanos, 2008) no observaron diferencias en la germinación al aplicar los tratamientos de escarificación a *Mamillaria* y *F. robustus*, respectivamente.

CONCLUSIONES

La información obtenida es relevante al indicar que la semilla de *F. townsendianus* puede germinar después de varios años de almacenamiento, con mayor intensidad entre los 7 y 8, lo que sugiere que las semillas de esta especie requieren ese proceso para mejorar su germinación.

El tratamiento de escarificación con base en agua caliente no dio resultado en el presente trabajo; sin embargo, en aquellos cuya base fueron ácidos (H_2SO_4 y HCl) aumentaron la germinación

con diferentes lapsos de almacenamiento. Los tratamientos con H_2SO_4 presentaron mayor germinación que los que tuvieron HCl en la mayoría de años de almacenamiento evaluados.

REFERENCIAS

- Abril-Saltos, R., Ruiz-Vásquez, T., Alonso-Lazo, J., & Cabrera-Murillo, G. (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703-717.
- Álvarez Aguirre, M. G., & Montaña, C. (1997). Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: Implicaciones para su conservación. *Acta Botánica Mexicana*, 40, 43-58.
- Ayala Cordero, G., Terrazas, T., López Mata, L., & Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29(12), 692-697.
- Bárcenas-Argüello, M. L., López-Mata, L., Terrazas, T., & García Moya, E. (2013). Germinación de tres especies de *Cephalocereus* (Cactaceae) endémicas del Istmo de Tehuantepec, México. *Polibotánica*, 36, 105-116.
- Barthlott, W., & Hunt, D. (2000). Seed-diversity in the Cactaceae subfamily Cactoideae. En *Succulent Plant Research* (Vol. 5, pp. 1-173). David Hunt (publicado de manera privada).
- Basáñez-Muñoz, A. J., Domínguez-Barradas, C., Serrano-Solís, A., González-Gándara, C., Carmona Díaz, G., & Cruz-Martínez, M. (2011). Germinación de semillas de *Conocarpus erectus* var. *sericeus* E. Forst. ex dc. en condiciones de laboratorio. *Polibotánica*, 31, 61-70. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100005&lng=es&tlng=e.
- De la Barrera, E., & Nobel, P. S. (2003). Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *Journal of Arid Environments*, 53(3), 297-306.
- Flores, J., & Jurado, E. (2009). Efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Isolatocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans*, cactáceas columnares endémicas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(1), 141-144.
- Flores, J., & Jurado, E. (2011). Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8), 59-70.
- Flores, J., Jurado, E., & Arredondo, A. (2006). Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Science Research*, 16, 149-155. doi: 10.1079/SSR2006242
- Flores, J., Jurado, E., & Jiménez-Bremont, J. F. (2008). Breaking seed dormancy in specially protected *Turbincarpus lophophoroides* and *Turbincarpus pseudopectinatus* (Cactaceae). *Plant. Species Biology*, 23(1), 43-46. doi: 10.1111/j.1442-1984.2008.00206.x
- Flores-Martínez, A., Manzanero-M., G. I., Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M. C., & Golubov, J. (2008a). Seed age germination responses and seedling survival of an endangered cactus that inhabits cliffs. *Natural Areas Journal*, 28, 58-64.
- Flores-Martínez, A., Manzanero-M., G. I., Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M. C., & Golubov, J. (2008b). Importancia de la latencia de las semillas para la conservación de una cactácea endémica de Oaxaca, México. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 53(4), 115-122.
- Godínez-Álvarez, H., Valverde, T., & Ortega-Baes, P. (2003). Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review*, 69(2), 173-201.
- Gómez-Hinostrosa, C., & Hernández, H. M. (2000). Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodiversity & Conservation*, 9(3), 403-418.
- González, Y., & Mendoza, F. (2008). Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y Forrajes*, 31(1), 47-52.
- González, M., Quiroz, I., García, E., & Gutiérrez, B. (2008). Escarificación química con ácido sulfúrico como tratamiento pregerminativo para semillas de toromiro (*Sophora toromiro* Skottsb.). *Ciencia e Investigación Forestal*, 14(1), 111-118.

- Guillén Trujillo, A., Espinoza Villavicencio, J. L., Ortega Pérez, R., Ávila Serrano, N. Y., & Palacios Espinosa, A. (2014). Efecto del tiempo de almacenamiento de la semilla en la germinación y sobrevivencia de *Ferocactus townsendianus* Britt & Rose. *Interciencia*, 39(10), 732-735.
- Hernández, H. M., & Godínez A., H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*, 26, 33-52.
- Méndez, E. (2011). Efecto de la temperatura, escarificación y concentraciones de calcio en la germinación de *Gymnocalycium schickendantzii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose (Cactaceae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 103-109.
- Méndez Natera, J. R., Ysaviñ Marcano, L., & Merazo, J. (2007). Uso del agua caliente para evaluar la calidad de semillas de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Tecnológica ESPOL*, 20(1), 229-236.
- Meza-Rangel, E., Tafoya, F., Lindig-Cisneros, R., Sigala-Rodríguez, J. J., & Pérez-Molphe-Balch, E. (2014). Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botánica Mexicana*, 108, 67-80.
- Navarro Carbajal, M. C., Cervantes Olvera, G., & Lázaro Castellanos, J. O. (2008). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de *Mammillaria*. *Zonas Áridas*, 12(1), 97-105.
- Navarro Carbajal, M. C., & González, E. M. (2007). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación y crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose (Cactaceae). *Zonas Áridas*, 11(1), 195-205.
- Navarro Carbajal, M. C., & Juárez Tentle, M. S. (2006). Evaluación de algunos parámetros demográficos de *Mammillaria zephyranthoides* en Cuautinchán, Puebla, México. *Zonas Áridas*, 10(1), 74-83.
- Navarro Carbajal, M. C., Saldívar Sánchez, S., & Eliosa León, H. R. (2010). Efecto de la escarificación y de la edad de semillas en la germinación de *Mammillaria mystax*. *Zonas Áridas*, 14(1), 196-205.
- Orozco-Cardona, A. F., Franco-Herrera, N., & Taborda-Beltrán, L. A. (2010). Evaluación de tres métodos de escarificación en semillas de algarrobo (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 20, 36-41.
- Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M. C., & Golubov, J. K. (2013). Seed size and photoblastism in species belonging to tribe Cacteeae (Cactaceae). *Journal of Plant Research*, 126(3), 373-386.
- Rojas-Aréchiga, M., & Vázquez-Yanes, C. (2000). Cactus seed germination: A review. *Journal of Arid Environments*, 44(1), 85-104.
- Ruiz González, S. P., Rojas Aréchiga, M., & Mandujano, M. C. (2011). Descripción morfológica y germinación de las semillas de *Echinomastus unguispinus*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 56(2), 36-44.
- Sánchez-Salas, J., Flores, J., & Martínez-García, E. (2006). Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire. (CACTACEAE), especie amenazada de extinción. *Interciencia*, 31(5), 371-375.
- Sánchez-Soto, B., Reyes-Olivas, A., García-Moya, E., & Terrazas, T. (2010). Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. *Interciencia*, 35(4), 299-305.
- Sánchez Villegas, A., & Rascón-Chu, A. (2017). Efecto de la escarificación química y del ácido giberélico en la germinación de *Mammillaria mainiae*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 62(1), 4-12.
- Scheinvar, L., Olalde-Parra, G., & Gallegos-Vázquez, C. (2015). Una nueva especie del género *Opuntia* (Cactaceae) para el estado de Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 93(1), 33-39.
- Villarreal Garza, J. A., Rocha Estrada, A., Cárdenas Ávila, M. L., Moreno Limón, S., González Álvarez, M., & Vargas López, V. (2013). Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Phyton*, 82(2), 169-174. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572013000200003&lng=es&tlng=pt