

# Efecto de la Escarificación de Semillas en la Germinación y Crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose (Cactaceae)

MARÍA DEL CARMEN NAVARRO\*, EVA MARÍA GONZÁLEZ

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA. PUEBLA, MÉXICO.

(\*)Email: mcnavarr@siu.buap.mx

## RESUMEN

En Tecamachalco, Puebla, la población de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose por su importancia económica y cultural ha disminuido. Estudiar la germinación y crecimiento de sus plántulas, contribuirá a su preservación. Se comparó la germinación de semillas con diferentes tratamientos de escarificación, además de determinar la altura y diámetro de las plántulas. El experimento se realizó en noviembre de 2006, se utilizaron semillas rojas y negras obtenidas de frutos colectados en septiembre de 2004 en Tecamachalco. Los tratamientos fueron: 1) Ácido sulfúrico 1, 1,5 y 3 min, 2) Agua a 50°C por 5 y 10 min, 3) Ácido giberélico y 4) Temperatura baja (4°C/1semana). Se colocaron charolas con 40 semillas de cada tipo y se registró la germinación por 30 días. Para evaluar la tasa de crecimiento de las plántulas se seleccionaron al azar 25 por tratamiento y se midió la altura y diámetro cada semana. Sólo se obtuvieron datos para las semillas rojas pues las negras no germinaron.

La germinación fluctuó entre 70 y 90%, la escarificación no afectó a la germinación; pero si determinó el tamaño de las plántulas. Los valores promedio mayores de diámetro y altura se obtuvieron al exponer las semillas a 4°C/1 semana y a ácido sulfúrico/1.5 min.

Palabras clave. Escarificación, Temperatura, Germinación, Ácido giberélico, Semillas.

## ABSTRACT

Because of its economic and cultural importance, the population of *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose in Tecamachalco, Puebla, Mexico, has diminished. By studying the germination of the seeds and the growth of the seedlings, we hope to contribute to their conservation. The germination of seeds with different scarification treatments was compared, and the height and diameter of the seedlings was determined. The experiment was done in november 2006, using black and red seeds obtained from fruits collected in september 2004 in Tecamachalco. The treatments were as follows: 1) Sulphuric Acid, 1, 1,5 and 3 minutes, 2) Water at 50° C for five and ten minutes, 3) Gibberelic Acid and 4) low temperature (4°C for a week). 40 seeds of each kind were placed on trays and the germination evaluated for 30 days. To evaluate the growth rate of the seedlings, 25 were randomly selected per treatment and the height and diameter were

*measured each week; only the red seeds germinated. Germination varied from 70% to 90% and scarification did not affect it; whereas seedlings size was determined by scarification. The highest average values of diameter and height were obtained exposing seeds to 4° C for a week and sulphuric acid for 1,5 minutes.*

*Key words: Scarification, Temperatures, Germination, Gibberelic Acid, Seeds.*

La familia de las Cactáceas, comprende aproximadamente 2000 especies, es endémica de América, prevalecen en las zonas áridas y semiáridas, pero también crecen en áreas subtropicales y en las tropicales húmedas, donde algunas viven como epífitas (Bravo-Hollis & Scheinvar, 1995).

En México esta familia agrupa alrededor de 66 géneros y 850 especies de los cuales el 80% son endémicas (Bravo-Hollis & Scheinvar, 1995), un ejemplo es el género *Ferocactus*, cuyas plantas se caracterizan por notables espinas y debido a esto se les denomina como cactus feroz (Anderson, 2001).

Se han realizado numerosos trabajos acerca del efecto de diferentes tratamientos para la germinación de semillas en cactáceas. Corona & Chávez (1982), estudiaron en semillas de *Echinocactus grandis* y *E. grusonii* el efecto de un tratamiento pregerminativo con ácido sulfúrico concentrado y posteriormente sometidas a Nitrato de potasio al 0,2 % teniendo como resultado una ligera disminución en el tiempo de obtención de plántulas.

Por su parte Godínez (1991) estudió en ocho especies de cactáceas el efecto del ácido clorhídrico a diferentes concentraciones y observó que la inmersión en el ácido le permitió obtener porcentajes de germinación altos. En contraste Álvarez & Montaña (1997) observaron que la inmersión de semillas en ácido clorhídrico de *Cephalocereus chrysacanthus*, *Cephalocereus hoppenstedtii*, *Ferocactus latispinus*, *Stenocereus stellatus* y *Wilcoxia viperina*, no influyó de manera significativa en los porcentajes de germinación.

Para el género *Ferocactus* se han realizado estudios sobre factores de germinación y crecimiento. Del Castillo (1986) observó que las semillas de *Ferocactus histrix* requieren de luz para germinar; sin embargo, en sitios muy expuestos a la luz, la desecación del terreno impide la imbibición de las semillas, por esto explica que *F. histrix* tiene selectividad por terrenos pedregosos donde exista luz suficiente y sombra.

Dubrovsky (1996, 1998) realizó estudios en el Desierto de Sonora sobre la germinación de las semillas de *Ferocactus peninsulæ*, *Stenocereus thurberi* y *Pachycereus pecten-aborigenum* bajo condiciones controladas, someténdolas a ciclos de hidratación – deshidratación de diferente duración, obteniendo una germinación más rápida y con mayor acumulación de biomasa que las semillas no tratadas.

Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes (2000) observaron que la germinación de las semillas de *Ferocactus glaucescens* ocurre en un rango de 15–35 y 40°C.

En México *Ferocactus robustus* se distribuye en Puebla y Morelos; los frutos de las plantas de esta especie son consumidos frescos, batidos en agua como refresco, en paletas, encurtidos y como botanas (Bravo – Hollis y Scheinvar, 1995). Además los individuos de sus poblaciones

poseen escasa regeneración después de un evento de perturbación (Huerta & Escobar, 1998; Figura 1).

En Tecamachalco, Puebla, las plantas de *Ferocactus robustus* por su importancia económica y cultural cada día disminuyen en número y área de distribución, debido a que se usan como combustible o que son cubiertas con piedras por creencias religiosas. Realizar estudios para determinar los requerimientos fisiológicos acerca de la germinación de semillas y establecimiento de plántulas, será una contribución a su preservación. El objetivo del trabajo fue comparar la germinación de semillas de *Ferocactus robustus* sometiénolas a diferentes tratamientos de escarificación; así como, determinar si existía variación entre la altura y diámetro de las plántulas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas que se utilizaron para las pruebas de germinación se obtuvieron de frutos de *Ferocactus robustus* colectados en septiembre de 2004, en una población localizada en el cerro de San Mateo Tlaixpan, Tecamachalco, Puebla.

En noviembre de 2006 se sometieron semillas rojas y negras a los siguientes tratamientos: I.- Testigo II.- Ácido sulfúrico/1 min, III.-Ácido sulfúrico/1,5 min, IV.-Ácido sulfúrico/3 min, V.- Agua a 50°C/5 min, VI.- Agua a 50°C/10 min, VII.- Temperatura (4°C/1 semana) y VIII.- Ácido giberélico (Gibiotin 101) al 10%. Se utilizaron cuarenta unidades experimentales que contenían ochenta semillas (40 rojas y 40 negras), para cada tratamiento se usaron cinco réplicas.

Las semillas se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio (Cloralex) al 70% durante 1 min, después se enjuagaron en agua destilada, se les aplicó el tratamiento correspondiente; se enjuagaron nuevamente en agua destilada y se introdujeron en una solución de 20 gr/l de fungicida (Captan) durante 1 min para evitar la proliferación de hongos. Se sembraron 40 semillas de cada color con ayuda de pinzas en charolas de plástico de 14x14 cm, las cuales contenían sustrato constituido por tierra de hoja, cacahuatillo, arena y peat moss en proporción 2:1:1:1. Dicho sustrato fue esterilizado previamente en horno de microondas durante 10 min.

Las charolas fueron llevadas al invernadero de la Colección de Cactáceas y Suculentas de Puebla "Helia Bravo-Hollis" de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Durante 5 semanas se revisaron diariamente y se registró el número de semillas que germinaron.

Para evaluar la variación de crecimiento de las plántulas obtenidas en cada tratamiento, en enero de 2007 se seleccionaron al azar 25, fueron colocadas en charolas de plástico de 15x15 cm que contenían el mismo sustrato utilizado para la germinación y se midió su altura y diámetro cada semana durante dos meses con un vernier digital.

El sustrato se regó a capacidad de campo cada tercer día en ambos experimentos.

Con el fin de evaluar el efecto de la escarificación a los datos de germinación obtenidos como porcentajes se les realizó una transformación angular para cubrir los supuestos de normalidad y se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA).

Para determinar la variación en altura y diámetro de las plántulas con respecto al tiempo se efectuó un ANOVA en un diseño de bloques de medidas repetidas, además de estimar las diferencias entre los promedios de altura y diámetro de las plántulas por medio de una prueba de Tukey. El análisis de datos se efectuó con el programa Statistica ver. 6.

## RESULTADOS

De las 40 semillas negras que se colocaron en cada una de las cinco réplicas para los ocho tratamientos de escarificación ninguna germinó, por lo que sólo se presentan los datos obtenidos para las semillas rojas.

Después de una semana de haber sembrado las semillas en todos los tratamientos se registró un porcentaje promedio de germinación por lo menos de 50% a excepción del de agua a 50°C/5 min donde sólo se obtuvo 2% de germinación (Figura 2).

Al final del experimento el promedio máximo de germinación de las semillas de *F. robustus* fue de 93% y se observó en el tratamiento de inmersión en ácido sulfúrico durante 1,5 min; mientras que, el mínimo fue registrado al colocar las semillas en agua a 50°C por 5 min (82%) (Figura 3).

El análisis de datos mostró que los tratamientos de escarificación no afectaron la germinación de las semillas de *F. robustus* ( $F=0,965$ ,  $p=0,474$ )

La altura de las plántulas se incrementó de manera paulatina en todos los tratamientos, se registró una diferencia mínima de 5,5 y la máxima de 7 mm entre los valores promedio registrados inicialmente y los observados a las ocho semanas. Después de dos meses las plántulas de menor promedio (11,23 mm) fueron las que se obtuvieron del tratamiento de agua a 50°C/5 min; mientras que, las obtenidas del de ácido sulfúrico/1,5 min registraron el mayor (14 mm, Figura 4). Los datos mostraron variación por efecto de tratamiento ( $F=13,05$ ,  $p=0,00$ ; Figura 5).

Los tamaños menores se obtuvieron al sumergir las semillas en agua a 50°C por 5 min; en contraste las plántulas que presentaron las mayores tallas se obtuvieron en el tratamiento de ácido sulfúrico por 1,5 min y en el de temperatura (4°C/1 semana, Cuadro 1).

El diámetro de las plántulas mostró diferencias mínimas de 2,6 y máximas de 3,4 cm entre los valores promedio registrados inicialmente y los observados a las ocho semanas, después de este tiempo el promedio menor (6,19 mm) se obtuvo para las del tratamiento de agua a 50°C/5 min; mientras que, el mayor (7,6 mm) fue registrado para las de ácido sulfúrico/1 min (Figura 6).

La escarificación de las semillas determinó el diámetro de las plántulas ( $F=6,161$ ,  $p=0,00$ ; Figura 7). Las plántulas obtenidas del tratamiento de agua 50°C/5 min y del testigo muestran menores alturas seguidas de las obtenidas con ácido sulfúrico/3 min, agua 50°C/10 min y ácido giberélico, finalmente las mayores se observaron al someter las semillas a ácido sulfúrico/1 min, ácido sulfúrico/1,5 min y 4°C/1 semana (Cuadro 2).

## DISCUSIÓN

El tiempo de germinación de las semillas de *F. robustus* en todos los tratamientos de escarificación a que fueron sometidas fue de siete días, estos resultados son semejantes a los obtenidos para *Stenocereus beneckeii* y *Astrophytum myriostigma* cuyas semillas dependiendo de su peso y edad germinan en un período de 5 a 7 días (Ayala *et al.* 2004; Sánchez *et al.* 2006)

Escobar & Huerta (1999) mostraron que el paso de las semillas de *F. histrix* por el tracto digestivo de los herbívoros acelera la germinación en contraste con las obtenidas directamente del fruto.

Los resultados indican que los tratamientos de escarificación no influyen en los porcentajes de germinación obtenidos para *F. robustus* lo mismo sucede para *Ferocactus latispinus* y otras especies de Cactáceas como *Cephalocereus chrysacanthus*, *Cephalocereus hoppenstedtii*, *Stenocereus stellatus* y *Wilcoxia viperina* cuyas semillas fueron sumergidas en ácido clorhídrico (Álvarez & Montaña, 1997)

Piña (2000) mostró que existe una importante relación entre la longevidad y la pérdida de viabilidad de las semillas de *F. robustus* que se ve disminuida aproximadamente en un 50% en tan sólo un mes, lo anterior posiblemente sea la causa de que no hayan germinado las semillas negras, sin embargo este tal vez explica porque no germinaron las semillas negras, en contraste las rojas al parecer no pierden viabilidad con el tiempo pues después de dos años de permanecer almacenadas germinó el 88,5% de las semillas sin ningún tratamiento.

Para algunas especies de Cactáceas los porcentajes de germinación varían en función del tipo de escarificación química. En semillas de *Stenocereus griseus* se registró 69,3% de germinación al someterlas a Nitrato de potasio al 1%; otras especies como *Opuntia ficus indica*, *Cereus deficiens* y *Cereus hexagonus* con escarificación mecánica registraron porcentajes de germinación de 87,8, 87,2 y 79,8% respectivamente; en contraste en *Pilosocereus moritzianus* se observó 84% de germinación sin necesidad de escarificar las semillas (D'Auberrette *et al.*, 2006). Lo mismo sucede con *F. robustus* cuyos valores resultaron mayores de 82% independientemente del tratamiento de escarificación.

Esta pauta es semejante a la de otras especies de Cactáceas como *F. latispinus*, *Cephalocereus chrysacanthus*, *Cephalocereus hoppenstedtii*, *Stenocereus stellatus* y *Wilcoxia viperina* (Álvarez & Montaña, 1997) lo cual sugiere que las semillas de las mismas no requieren del paso por el tracto digestivo de los herbívoros para germinar.

Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes (2000) encuentran que las semillas de *Ferocactus glaucescens* germinan entre 15 y 40°C, para *F. robustus* observamos una germinación de 89,5% cuando fueron sometidas a 4°C/1 semana, lo anterior se debe posiblemente a que las semillas de estas especies son capaces de tolerar temperaturas extremas sin perder su capacidad de germinar.

El crecimiento de las plántulas de Cactáceas se ha mostrado que difiere por factores distintos como son someter semillas a ciclos de hidratación y deshidratación o escarificación química: para *Ferocactus peninsulæ*, *Stenocereus thurberi*, *Pachycereus pecten-aborigenum* los ciclos de hidratación y deshidratación generan plántulas con mayor biomasa (Dubrovsky, 1996),

En plántulas de *Eriosyce aurata*, obtenidas después de someter las semillas a escarificación con ácido sulfúrico al 95% durante 10 min, y sembradas en agar-agua y solución nutritiva (MS al 25%) mostraron tallas mayores sin cambiar su morfología (Garcés, 2003) de manera semejante para *F. robustus* la mayor altura de las plántulas se observó en las obtenidas del tratamiento de ácido sulfúrico por 1,5 min; con respecto al diámetro los mayores se registraron al escarificar las semillas con ácido sulfúrico por 1 min. Lo anterior sugiere que la escarificación química promueve el crecimiento de las plántulas de ambas especies Castillo y Navarro (2006) determinaron que la altura de las plántulas de *Mammillaria hamata* resultó tres veces mayor a los cinco meses de edad en sustrato compuesto por tierra de hoja, cacahuatillo y arena comparado con las del sustrato del hábitat de la especie, de la misma manera las semillas de *F. robustus* se colocaron en un sustrato con una composición semejante donde después de dos meses se obtuvieron alturas y diámetros promedio de las plántulas hasta de 11,19 y 6,19 mm respectivamente, los resultados anteriores sugieren que este sustrato puede ser utilizado para la siembra de semillas y obtención de plántulas de esta especie.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, E.F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, OR, EEUU.
- Álvarez, G. & C. Montaña. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de Cactáceas del Valle de Tehuacán: implicaciones para su conservación. *Act. Bot. Mex.* 40:43-58
- Ayala, C. G., Terrazas, T., López M. 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: 692-697 pp.
- Bravo-Hollis, H. & L. Scheinvar. 1995. *El interesante mundo de las Cactáceas*. CONACYT y Fondo de Cultura Económica. México D.F.
- Castillo, A. & M. C. Navarro (en prensa). 2006. Estudio preliminar sobre la germinación de *Mammillaria hamata* en Los Ángeles Tetela, Puebla.
- Corona N. V. & V. M. Chávez. 1982. Cultivo de cactáceas en medios asépticos. *Cact. Suc. Mex.* 27:17-22
- D'Auberrete, R; Z. Piñero; E. García & M. A. Figarella. 2006. Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de cinco especies de cactáceas (*Opuntia ficus indica*, *Pilosocereus moritzianus*, *Stenocereus griseus*, *Cereus deficiens* y *Cereus hexagonus*) del estado de Lara. Simposio - Taller Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA. Venezuela. 13-17 pp
- Del Castillo, RF. 1986. Semillas, germinación y establecimiento de *Ferocactus histrix*. *Cact. Suc. Mex.* 3:5-10
- Dubrovsky, J. G. 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *Am. Jour. Bot.* 83: 624-632.
- Dubrovsky, J. G. 1998. Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Jour. Bot. Soc.* 125:33-39.
- Escobar, V & F. Huerta. 1999. Relaciones ecológicas de *Ferocactus histrix* (DC.) Lindsay en

los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas. *Cact. Suc. Mex.* 44 (2): 40-48.

**Garcés, L. M. 2003.** Desarrollo de las primeras etapas de un protocolo de micropropagación para *Eriosyce aurata* (Pfeiffer) Backeberg (Cactaceae), una especie en estado de conservación vulnerable endémica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Universidad Pontificia Católica de Chile.

**Godínez, H. 1991.** Propagación de Cactáceas por semilla: una experiencia para su cultivo y conservación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México.

**Huerta, F. & V. Escobar. 1998.** Estatus ecológico actual de *Ferocactus histrix* en los llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas. *Cact. Suc. Mex.* 43 (3): 57-64.

**Piña, R. H. H. 2000.** Ecología reproductiva de *Ferocactus robustus* en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional.

**Rojas-Aréchiga M. & C. Vázquez-Yanes. 2000.** Cactus seed germination: a review. *Jour. Arid Env.* 44: 85-104

**Sánchez, S. J., Flores J., Martínez G. E. 2006.** Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire (Cactaceae), especie amenazada de extinción. *Interciencia.* 31: 371-375 pp.

**Cuadro 1.** Altura promedio en mm de las plántulas de *Ferocactus robustus* obtenidas al someter las semillas a distintos tratamientos de escarificación. Letras diferentes en las medias indican diferencias significativas entre los tratamientos  $p < 0,00$

Tratamiento	Media	Grupo Tukey
Testigo	9,46	ab
Ácido sulfúrico/1 min.	10,69	c
Ácido sulfúrico/1,5 min.	11,19	c
Ácido sulfúrico/3 min.	10,29	bc
Agua 50°C/5 min.	8,41	a
Agua 50°C/10 min.	10,18	bc
4°C/1 semana	11,19	c

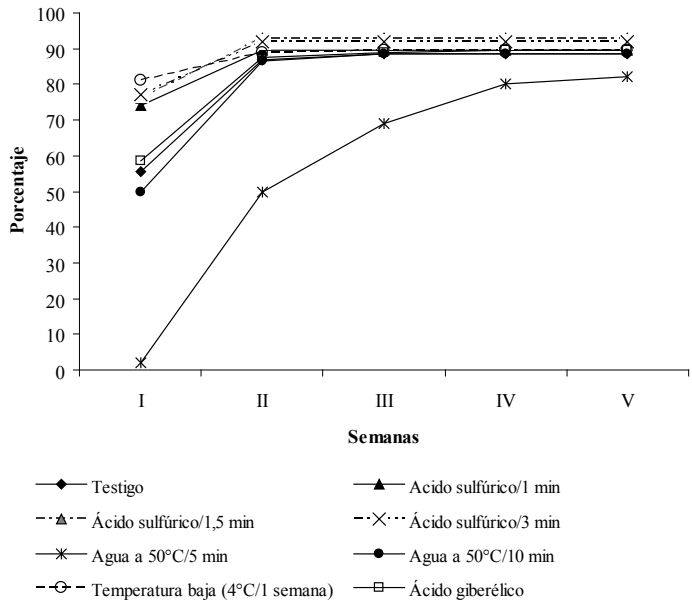
**Cuadro 2.** Diámetro promedio en mm de las plántulas de *Ferocactus robustus* obtenidos al someter las semillas a distintos tratamientos de escarificación. Letras diferentes en las medias indican diferencias significativas entre los tratamientos  $p < 0,00$

Tratamiento	Media	Grupo Tukey
Testigo	5,70	ab
Ácido sulfúrico/1 min.	6,13	b
Ácido sulfúrico/1,5 min.	6,15	b
Ácido sulfúrico/3 min.	6,11	b
Agua 50°C/5 min.	5,25	a
Agua 50°C/10 min.	5,97	b
4°C/1 semana	6,19	b

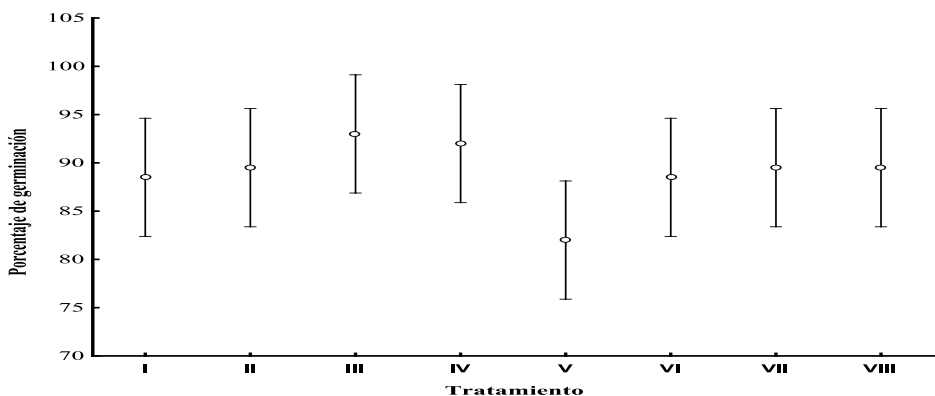
**Figura 1.** Ejemplar de *Ferocactus robustus* en el Cerro de San Mateo Tlaixpan, Tecamachalco, Puebla, México.



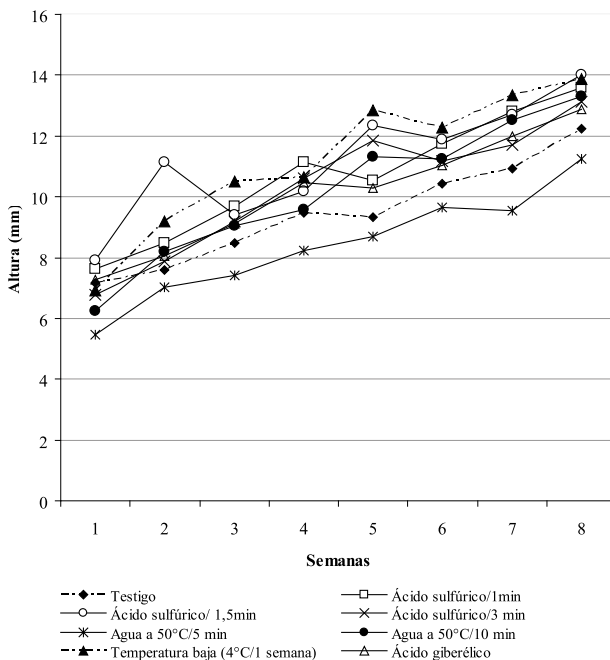




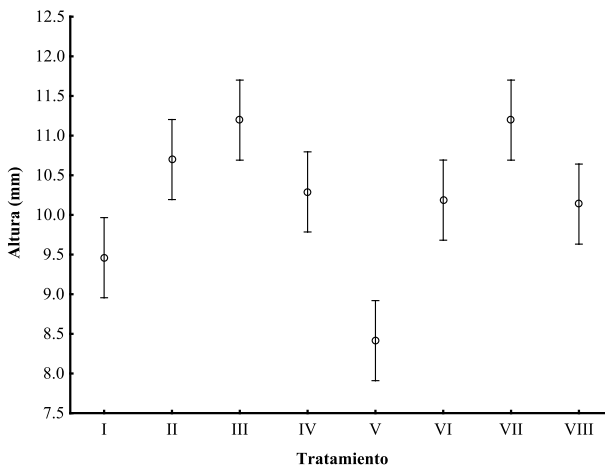
**Figura 2.** Porcentajes de germinación promedio obtenidos por semana para las semillas de *F. robustus* sometidas a distintos tratamientos de escarificación.



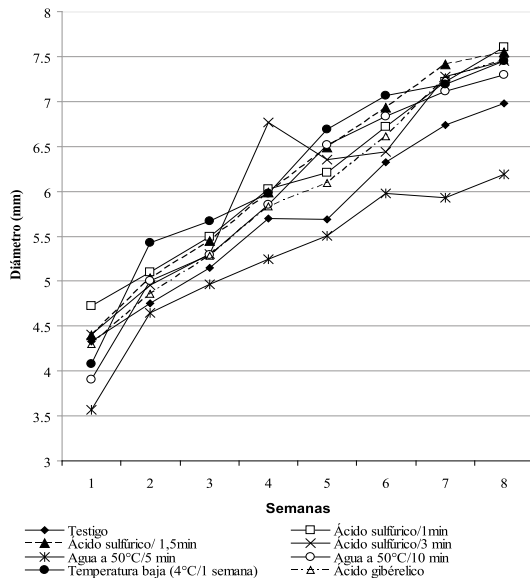
**Figura 3.** Porcentaje de germinación promedio + DE de las semillas de *F. robustus* sometidas a distintos tratamientos de escarificación. I.- Testigo, II.- Ácido sulfúrico/1min, III.- Ácido sulfúrico/1,5min, IV.- Ácido sulfúrico/3min, V.- Agua a 50°C/5min, VI.- Agua a 50°C/10min, VII.- Temperatura baja (4°C durante una semana) y VIII.- Ácido giberélico.



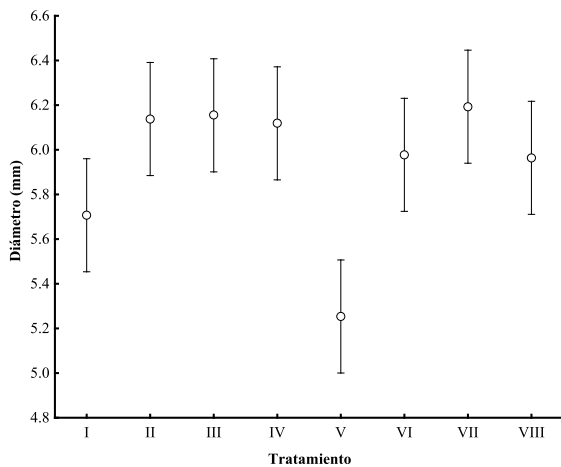
**Figura 4.** Variación de la altura promedio de las plántulas de *F. robustus* obtenidas de los distintos tratamientos de escarificación con respecto al tiempo.



**Figura 5.** Altura promedio + DE de las plántulas de *F. robustus* obtenidas de los diferentes tratamientos de escarificación. I.- Testigo, II.- Ácido sulfúrico/1min, III.- Ácido sulfúrico/1,5min, IV.- Ácido sulfúrico/3min, V.- Agua a 50°C/5min, VI.- Agua a 50°C/10min, VII.- Temperatura baja (4°C durante una semana) y VIII.- Ácido giberélico.



**Figura 6.** Variación del diámetro promedio de las plántulas de *F. robustus* obtenidas de los distintos tratamientos de escarificación con respecto al tiempo.



**Figura 7.** Diámetro promedio + DE de las plántulas de *F. robustus* obtenidas de los diferentes tratamientos de escarificación. I.- Testigo, II.- Ácido sulfúrico/1min, III.- Ácido sulfúrico/1,5min, IV.- Ácido sulfúrico/3min, V.- Agua a 50°C/5min, VI.- Agua a 50°C/10min, VII.- Temperatura baja (4°C durante una semana) y VIII.- Ácido giberélico.