

Las semillas de cactáceas... ¿forman bancos en el suelo?

Mariana Rojas-Aréchiga¹ y Ana I. Batis¹.

Recibido: 14 de mayo 2001 / Aceptado: 30 octubre 2001

Resumen

En este artículo se aborda el tema de bancos de semillas de cactáceas y se presenta información acerca de las características morfológicas y fisiológicas que deben tener las semillas para llegar a formar un banco. Asimismo, se incluyen ejemplos de algunas especies que presentan tales características. Hay poca información al respecto para esta familia, sin embargo, suponemos que aunque las semillas de muchas especies de cactáceas cumplen con los requisitos para pertenecer a un banco de semillas en el suelo, la depredación es tan fuerte que las semillas son consumidas poco tiempo después de su diseminación impidiendo su incorporación al suelo.

Palabras clave: cactáceas, banco de semillas, germinación, semillas.

Abstract

We present information about seed banks in the Cactaceae and the morphological and physiological characteristics that seeds may possess to be able to become part of a soil seed bank. We also describe some examples of cacti species with such characteristics. There is scarce information about seed banks in the Cactaceae, but we hypothesize that although these seeds have the necessary characteristics to generate a soil seed bank, predation is so strong that most seeds are consumed almost immediately after dispersal which precludes seed bank formation.

Key Words: Cactaceae, germination, seed banks, seeds.

Introducción

Los bancos de semillas en zonas áridas se encuentran constituidos básicamente por semillas provenientes de plantas anuales o efímeras, conformando el 95% del número total de semillas (Brown *et al.* 1979; Inouye 1991).

Las cactáceas han sido objeto de estudios de diversa índole, sin embargo, hasta el momento, la información para esta familia sobre bancos de semillas es casi nula. Estudios concernientes a la existencia y permanencia de estos

bancos serían primordiales para el entendimiento de la dinámica de poblaciones y de la estructura de las comunidades desérticas.

Para que las semillas puedan persistir en el suelo por algún tiempo determinado, deben tener ciertas características fisiológicas que les permitan mantenerse viables bajo condiciones naturales, así como características ecológicas y morfológicas (Bowers 2000). Algunas de estas características son: 1) el requerimiento de luz para germinar, 2) un tamaño pequeño; 3) el requerimiento de un periodo de postmaduración para germinar y 4) una longevidad ecológica.

¹ Instituto de Ecología, UNAM, Apartado Postal 70-275, 04510 México, D. F. Teléfono: 56229008, Fax: 5616-1976; Correo electrónico: mrojas@miranda.ecologia.unam.mx

El requerimiento de luz para la germinación asegura que las semillas muy enterradas no germinen, constituyendo éstas un banco de semillas persistente (Pons 1992; Milberg *et al.* 2000). Muchas semillas pequeñas que usualmente requieren de luz para germinar (Bewley y Black 1985), tienen mecanismos de latencia para evitar la germinación si llegan a enterrarse muy profundamente. Los mecanismos de percepción de la luz que poseen las semillas, les permiten detectar las condiciones lumínicas para germinar o bien para incorporarse a un banco de semillas.

Otra característica importante se refiere al tamaño de la semilla. Existen diversos estudios donde se muestra que existe una relación entre el tamaño de semilla y el fotoblastismo (Hammouda y Bakr 1969; Milberg *et al.* 2000) y entre el tamaño de semilla y la formación de un banco persistente (Thompson *et al.* 1993). Milberg y colaboradores (2000) demuestran para 54 especies pertenecientes a diversas familias que la respuesta a la luz decrece al incrementar la masa de la semilla. Thompson y colaboradores (1993) demuestran que la duración de las semillas en un banco depende de la masa de la semilla, esto es, a menor peso, mayor persistencia en el suelo. Esto último puede explicarse si pensamos que las semillas más pequeñas pueden pasar desapercibidas más fácilmente a sus principales depredadores (roedores

y aves) y con el tiempo pueden enterrarse en el suelo con mayor facilidad que las semillas grandes. Sin embargo, las semillas relativamente pequeñas, pueden tener la desventaja de ser fuertemente colectadas por diferentes especies de hormigas (Reichman 1984; Inouye 1991). Para cactáceas, no existen estudios que relacionen el tamaño de semilla con el potencial para formar un banco, pero muchas de ellas son muy pequeñas (e. g. *Strombocactus disciformis*, *Ferocactus recurvus*, algunas especies del género *Mammillaria*, obs. pers.) probablemente pudieran apoyar los resultados reportados para otras familias (ver Thompson *et al.* 1993).

El periodo de postmaduración es otro requerimiento importante que se asocia con la formación y permanencia de un banco de semillas. En algunas semillas, el embrión no se encuentra totalmente desarrollado al momento de su dispersión, por lo que necesitan de un periodo de tiempo para completar su maduración. Este periodo de postmaduración (*afterripening*) puede ser variable de especie a especie. En el cuadro 1 se muestran algunas especies de cactáceas con semillas que requieren de un periodo de postmaduración.

La mayoría de los estudios sobre longevidad se basan en experimentos realizados bajo condiciones controladas de laboratorio. Se ha reportado que varias semillas de arbustos de desierto pueden

Cuadro 1. Características morfofisiológicas de algunas semillas de especies de cactáceas que las hacen posibles formadoras de un banco de semillas.

Especie	Características morfofisiológicas de las semillas	Referencia
<i>Eriocereus bonplandii</i> , <i>Ferocactus latispinus</i> var. <i>spiralis</i> , <i>Mammillaria zeilmanniana</i> , <i>Opuntia edwardsii</i> , <i>O. joconostle</i> , <i>O. lindheimeri</i> , <i>O. rastrera</i> .	Periodo de postmaduración (variable para cada especie).	Zimmer (1967, 1969a, 1980); Potter <i>et al.</i> (1984); Mandujano <i>et al.</i> (1997); Sánchez-Venegas (1997).
<i>Ancistrocactus scheeri</i> , <i>Ariocarpus kotschoubeyanus</i> , <i>Aztekium ritterii</i> , <i>Carnegiea gigantea</i> , <i>Cleistocactus jujuyensis</i> , <i>Coryphantha gladiospina</i> , <i>Echinocactus grusonii</i> , <i>E. platyacanthus</i> , <i>E. texensis</i> , <i>Echinocereus pectinatus</i> , <i>Epithelantha micromeris</i> , <i>Escobaria runyonii</i> , <i>Ferocactus flavovirens</i> , <i>F. glaucescens</i> , <i>F. haematacanthus</i> , <i>F. hystrix</i> , <i>F. peninsulæ</i> , <i>F. robustus</i> , <i>F. recurvus</i> , <i>Gymnocalycium saglionae</i> , <i>Hamatocactus uncinatus</i> , <i>Mammillaria aplanata</i> , <i>M. crucigera</i> , <i>M. durispina</i> , <i>M. huitzilopochtli</i> , <i>M. lanata</i> , <i>M. longimamma</i> , <i>M. microcarpa</i> , <i>M. pectinifera</i> , <i>M. potosina</i> , <i>M. sphacelata</i> , <i>M. winteriana</i> , <i>M. zeilmanniana</i> , <i>Melocactus caesius</i> , <i>Parodia maassii</i> , <i>Stenocereus stellatus</i> , <i>Strombocactus disciformis</i> .	Fotoblastismo positivo.	Romero-Schmidt <i>et al.</i> (1992); Rojas-Aréchiga <i>et al.</i> (1997); May, (1994); Mc Donough (1964); Maiti <i>et al.</i> (1994); Nobel (1988); Rojas-Aréchiga (obs. pers.), Zimmer (1969a,b), Rojas-Aréchiga <i>et al.</i> (2001).
<i>Ferocactus wislizeni</i> .	Periodo de postmaduración. Fotoblastismo positivo.	Zimmer (1980).
<i>Stenocereus griseus</i> .	Fotoblastismo positivo. Sustancias inhibitorias de la testa (ABA) cuya concentración disminuye después de 8 semanas de almacenamiento.	Martínez-Holguín (1983); Williams y Arias (1978).

enterradas a poca profundidad, pueden ser capaces de germinar a pocos milímetros de la superficie del suelo, donde se encuentran protegidas de las altas temperaturas y depredadores y donde la tasa de evaporación de agua es menor, manteniendo la humedad por

periodos más prolongados. Aunado a esto, Bliss y Smith (1985) demostraron que la humedad incrementa la transmisión de la luz a través de la arena, de tal forma que es muy factible que las semillas logren germinar a escasos milímetros bajo la superficie del suelo.

Con respecto al requerimiento de luz para germinar, las semillas se han clasificado en fotoblásticas positivas, negativas e indiferentes (Côme 1970). Este proceso conocido como fotoblastismo, se regula mediante un pigmento fotorreceptor llamado fitocromo que absorbe principalmente en la longitud de onda de 600-800 nm y detecta el balance rojo/rojo lejano de la radiación natural. Su principal función es imponer la latencia en las semillas cuando las condiciones lumínicas son desfavorables para el establecimiento de las plantas. En ambientes tropicales el valor adaptativo del fotoblastismo es muy claro, pues las plantas tienen que competir por la luz para lograr su establecimiento, tal es el caso de las plantas pioneras en los bosques tropicales. En este trabajo se presenta una revisión bibliográfica y se discute la posibilidad de la presencia de un banco de semillas de especies de cactáceas.

Materiales y Métodos

Realizamos una revisión bibliográfica de las características de las semillas que forman bancos, se describen estos aspectos para especies de la familia Cactaceae y se discute la posibilidad de la presencia de un banco de semillas de estas especies. Además se presenta información acerca de las características morfológicas y fisiológicas que deben tener las semillas para llegar a formar un banco. Asimismo, se incluyen ejemplos de algunas especies que

presentan tales características.

Resultados

En ambientes áridos, la luz, aunque generalmente no es un factor limitante para el establecimiento de las plantas, puede regular la germinación. Varios estudios confirman que la germinación de diversas especies desérticas es regulada por la luz, lo cual ha sido estudiado tanto en plantas anuales (e. g., *Atriplex patula*, *Heliopsis scabra*, *Stipa capensis*), como perennes (e. g., *Artemisia* spp.) de las regiones áridas y semiáridas (Kigel 1995).

Para la familia Cactaceae, el fotoblastismo ha sido menos estudiado, reportándose semillas fotoblásticas positivas o indiferentes (Nobel, 1988, Rojas-Aréchiga *et al.* 1997; Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). En el cuadro 1 se muestran algunas especies con semillas fotoblásticas.

El requerimiento de luz para germinar que poseen algunas cactáceas pudiera verse como una desventaja si pensamos que las semillas sólo podrán germinar cuando se encuentren sobre la superficie del suelo, justo donde están más expuestas a la depredación y a la deshidratación. Sin embargo, Rojas-Aréchiga y colaboradores (1997) demostraron para cuatro especies de cactáceas con fotoblastismo positivo, que sus semillas también pueden germinar bajo el rojo lejano. Esto significa que las semillas que se encuentren

mantener su viabilidad por al menos 9 años, cuando son almacenadas a baja humedad. Para las semillas de cactáceas, se ha encontrado que la pérdida de viabilidad bajo condiciones de laboratorio (longevidad potencial), puede ser muy variable entre las diferentes especies, mientras que para algunas especies la viabilidad decrece considerablemente durante un año, otras pueden mantenerla por más de 5 años (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes 2000).

El estudio de la longevidad ecológica es muy importante ya que un banco de semillas sólo es funcional si las semillas que lo conforman mantienen su viabilidad (Baker 1989). Con respecto a ésto, Bowers (2000) menciona que las semillas de *Ferocactus wislizeni* germinaron en un 87.5% después de estar enterradas por 17 meses, sugiriendo la existencia de un banco de semillas en el sitio de estudio.

Discusión

Después de explorar la literatura existente sobre banco de semillas en cactáceas, encontramos que existen muy pocos estudios realizados que aborden específicamente el tema (De Viana 1999; Montiel 1999; Bowers 2000). Por lo tanto, no se pueden obtener conclusiones firmes que indiquen la persistencia a largo plazo de las semillas de cactáceas en el suelo, aunque han demostrado la existencia de semillas en bancos a corto plazo.

Aún cuando es claro que algunas semillas de cactáceas parecen tener

los atributos necesarios que las hacen posibles formadoras de un banco de semillas (Cuadro 1), la presión de depredación puede ser tan fuerte después de su diseminación, que impide la formación de un banco de semillas aún del tipo transitorio (de menos de un año de duración, Thompson *et al.* 1993). Por ejemplo, los estudios realizados por Montiel (1999), demuestran que la mayor parte de las semillas de *Opuntia rastrera* se pierden por depredación durante el primer mes después de su dispersión y Bowers (2000) menciona que en promedio el 99% de las semillas de *Ferocactus wislizeni* son consumidas mes a mes después de su dispersión. Por otro lado, en el trabajo realizado por De Viana (1999) se menciona que las semillas de *Trichocereus pasacana* pueden llegar a formar un banco poco persistente al encontrar semillas en muestras de suelo bajo diversos arbustos y bajo individuos de la misma especie, pero no se hace mención del papel de la depredación en el banco de semillas.

En síntesis, la existencia de bancos de semillas de cactáceas ha sido poco estudiada, por lo que resulta interesante impulsar trabajos tendientes a explorar el potencial que tienen las diferentes especies de cactáceas para formar bancos de semillas y observar la dinámica espacial y temporal de dichos bancos.

Sería importante ahondar en el conocimiento acerca del destino de las semillas a partir de su disper-

sión, la proporción de semillas que logran escapar a la depredación y que germinan y sobreviven en los diferentes micrositios, la proporción de semillas que se integran al suelo -tanto vertical como horizontalmente-, la longevidad ecológica y potencial, etcétera. Asimismo, profundizar sobre los factores específicos que actúan en la interfase del suelo y que afectan la permanencia, la viabilidad y la germinación de las semillas, tales como: los efectos deletéreos del medio ambiente, los parásitos y los depredadores.

Literatura Citada

- Baker, H. G. 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. Pp. 9-21. En Leck, M. A., Parker, V. T. y Simpson, R. L. (eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press Inc. San Diego, CA.
- Bewley, J.D. y Black M. 1985. *Seeds-Physiology of development and germination*. Plenum Press. USA.
- Bliss, D. y Smith H. 1985. Penetration of light into soil and its role in the control of seed germination. *Plant and Cell Environment* **8**: 475-483.
- Bowers, J.E. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? *Journal of Arid Environments* **45**: 197-205.
- Brown, J.H., Reichman, O.J. y Davidson, D.W. 1979. Granivory in desert ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* **10**: 210-227.
- Côme D. 1970. Les obstacles a la germination. Monographies de Physiologie Végétale (ed. Masson and Cie). **6**: 162.
- De Viana, M. L. 1999. Seed production and seed bank of *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) in northwestern Argentina. *Tropical Ecology* **40**: 79-84.
- Hammouda, M.A. y Bakr, Z.Y. 1969. Some aspects of germination of desert seeds. *Phyton* **13**: 183-201.
- Inouye, R.S. 1991. Population biology of desert annual plants, Pp. 27-54. En G.A. Polis (ed.). *The Ecology of Desert Communities*. Tucson: The University of Arizona Press.
- Kigel, J. 1995. Seed germination in arid and semi-arid regions, Pp. 645-699. En J. Kigel y G. Galili (eds.). *Seed Development and Germination*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- May, R. W. 1994. The ecology of *Sclerocactus polyancistrus* (Cactaceae) in California and Nevada. *Desert Plants* **11**: 6-22.
- Mc Donough, W. 1964. Germination responses of *Carnegiea gigantea* and *Lemaireocereus thurberi*. *Ecology* **45**: 155-159.
- Maití, R. K., Hernández-Piñero, J. L. y Valdéz-Marroquín, M. 1994. Seed ultrastructure and germination of some species of Cactaceae. *Phyton* **55**: 97-105.
- Mandujano, M. C., Golubov, J. y Montaña, C. 1997. Dormancy and endozoochorous dispersal of *Opuntia rastrera* in the Southern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* **36**: 259-266.
- Martínez-Holguín, E. 1983. Germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haw) Buxbaum (Pitayo de mayo). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **28**: 51-57.
- Milberg, P., Andersson, L. y Thompson, K. 2000. Large-seeded species

- are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research* **10**: 99-104.
- Montiel Ortega, S. 1999. Ecología de la dispersión y banco de semillas de *Opuntia rastrera* (Cactaceae) en el sureste del Desierto Chihuahuense, México. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología, A.C.
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. New York, NY. Cambridge University Press.
- Pons, T.L. 1992. Seed responses to light, Pp. 259-284. En M. Fenner (ed.). *Seeds - The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Wallingford, UK. Commonwealth Agricultural Bureau.
- Potter, R.L., Petersen, J.L. y Ueckert, D. N. 1984. Germination responses of *Opuntia* spp. to temperature, scarification and other seed treatments. *Weed Science* **32**: 106-110.
- Reichman, J. 1984. Spatial and temporal variation of seed distributions in Sonoran desert soils. *Journal of Biogeography* **11**: 1-11.
- Rojas-Aréchiga, M., Casas, A. y Vázquez-Yanes, C. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of Arid Environments* **49**: 279-287.
- Rojas-Aréchiga, M., Orozco-Segovia, A. y Vázquez-Yanes, C. 1997. Effect of light on the germination of seven species of cacti from the Zapotitlán Valley in Puebla, México. *Journal of Arid Environments* **36**: 571-578.
- Rojas-Aréchiga, M. y Vázquez-Yanes, C. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments* **44**: 85-104.
- Romero-Schmidt, H. L., Vega-Villasante, F., Nolasco, H. y Montaña, C. 1992. The effect of darkness, freezing, acidity and salinity on seed germination of *Ferocactus peninsulae* (Cactaceae). *Journal of Arid Environments* **23**: 389-395.
- Sánchez-Venegas, G. 1997. Germinación, viabilidad y características distintivas de la semilla de *Opuntia joconostle* Weber, forma cuaresmero. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **42**: 16-21.
- Thompson, K., Band, S.R. y Hodgson, J. G. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* **7**: 236-241.
- Williams, P. M. y Arias, I. 1978. Physioecological studies of plant species from the arid and semiarid regions of Venezuela. I. The role of endogenous inhibitors in the germination of the seeds of *Cereus griseus* (Haw.) Br. y R. (Cactaceae). *Acta Científica Venezolana* **29**: 93-97.
- Zimmer, K. 1967. Temperatur und Keimung bei verschiedenen Kakteen. *Kakteen und andere Sukkulente* **18**: 31-33.
- Zimmer, K. 1969a. Über die Keimung von Kakteensamen (III). Die Bedeutung des Lichtes. *Kakteen und andere Sukkulente* **20**: 144-147.
- Zimmer, K. 1969b. Über die Keimung von Kakteensamen (Schluß). Bedeutung des Lichtes und Zusammenfassung. *Kakteen und andere Sukkulente* **20**: 178-180.
- Zimmer, K. 1980. Einfluß der Temperatur auf die Keimung von Kakteensaatgut. X. Keimungeiniger *Ferocactus*-Arten. *Gartenbauwissenschaft* **45**: 121-123.