

Efecto de la luz y la temperatura en la germinación de dos especies de cactáceas en CITES I

Rojas-Aréchiga, Mariana^{1*}; Golubov, Jordan²; Romero, Oscar² & Mandujano, María C¹.

Resumen

Diversos factores abióticos además de la humedad, como la luz y la temperatura pueden regular el proceso germinativo de las semillas. Para las cactáceas, particularmente se ha estudiado el efecto que la luz y la temperatura tienen en la germinación y los resultados han sido diversos. Se estudió la respuesta germinativa de dos especies de cactáceas amenazadas: *Obregonia denegrii* y *Turbincarpus valdezianus*, bajo dos tratamientos de luz (luz blanca y oscuridad) y dos de temperatura (25 °C y 15/25 °C). Las especies estudiadas son fotoblásticas positivas y germinan en mayor porcentaje bajo temperatura constante lo que coincide con los resultados obtenidos para otras especies de cactáceas pertenecientes a la subfamilia Cactoideae.

Palabras clave: germinación, luz, *Obregonia denegrii*, temperatura, *Turbincarpus valdezianus*.

Abstract

Several factors apart from humidity, like light and temperature regulate seed germination. For cacti species, light and temperature have been studied and diverse results have been obtained.

We studied the germination response of seeds of two endangered species: *Obregonia denegrii* and *Turbincarpus valdezianus*, under two light treatments (white light and darkness) and under two temperatures (25 °C and 15/25 °C). Both species are positive photoblastic and got a higher germination percentage at the constant temperature used, which coincides with results obtained for other cacti species belonging to subfamily Cactoideae.

Key words: germination, light, *Obregonia denegrii*, temperature, *Turbincarpus valdezianus*.

Introducción

Diversos factores ambientales como la luz, temperatura y la humedad principalmente, regulan la germinación de semillas en ambientes desérticos. En muchos estudios se ha demostrado que la luz y la temperatura afectan a especies anuales y perennes que

habitan estos ambientes (Kigel 1995). Para las cactáceas el efecto de la luz como inductor del proceso germinativo ha sido estudiado en varias especies, como: *Carnegeia gigantea* y *Stenocereus thurberi* (Alcorn & Kurtz 1959; Mc Donough 1964), *Aztekium ritteri* y *Epithelantha micromeris* (Maiti *et al.* 1994), *Ferocactus robustus*, *F. recurvus* y *F.*

¹ Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.

² Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Depto. El Hombre y su Ambiente. Calz del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960 México, D.F.

* Autor de correspondencia: mrojas@miranda.ecologia.unam.mx

flavovirens, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Cephalocereus chrysacanthus* y *Pachycereus hollianus* (Rojas-Aréchiga *et al.* 1997), *Melocactus caesius* (Arias & Lemus 1984), *Mammillaria* spp. (Benítez-Rodríguez *et al.* 2004) y *Turbinicarpus* spp. (Flores *et al.* 2006), entre otras. El requerimiento de luz es una característica importante para las semillas que pueden llegar a formar parte de un banco en el suelo (Rojas-Aréchiga & Batis 2001).

También ha sido demostrado que una alternancia de temperaturas puede sustituir el requerimiento de luz para germinar. Esto ha sido demostrado para algunas especies desérticas (p.e. *Erucaria microcarpa* y *Artemisia abyssinica*; Mahmoud *et al.* 1983, 1984), más no para las cactáceas. Adicionalmente, se propone que las temperaturas alternantes pueden favorecer el porcentaje final de germinación para las cactáceas, aunque esto tampoco ha sido demostrado en esta familia, ya que los estudios que se han realizado al respecto muestran que la temperatura constante favorece el proceso germinativo con respecto a la alternante (Rojas-Aréchiga *et al.* 1998; 2001; Ramírez-Padilla & Valverde 2005; Ortega-Baes & Rojas-Aréchiga 2007).

La germinación de semillas de cactáceas ha sido estudiada más a profundidad en la última década (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). Sin embargo, poca de esa información se refiere a especies que se encuentren en el Apéndice I del CITES, aún cuando la propagación por semilla es un método viable para la conservación *in situ* y *ex situ* para especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo.

En este trabajo se estudiaron los requerimientos germinativos de dos especies de cactáceas que se encuentran en CITES I: *Turbinicarpus valdezianus* y *Obregonia denegrii*, con la finalidad de generar información que

pueda ayudar a su propagación con fines de conservación. Se estudió el efecto de la luz (luz blanca y oscuridad) y de la temperatura (25 °C y 15/25 °C) en la germinación de estas dos especies.

Material y Métodos

Descripción de las especies

Turbinicarpus valdezianus (H. Moller) Glass y R. A Foster.

Planta de tallo simple, subgloboso, con ramificaciones subterráneas y elongadas, 10-25 mm de diámetro, el ápice hundido. Costillas completamente divididas en tubérculos. Éstos, dispuestos en 8 y 13 ó en 13 y 21 series espiraladas, de color verde azulado, de sección rómbica en la base, 3 mm de longitud y de anchura. Axilas desnudas. Espinas, 30 ó más, 1.5-2 mm de longitud, finas, plumosas, extendidas en forma horizontal, adpresas, de color blanco. Sus flores alcanzan 18-20 mm de longitud; segmentos interiores del perianto de color violeta rojizo a blanco, con la franja media violeta pálido y tintes verde oscuro y el margen blanco; filamentos color rosa con las anteras amarillo-anaranjadas; estilo rojo; lóbulos del estigma, 6, de color amarillo verdoso (Foto 1). Los frutos son de color rojo castaño, dehiscente por una ranura longitudinal. Semillas negras, 1 mm de longitud; testa negra, finamente tuberculada y rugosa (Bravo-Hollis, 1978).

Esta especie se encuentra en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en la categoría de amenazada (A), en el Apéndice I de CITES desde 1983 y en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 y NOM-059-ECOL-2001.

Obregonia denegrii Fric, Zivot V. Prírode

Plantas pequeñas, con raíces fusiformes. Tallos subglobosos con tubérculos grandes que se disponen en forma de roseta, de color verde grisáceo, con tinte bronceado. Tubérculos en series espiraladas, anchamente triangulares, con la superficie superior más o menos curva y con una

fina arista longitudinal, y la inferior gruesamente carinada, también con una arista longitudinal, con el ápice agudo, lisos, duros, cartilaginosos, de 5 a 15 mm de longitud y 7 a 5 mm de espesor en la base. Aréolas en el ápice de los tubérculos, con el meristema espinífero y florífero adjuntos, pequeñas, las del ápice del tallo con lana blanca. Espinas 3 ó 4, sólo en los tubérculos jóvenes, de 5 a 15 mm de longitud, erectas, o curvas, algo flexibles, blanquecinas, con tinte castaño (Foto 2). Flores emergiendo entre la lana del ápice, en el meristema floral de los tubérculos apicales, pequeñas, de 2 a 2.5 cm de longitud y 1 a 2.5 cm de diámetro; pericarpelo ovoide, largo, desnudo; tubo receptacular largamente infundibuliforme, abajo desnudo, con algunas brácteas apicales que se continúan con los segmentos exteriores del perianto, éstos de 7 a 10 mm de longitud y 1 a 1.5 mm de anchura, angostamente elíptico-lineares, agudos, con una ancha franja castaño rojiza y el margen blanco; segmentos interiores del perianto angostamente elípticos, de 8 a 14 mm de longitud y 1 a 1.5 mm de anchura, acuminados, enteros, blancos; anillo nectarial corto; estambres primarios insertos por encima del anillo nectarial, filamentos de color púrpuro rojizo, de 5 a 10 mm de longitud; anteras amarillas; polen esférico, tricolpado; estilo blanco, de 10 a 13 mm de longitud lóbulos del estigma 4, blanco verdoso. Fruto claviforme, ligeramente curvo, de 16 a 2.5 mm de longitud, desnudo, carnoso, seco al madurar, al principio blanco con tinte castaño, con ombligo amplio; dehiscente por ruptura irregular del pericarpo, permanece oculto entre la lana del ápice por algunos meses. Semillas piriformes de 1 a 1.4 mm de longitud, con hilo subbasal, triangular, micrópilo fuera del hilo pero cerca de él; testa negra, papilada; embrión oviforme; cotiledones coalescentes. Época de floración: primavera y verano (Bravo-Hollis

& Sánchez-Mejorada 1991).

Esta especie se encuentra en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en la cual aparece como especie amenazada (A) y además se encuentra en el Apéndice I de CITES (1990).

Colecta de semillas

Las semillas de *Turbinicarpus valdezianus* se colectaron en el mes de marzo del 2006, en el municipio de Arteaga, Coahuila y para el caso de *Obregonia denegrii* la colecta de los frutos se realizó en diciembre del 2005 en el Valle de Jau-mave en el estado de Tamaulipas, México. Para ambas especies se obtuvieron las semillas de al menos 15 individuos. Las semillas se extrajeron de los frutos y se mantuvieron en bolsas de papel a temperatura ambiente hasta el momento de la siembra realizada en julio 2006.

Semillas

Se colectaron 15 frutos de las dos especies y se contó el número de semillas por fruto. Posteriormente se juntaron todas las semillas de cada una de las especies y de allí se tomaron 50 semillas para la determinación de longitud, el ancho y el peso de cada una de ellas. Para la determinación del peso se utilizó una balanza analítica (Sartorius CP225D) y la longitud y ancho de las semillas se determinaron con el software VisionWorks previa toma de fotografías de las semillas bajo un microscopio estereoscópico (Olympus).

Experimentos de germinación

Los experimentos de germinación para ambas especies se realizaron en cajas de petri con agar al 1%. Se hicieron 5 réplicas cada una con 25 semillas para cada tratamiento y especie. Después de la siembra se introdujeron en una cámara de germinación (CONVIRON, CMP 300) bajo

Cuadro 1. Número de semillas por fruto y medición de las semillas (media \pm D.E.) de *Obregonia denegrii* y *Turbinicarpus valdezianus*.

Especie	No. de semillas de 15 frutos de cada especie	Longitud (mm) (N= 50)	Ancho (mm) (N= 50)	Peso (mg) (N= 50)
<i>Obregonia denegrii</i>	53.4 \pm 19.66 EE	1.25 \pm 0.097	0.88 \pm 0.061	0.00043 \pm 0.0001
<i>Turbinicarpus valdezianus</i>	72.66 \pm 39.60 EE	1.13 \pm 0.102	0.866 \pm 0.076	0.00036 \pm 0.0001

cuatro tratamientos:

- 1) 25°C bajo luz blanca y fotoperiodo de 12 h.
- 2) 25°C en oscuridad.
- 3) 15/25°C bajo luz blanca con fotoperiodo de 12 h, termoperiodo 18/24 h.
- 4) 15/25°C en oscuridad con termoperiodo 18/24 h.

Para los tratamientos de oscuridad, al momento de la siembra de las semillas en las cajas de petri, éstas se cubrieron con doble capa de papel aluminio y se revisaron hasta el final del experimento, esto es hasta cumplir con un periodo de 30 días. Para los tratamientos de luz bajo las dos temperaturas las semillas se revisaron cada tercer día hasta cumplir también 30 días. La germinación fue considerada al momento de la aparición de la radícula.

A los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos para cada una de las especies.

El ANOVA se realizó con el programa STATISTICA, previa transformación arco seno de los resultados obtenidos como porcentajes.

Resultados

Número de semillas y medición

El número de semillas por fruto y las medidas en longitud y ancho, así como el peso de las semillas se muestran en el Cuadro 1.

Experimentos de luz y temperatura

Ninguna de las dos especies germinó en la oscuridad bajo ninguna de las dos temperaturas, por lo que el análisis de varianza para las dos especies se realizó únicamente con los resultados obtenidos en los tratamientos

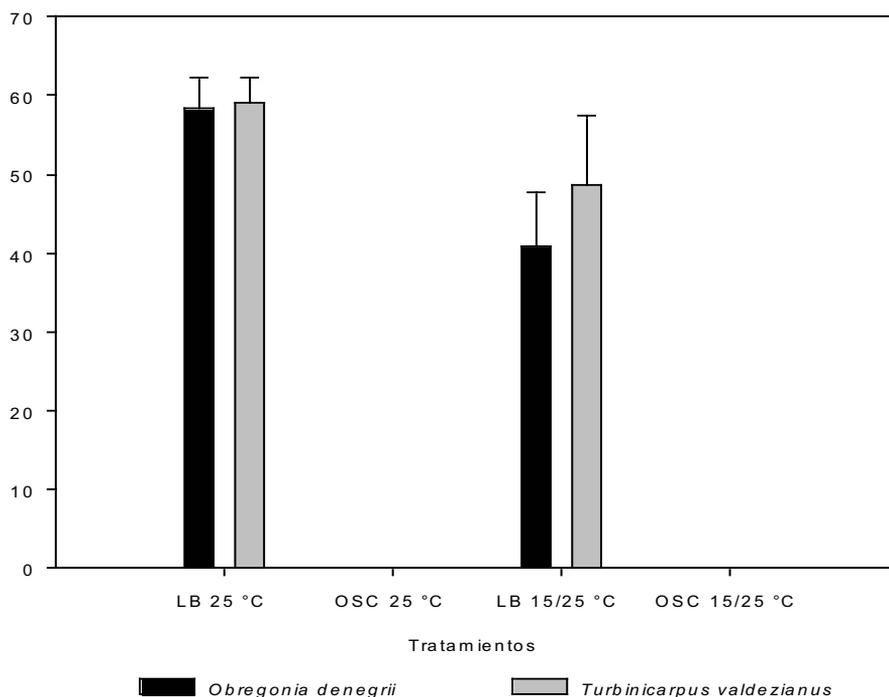


FIGURA 1. Porcentaje de germinación acumulada de *Obregonia denegrii* y *Turbinicarpus valdezianus* bajo luz blanca (LB) y oscuridad (OSC) a 25 °C y 15/25 °C. Media \pm desviación estándar.

de luz bajo temperatura constante y alternante. En este análisis se obtuvo que no hay diferencias significativas entre las dos especies ($F_{(1,12)}=0.8192$; $p=0.3788$), que hay diferencias entre los tratamientos ($F_{(1,12)}=6.3570$; $p\leq 0.05$) y que la interacción entre ambos tratamientos no es significativa ($F_{(1,12)}=0.5856$; $p=0.4552$).

En el análisis de varianza realizado por especie encontramos que *Obregonia denegrii* bajo temperatura constante y alternante mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($F_{(1,8)}=6.18$, $p<0.05$), obteniéndose mayor porcentaje de germinación en la temperatura constante (Fig. 1). Por lo contrario, para *Turbincarpus valdezianus* no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_{(1,8)}=1.25$, $p=0.2948$), aunque se obtuvo una mayor germinación también bajo temperatura constante (Fig. 1).

Discusión

Con respecto a los resultados obtenidos bajo luz blanca y oscuridad ninguna de las especies

germinó en la oscuridad ni bajo temperatura constante ni alternante lo cual las clasifica como fotoblásticas positivas, indicando que el factor lumínico es un requerimiento indispensable para la germinación de estas especies. Este resultado concuerda con lo obtenido para otras cactáceas estudiadas por Arias y Lemus (1984), Maiti *et al.* (1994), Rojas-Aréchiga *et al.* (1997), Rojas-Aréchiga *et al.* (2001), Benítez-Rodríguez *et al.* (2004), Matías-Palafox (2007) y Ortega-Baes & Rojas-Aréchiga (2007). De esta manera, las semillas deben quedar encima o poco enterradas en el suelo para poder germinar, lo que las expone a una mayor presión de depredación. Asimismo, el requerimiento de luz para germinar, puede significar que las semillas pueden llegar a formar un banco en el suelo, ya que el fotoblastismo positivo es una característica de las semillas que los forman (Rojas-Aréchiga & Batis 2001). Hasta el momento no se ha estudiado la probabilidad de existencia de un banco de semillas en el suelo para estas dos especies.

Con respecto a lo obtenido en los experimentos de temperatura, los porcentajes de germinación obtenidos para las dos especies



J. José López González

FOTO 1. *Turbincarpus valdezianus*



Mariana Rojas-Arechiga

FOTO 2. *Obregonia denegrii*

estudiadas bajo luz blanca en la temperatura constante fueron más elevados con respecto a lo obtenido en la temperatura alternante. A pesar de que solamente se utilizó una temperatura alternante, ésta no favoreció el proceso germinativo con respecto a lo obtenido bajo la temperatura constante, aún cuando otros autores como Fearn (1981), Cota-Sánchez (1984) y Nobel (1988) aseveran que la temperatura alternante promueve o incrementa la germinación de semillas de cactáceas. Otros estudios realizados con cactáceas apoyan los resultados obtenidos en este estudio demostrando que las temperaturas alternantes no favorecen el proceso germinativo (Potter 1984; Rojas-Aréchiga *et al.* 1998; Benítez-Rodríguez *et al.* 2004; Matías-Palafox 2007; Ortega-Baes & Rojas-Aréchiga 2007). Para obtener una respuesta más precisa del efecto de la temperatura en la geminación de las dos especies estudiadas sería ideal realizar experimentos en un gradiente de temperaturas constantes y alternantes con el objeto de determinar la temperatura óptima, máxima y mínima de germinación.

Las semillas de ambas especies germinan por arriba del 60% bajo temperatura constante lo cual coincide con los resultados obtenidos para algunas otras especies de *Turbincarpus* (p.e. *T. lophophoroides* y *T. jauernigii*, Flores *et al.* (2005); *Turbincarpus horripilus* (Matías-Palafox 2007)) y para otras especies globosas (p.e. *Mammillaria potsii*, Rojas-Aréchiga datos no publicados). La fracción de las semillas de las dos especies que no germinaron bien puede deberse a la presencia de algún tipo de latencia fisiológica no determinada en este estudio, o bien porque las semillas no eran viables, lo cual tampoco fue determinado.

Debido a ciertas características de las semi-

llas de las dos especies, como su requerimiento de luz para germinar y su tamaño y forma lo que las clasifica como semillas pequeñas y redondeadas, respectivamente, pudieran potencialmente llegar a formar parte de un banco de semillas en el suelo (Rojas-Aréchiga & Bátis 2001), aunque también deberá analizarse la longevidad de las semillas.

Agradecimientos

Agradecemos la colecta de frutos de *Obregonia denegrii* al Biól. Erick García, M. en C. Israel Carrillo y M. en C. Yup Verhulst y de *Turbincarpus valdezianus* a la Biól. Concepción Martínez colectadas en las salidas de campo programadas para el proyecto SEMARNAT/CONACYT 03050. También agradecemos la ayuda en la determinación del tamaño y peso de las semillas a Aldanelly Galicia y a Gabriel Tejeda. Parte de la información de este trabajo forma parte del Servicio Social realizado por el Biol. Oscar Romero.

Literatura citada

- Alcorn SM & Kurtz E. 1959. Some factors affecting the germination of seed of the saguaro cactus (*Carnegiea gigantea*). *Am J Bot* **46**: 526-529.
- Arias I & Lemus L. 1984. Interaction of light, temperature and plant hormones in the germination of seeds of *Melocactus caesius* Went (Cactaceae). *Acta Cient Venez* **35**: 151-155.
- Benítez-Rodríguez J L, Orozco-Segovia A & Rojas-Aréchiga M. 2004. Light effect on seed germination of four *Mammillaria* species from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Southwest Nat* **49**: 11-17.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Universidad

- Nacional Autónoma de México.
- CITES. 1990. *Appendices I, II and III to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. U.S. Department of the Interior Washington, D.C.
- Cota Sánchez JH. 1984. Influencia de la luz, temperatura y sustancias químicas sobre la germinación en semillas de *Ferocactus latispinus* (Haw.) Br. and Rose (Cactaceae). Tesis Profesional, ENCB-Instituto Politécnico Nacional, México, DF.
- Fearn B. 1981. Seed germination: the modern approach. *Cact Succ J (G.B.)* **43**: 13-16.
- Flores J, Arredondo A & Jurado E. 2005. Comparative seed germination in species of *Turbinicarpus*: an endangered cacti genus. *Nat Area J* **25**: 183-187.
- Flores J, Jurado E & Arredondo A. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert. *Seed Sci Res* **16**: 149-155.
- Kigel J & Galili G. 1995. *Seed Development and Germination*. Marcel Dekker, Inc., EUA.
- Mahmoud A, El-Sheikh AM & Abdul Baset S. 1983. Germination of *Artemisia abyssinica* Sch. Bip. *J Coll Sci King Saud Univ* **14**: 253-272.
- McDonough W. 1964. Germination responses of *Carnegiea gigantea* and *Lemaireocereus thurberi*. *Ecology* **45**: 155-159.
- Maití RK, Hernández-Piñero JL & Valdéz-Marroquín M. 1994. Seed ultrastructure and germination of some species of Cactaceae. *Phyton* **55**: 97-105.
- Matías-Palafox, ML. 2007. Estructura poblacional y biología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha (Cactaceae). Tesis de Maestría en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Nobel PS. 1988. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press, New York.
- Ortega-Baes P & Rojas-Aréchiga M. 2007. Seed germination of *Trichocereus terscheckii* (Cactaceae): light, temperature and gibberellic acid effects. *J Arid Environ* **69**: 169-176.
- Potter RL, Petersen JL & Ueckert DN. 1984. Germination responses of *Opuntia* spp. to temperature, scarification and other seed treatments. *Weed Sci* **32**: 106-110.
- Ramírez-Padilla C & Valverde T. 2005. Germination responses of three congeneric cactus species (*Neobuxbaumia*) with differing degrees of rarity. *J Arid Environ* **61**: 333-343.
- Rojas-Aréchiga M, Orozco-Segovia A & Vázquez-Yanes C. 1997. Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán Valley in Puebla, México. *J Arid Environ* **36**: 571-578.
- Rojas-Aréchiga M, Orozco-Segovia A & Vázquez-Yanes C. 1998. Seed response to temperature of Mexican cacti species from two life forms: an ecophysiological interpretation. *Plant Ecol* **135**: 207-214.
- Semarnat. 2002. NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la Federación, México.
- Rojas-Aréchiga M, Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *J Arid Environ* **44**: 85-104.
- Rojas-Aréchiga M & Batis, IA. 2001. Las semillas de cactáceas... ¿forman bancos en el suelo? *Cact Suc Mex* **46**: 76-82.
- Rojas-Aréchiga M, Casas A & Vázquez-Yanes C. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *J Arid Environ* **49**: 279-287.

Recibido: marzo 2008; aceptado: mayo 2008.

Received: March 2008; accepted: May 2008.