

# Germinación y latencia comparativa de especies del género *Mammillaria* (Cactaceae) del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México

Lustre Sánchez Hermes<sup>1\*</sup> & Manzanero Medina Gladys Isabel<sup>1\*</sup>

## Resumen

Se determinó la influencia de la longevidad ecológica de las semillas en la creación de bancos de germoplasma en el suelo de tres especies del género *Mammillaria* endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, con la finalidad de que los resultados contribuyan a diseñar alternativas de manejo y aprovechamiento de dichas semillas, así como a la conservación de estas especies. Se germinaron semillas de diferentes edades para tres especies de este género, y los resultados indican que tanto las semillas de *M. huitzilopochtli*, como las de *M. oteroi* y *M. kraehenbuehlii* mantienen un porcentaje medio de germinación mayor del 50 % durante 2 años, por lo que sus semillas son viables y pueden generar bancos de semillas persistentes a corto plazo.

**Palabras clave:** Germinación, latencia, longevidad, *Mammillaria*, bancos de germoplasma.

## Abstract

We determined the influence of seed longevity on soil seed bank formation by three *Mammillaria* species, endemic to the Tehuacan-Cuicatlan Valley; to use the results to design alternative management use for these seeds to help in the conservation of these species. The seeds were germinated at different ages for each of the three species and the results showed that *M. huitzilopochtli*, *M. oteroi* and *M. kraehenbuehlii* maintain an average germination of above 50% over 2 years, and therefore their seeds are viable and can be able to create a short-term persistent seed banks.

**Key words:** Germination, dormancy, longevity, *Mammillaria*, seed banks.

## Introducción

La familia Cactaceae presenta un gran número de especies, que típicamente se encuentran en los ambientes áridos de América del Norte y del Sur. Las especies de esta familia son naturalmente raras y propensas a

la extinción. A pesar de que el comportamiento de sus semillas es uno de los principales elementos que afectan la dinámica de la población (Mandujano *et al.* 2005; Ramírez-Padilla y Valverde 2005), rara vez se toma en cuenta para la conservación y gestión de especies de cactus en peligro.

<sup>1</sup> Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, c.p. 71230.

\*Autor de correspondencia: gmanzane@ipn.mx

FOTO 1. *Mammillaria huitzilopochtli*.

Las poblaciones de cactáceas frecuentemente están compuestas de individuos distribuidos de manera agregada (Valiente-Banuet *et al.* 1991; Larrea- Alcázar & Soriano 2008; Ramos-López 2008). Entre las posibilidades que explican esta distribución espacial, podría ser que estas especies hayan ocupado una mayor extensión en el pasado, o bien que ocupe sitios con características ambientales específicas, donde un aspecto fundamental para el mantenimiento de las poblaciones regionales sería la dispersión de semillas entre las distintas poblaciones locales o la posible colonización de nuevos sitios (Valverde *et al.* 2004), dada la elevada probabilidad de extinción de algunas especies locales. En ambos casos un aspecto importante es saber si estas especies son capaces de formar bancos de semillas en el suelo o si la velocidad de pérdida de viabilidad de estas semillas con el paso del tiempo, puede influir en los mecanismos de regulación de la germinación de estas especies, ya

que esta fase seguida del establecimiento de plántulas constituyen junto con la dispersión, las etapas más vulnerables en el ciclo de vida de estas plantas (Del Castillo 1986; Moreno *et al.* 1992; Mandujano *et al.* 1997).

La germinación y el establecimiento son procesos cruciales en el ciclo de vida de una planta en ambientes áridos y semiáridos. La capacidad de las semillas de tolerar desecación extrema es una de las respuestas adaptativas más significativas de las plantas superiores (Leprince *et al.* 1993).

El contenido hídrico de las semillas y su capacidad para perder agua naturalmente son factores críticos que determinarán la longevidad y capacidad de almacenamiento de las semillas (Baskin & Baskin 1998). Las semillas viables disponibles para la germinación potencial y reclutamiento de nuevas plantas constituyen el banco de semillas (Baskin & Baskin 2001).

La longevidad y latencia de las semillas son probablemente los factores más im-

portantes en el control de germinación y la formación de bancos de semillas (Bowers 2000; Baskin & Baskin 2001; Rojas-Aréchiga & Batis 2001; Flores *et al.* 2005; Mandujano *et al.* 2005). Estos dos factores son especialmente relevantes para especies que viven en ambientes heterogéneos (espacial y temporalmente), porque las condiciones que promueven la germinación y permiten el establecimiento de plántulas se presentan ocasionalmente (Nobel 1984; Franco & Nobel 1989). En los ambientes desérticos, las semillas a menudo responden a las combinaciones específicas de luz, temperatura y humedad del suelo que son más favorables para su establecimiento; sin embargo, estas condiciones no se pueden producir cada año. Por lo tanto, las características que podrían llevar a un banco de semillas viables son atributos importantes a largo plazo para el éxito de la especie en los desiertos (Mandujano *et al.* 1997; Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; De la Barrera & Nobel 2003).

El estudio de la longevidad ecológica es muy importante ya que un banco de semillas solo es funcional si las semillas que lo conforman mantienen su viabilidad (Bakker 1989). La reserva de semillas del suelo es interesante para el estudio de la historia reciente de la vegetación (Harper 1977), pero también tiene un papel fundamental al condicionar su futuro, especialmente tras alteraciones naturales o deliberadas de la misma (Roberts 1981).

Esta doble información que aporta el banco justifica su importancia en el mantenimiento de la diversidad genética y de la estabilidad de las poblaciones al funcionar como un reservorio de genes (Baskin & Baskin 2001).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de la longevidad de las

semillas en la creación de un banco de semillas en el suelo de las especies *Mammillaria huitzilopochtli*, *M. oteroi* y *M. kraehenbuehlii*, endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, lo que permitirá desarrollar técnicas metodológicas para su propagación, manejo y aprovechamiento de dichas semillas, así como la conservación de estas especies, las cuales se encuentran en la NOM-059-SE-MARNAT-2010.

## Materiales y Métodos

### Especies de estudio

*Mammillaria huitzilopochtli* D.R. Hunt  
Plantas simples, rara vez cespitosas, con ramificaciones dicotómicas o basitona. Tallos 8.0-13.0 cm de alto, 4.0-6.0 (9.0) cm de ancho, globosos a cortamente claviformes; con jugo semilechoso, blanco-amarillento, no espeso; tubérculos 5.0-7.0 mm largo, base *ca.* 5.0 mm ancho, cónico cilíndricos, verde oscuros, axilas con lana solo en la base fértil; areolas 1.0-2.0 mm de largo elípticas; espinas radiales 14-30, 2.0-3.5 mm largo, aciculares, rectas, blanco-amarillentas; espinas centrales 0-2 (-9), 0.4-1.5 (-5.0) cm de largo, aciculares, ascendentes, divergentes, rectas o retorcidas, no uncinadas, pardo oscuras a negras. Flores 1.2-1.7 cm de largo, infundibuliformes; pericarpelo *ca.* 2.0 mm largo, *ca.* 2.0 mm ancho, verde claro; tubo receptacular *ca.* 2.0 mm largo, base verde claro, ápice rojo-carmín; tépalos externos *ca.* 1.0 cm largo, *ca.* 1.5 mm ancho, lanceolados rojos-carmín; tépalos internos *ca.* 1.0 cm largo *ca.* 5.0 mm ancho, lanceolados, rojos-carmín; estambres *ca.* 5.0 mm largo, filamentos con base blanca, ápice rosa; estilo 1.0-1.1 cm largo, base blanca, ápice rojo, lóbulos del estigma 4-6, *ca.* 1.5 mm largo, rosas o amarillos. Frutos 1.5-2.5 cm largo, *ca.* 5.0 mm ancho, claviformes, rojos; semillas 0.7-0.8 (-1.4) mm largo, 0.3-0.5 (-0.7) mm ancho, reniformes, pardo claras a pardo rojizas; testa foveolada, paredes celulares sinuosas (Arias *et al.* 1997) (Foto 1).

*Mammillaria kraehenbuehlii* (Kraenz) Krainz  
Plantas cespitosas. Tallos 3.0-12.0 cm alto, 2.5-3.5 cm ancho, cortamente cilíndricos, erectos; con jugo acuoso; tubérculos 0.5-1.0 cm largo, base 0.5-0.6 cm ancho, las axilas desnudas; aréolas *ca.* 2.0 mm ancho, circulares; espinas radiales 12-24, 0.3-1.0 cm largo, ascendentes, ligeramente setosas, blancas; espina central 0-1 (-2), 0.1-1.4 cm largo, ascendente, recta, no uncinada, ligeramente setosa, blanca, ápice pardo-rojizo. Flores 1.8-2.0 cm largo, campanulado-infundibuliformes; pericarpelo *ca.* 3.0 mm largo, *ca.* 2.0 mm ancho, verde; tubo receptacular 5.0-6.0 mm largo, base verde, ápice purpura; tépalos externos 0.8-1.0 cm largo, *ca.* 0.2 cm ancho, espatulados, ápice mucronado, margen aserrado rojo carmín, franja media lila; tépalos internos 0.8-1.1 cm largo, *ca.* 0.2 cm ancho, lanceolados, ápice mucronado, rojo carmín, margen entero a ligeramente aserrado, rojo carmín; estambres 3.0-6.0 mm largo, filamentos blancos; estilo 0.8-1.0 cm largo, blanco, lóbulos del estigma 4-5, 1.0-1.5 mm largo, blanco-amarillentos. Frutos 1.2-2.0 cm largo, 0.4-0.5 cm ancho, rojos; semillas 1.0-1.5 mm largo, *ca.* 1.0 mm ancho, reniformes, negras, testa foveolada, paredes celulares ligeramente sinuosas (Arias *et al.* 1997) (Foto 2).

*Mammillaria oteroi* Glass & R. A. Foster.

Plantas cespitosas. Tallos 2.0-3.0 cm alto, 3.0-4.0 cm ancho, globosos, ápice no deprimido; con jugo acuoso; tubérculos 8.0-9.0 mm largo, base *ca.* 4.0 mm ancho, ligeramente cilíndricos en sección transversal, consistencia suave, verde claros, axilas con lana y cerdas escasas; areolas *ca.* 1.0 mm largo, circulares; espinas radiales 10-14, 5.0-8.0 mm largo, aciculares, ascendentes, delgadas, flexibles, blancas, espina central (-0) 1, cuando presente 0.8-1.2 cm largo, acicular, ascendente, uncinada, pardo-rojiza. Flores 1.4-1.6 cm largo campanulado-infundibuliformes; pericarpelo 2.0-3.0 mm largo, 1.5-2.0 mm ancho, verde; tubo receptacular *ca.* 3.0 mm largo;

tépalos externos 4.0-5.0 mm largo, 1.5-2.0 mm ancho, oblanceolados a oblongos, ápice cuspidado, blanco-amarillentos, margen ligeramente fimbriado, blanco, franja media rojo claro; tépalos internos 5.0-6.0 mm largo, *ca.* 1.5 mm ancho, oblongos, ápice agudo a enmarginado, margen ligeramente fimbriado, blanco, franja media rojo claro; estambres 2.0-4.0 mm largo, filamentos blancos; estilo 7.0-8.0 mm largo, blanco, lóbulos del estigma 3-5, 1.0-1.2 mm largo, verde claros. Frutos 0.6-0.8 (-1.2) cm largo, 0.6-0.7 (-1.0) cm ancho, globosos, rojos; semillas 1.0-1.2 (-1.5) mm largo, 0.6-0.7 mm ancho, piriformes, negras, testa foveolada (Arias *et al.* 1997) (Foto 3).

### Pruebas de germinación

Se utilizaron semillas de frutos de plantas provenientes de la Sección de Cactáceas y otras Succulentas (zona del Valle de Tehuacán-Cuicatlán) del Jardín Botánico Regional Cassiano Conzatti del CIIDIR-IPN Oaxaca. Para el caso de *M. huitzilopochtli* se utilizaron semillas de <1, 1, 2, 3, 6, 8 y 10 años; para *M. oteroi* de 5 y 8 años y para *M. kraehenbuehlii* se utilizaron de 8 y 10 años. Estas estuvieron almacenadas en frascos de vidrio, en oscuridad y a temperatura ambiente. Las pruebas de germinación se hicieron en cajas petri con papel filtro, previo a la siembra, se realizó la desinfección de las mismas en hipoclorito de sodio al 5% durante 5 minutos. Se usó un diseño completamente al azar (DCA), la unidad experimental consistió en una caja petri de 100 mm de diámetro en la que se colocaron 60 semillas en cada una, con al menos 3 repeticiones para algunos tratamientos y hasta 12 para otros, debido al número de semillas disponibles. Las cajas petri se colocaron en una cámara germinadora con luz difusa 12:12 h, con una temperatura de 33 ° max y 14 min. Para todos los tratamientos, las cajas petri se revisaron diariamente para cuantificar el número de semillas germinadas (radícula visible) siguiéndose el experimento durante 45 días a

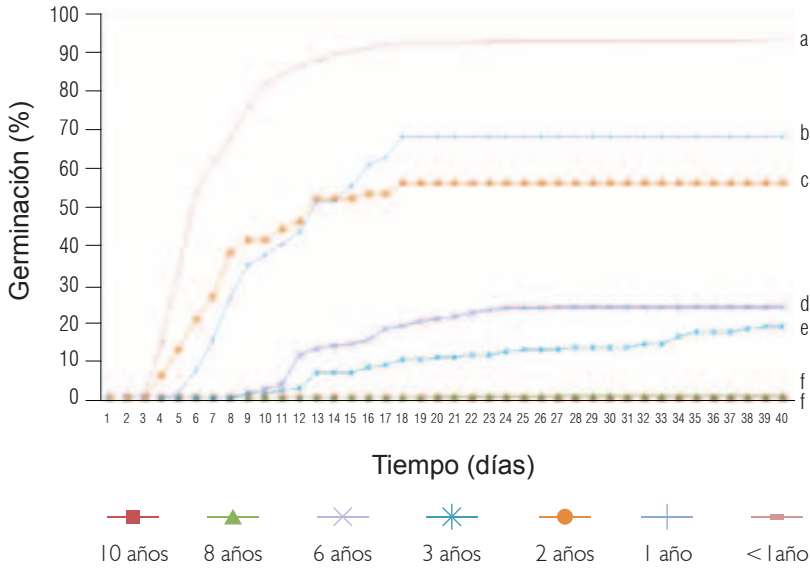


FIGURA 1. Porcentaje de germinación acumulada en semillas de *Mammillaria hutziopochtli* de diferentes edades. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales  $p=0.05$  (Tukey).

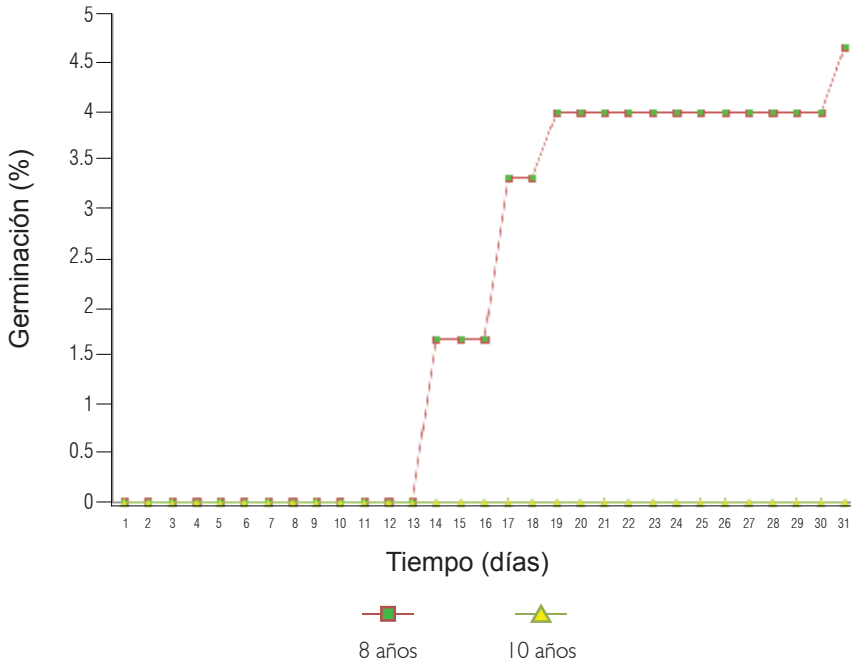


FIGURA 2. Porcentaje de germinación acumulada en semillas de *M. krachenbuehlii*.

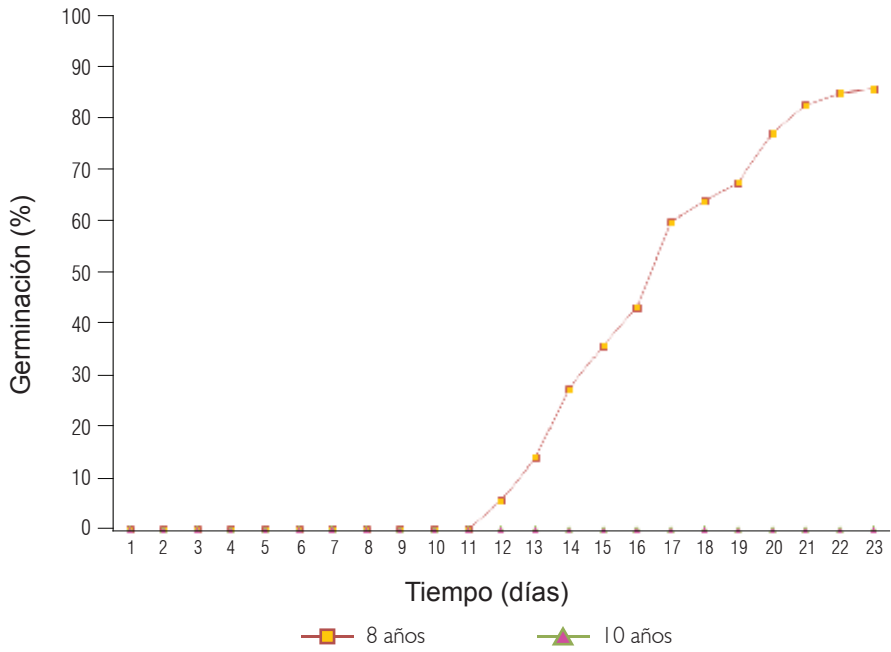


FIGURA 3. Porcentaje de germinación acumulada en semillas de *M. oteroi*.



Omar Zorzano

FOTO 2. *Mammillaria kraehenbuehlii*.

partir de la fecha de siembra. Con base en estos datos se determinó el porcentaje de semillas germinadas por día (Foto 4 y 5).

Se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para determinar si presentan diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos, para esto se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 2002.

## Resultados

Los resultados de germinación de las semillas en sus diferentes edades fueron estadísticamente diferentes en *M. huitzilopochtli*. El análisis de varianza con un  $P=0.05$ , reveló diferencia entre los tratamientos ( $F_{6,43}=187.99$ ,  $P < 0.0001$ ) (Fig. 1), mostrando un mayor porcentaje de germinación en semillas de menos de 1 año de edad con un porcentaje medio de germinación de 93.37%, disminuyendo los porcentajes de semillas germinadas conforme aumenta su edad.

En semillas de 1 y 2 años de edad alcanzaron porcentajes de germinación superiores al 50%, mientras que las semillas de 3 y 6 años apenas superaron el 18%. En semillas de 8 años de edad la germinación fue significativamente más baja con un 0.69 % y las semillas de 10 años de edad no germinaron, lo que nos indica que la viabilidad de las semillas va disminuyendo con la edad de las mismas expresándose en su baja germinabilidad con las semillas de mayor edad (Fig. 1).

La comparación múltiple de las medias de los siete tratamientos con la prueba de Tukey indicó 6 grupos bien diferenciados.

En *M. kraehenbuehlii* las semillas de 8 años de edad solo germinaron en un 10.4 % mientras que las de 10 años no germinaron (Fig. 2). En esta especie no se realizó un

análisis de varianza, ya que en uno de los tratamientos no hubo germinación.

Las semillas de *M. oteroi* de edades diferentes también mostraron diferencias entre sus porcentajes de germinación, ya que las semillas de 5 años de edad comenzaron a germinar a los doce días después de sembradas con un porcentaje de 85.8 % mientras que en las de 8 años de edad, ninguna germinó (Fig. 3). En esta especie, al igual que en *M. kraehenbuehlii* no fue necesario hacer el análisis de varianza, ya que en uno de los tratamientos no se presentó germinación.

## Discusión

Se define latencia como los mecanismos fisiológicos, morfológicos o anatómicos que presentan las semillas viables para que no germinen, ya sea porque las condiciones del ambiente son desfavorables en esos momentos o en ese año, o debido a propiedades morfológicas o fisiológicas de la misma semilla (Baskin & Baskin 2001).

De acuerdo a lo reportado por Baskin y Baskin (2001) quienes dicen que no hay latencia cuando los factores que limitan la germinación son la falta de humedad o de condiciones de iluminación adecuadas, es evidente que las semillas de *M. huitzilopochtli* no presentan latencia, ya que se observa un alto porcentaje de germinación de sus semillas de menos de 1 año de edad (93.37%) sin la aplicación de ningún tratamiento pregerminativo, sin embargo, los porcentajes de germinación *M. huitzilopochtli* disminuyen conforme aumenta la edad de las semillas. A diferencia de Flores-Martínez y Manzanero (2003), quienes reportan que a los doce meses de edad de estas semillas, su porcentaje de germinación se ve reducido a un 10 %, en este estudio se observó un

porcentaje de 68% a esta edad y después de los dos años de edad, su porcentaje de germinación es menor al 50%, por lo que se supone que estas semillas solo pueden formar bancos de semillas persistentes a corto plazo de acuerdo con la clasificación de Bakker *et al.* (1991). Durante el primer año, las semillas de *M. huitzilopochtli* pierden significativamente su viabilidad (de 93.97 a 68 %), Flores-Martínez y Manzanero (2003) mencionan que esta pérdida significativa de viabilidad durante el primer año, las hace más vulnerables de desaparecer después de una época desfavorable para la germinación.

Flores-Martínez *et al.* (2008) reportan que en semillas menores de 7 meses de *M. huitzilopochtli* el porcentaje de germinación es elevado (entre 93 y 99 %), pero en semillas con más de 12 meses de edad este porcentaje se reduce, de acuerdo a esto y con los resultados obtenidos en este estudio se sugiere que las semillas de *M. huitzilopochtli* pueden mantener la viabilidad con porcentajes de germinación superiores al 50% por lo menos dos años, lo que implica que estas semillas no tienen latencia inducida (Harper 1977). Debido al elevado porcentaje de germinación en semillas frescas (< 1 año de edad) también sugieren un mecanismo que puede superar las condiciones impuestas por las zonas áridas donde habitan.

Cabe destacar que en el presente estudio se presentó un porcentaje de germinación un poco mayor en semillas de seis años de edad, que en semillas de tres años de edad (sólo cerca del 5%), lo que nos indica que en *M. huitzilopochtli* la pérdida de viabilidad de sus semillas no se presenta en forma continua, sino en periodos de tiempo, que en este caso parece que abarca los siguientes periodos de tiempo: un bloque de menos de

un año de edad, otro bloque de 1 a 2 años (la diferencia entre ambos años no es muy grande), otro bloque de 3 a 5 años, otro bloque de 7 a 9 años, y otro bloque de 10 años o mayor, que implica la pérdida de la capacidad de germinación. Futuros estudios pueden validar esta propuesta.

Flores-Martínez y Manzanero (2003) reportan que en *M. oteroi*, las semillas recientes de 4 meses de edad presentan un porcentaje de germinación de 77%, a los 5-6 meses se incrementa a 97%, en este estudio observamos que las semillas de 5 años de edad tuvieron un elevado porcentaje de germinación (85.8 %), por lo que se sugiere, que a los 6 meses es cuando se alcanza el óptimo de maduración de la semilla y se mantiene viable durante 5 años.

Las semillas de *M. oteroi* pueden tener diferentes respuestas de germinación después de la colecta, es evidente que entre menos tiempo tengan de ser colectadas, resulta más difícil su germinación debido a que presentan algún tipo de latencia (Martínez *et al.* 2004). Por todo esto puede decirse que las semillas de *M. oteroi* requieren de un periodo de postmaduración, pues el embrión no se encuentra totalmente desarrollado al momento de su dispersión. Este periodo de postmaduración puede ser un requisito muy importante para que se pueda llevar a cabo la formación y permanencia de un banco de semillas. Entonces las semillas de *M. oteroi*, al principio de su dispersión presentan una latencia fisiológica (Baskin & Baskin 2001) que se pierde con el almacenamiento en seco.

En contraste con Martínez *et al.* (2004), Flores-Martínez *et al.* (2008) quienes mencionan que las semillas de *M. oteroi* pueden ser almacenadas por un tiempo mayor a 5 meses, pero sin pasar de un año para lograr



FOTO 3. *Mammillaria oteroi*.

un máximo porcentaje de germinación. Este estudio revela que con 5 años de almacenamiento de las semillas puede lograrse un porcentaje alto en la germinación de estas semillas. Martínez *et al.* (2004) supone que posiblemente la longevidad de las semillas afecta de forma positiva el porcentaje de germinación y que la dormición fisiológica leve se pierde después de haber permanecido secas durante algún tiempo en esta especie. Sin embargo, pierden su viabilidad a los 8 años de edad, ya que estas semillas no mos-

traron germinación alguna. Por lo tanto, las semillas de *M. oteroi* al igual que *M. huitzilopochtli* pueden formar un banco de semillas persistente a corto plazo (Bakker *et al.* 1991).

Cabe destacar que a diferencia de *M. huitzilopochtli*, que se establece en ambientes semiáridos, *M. oteroi* se encuentra en sitios templados o templados cálidos, con encinos como especies acompañantes, y donde la humedad no es un factor limitante. Esto puede explicar la diferencia en la longevidad entre ambas especies.

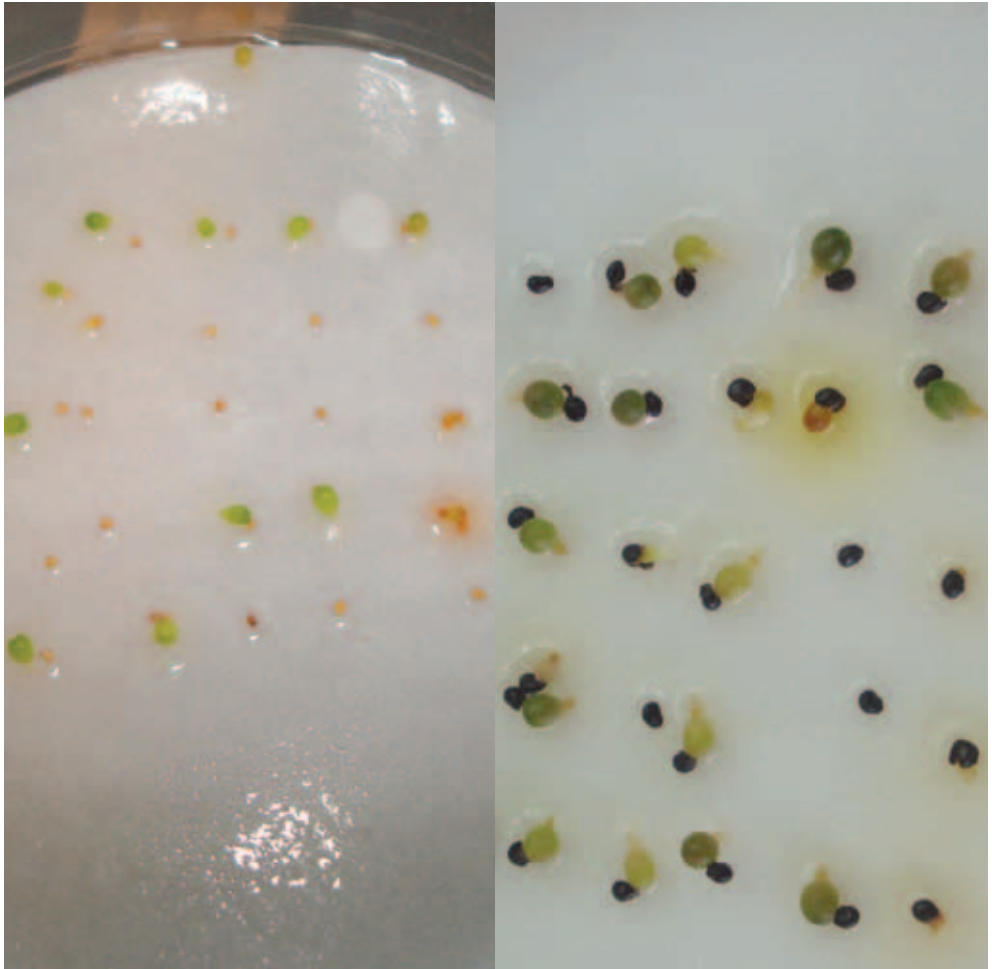


Foto 4 y 5. Plántulas de *Mammillaria huitzilopochtli* (izquierda) y *Mammillaria oteroi* (derecha)

En experimentos con semillas de de 8 y 10 años de edad de *Mammillaria kraehenbuehlii* se reporta un 10.4% de germinación en las primeras, mientras que las segundas no lograron germinar, lo que indica que a una edad avanzada (de 10 años o mayor) pierden su viabilidad. Flores-Martínez *et al.* (2008) reportan que en semillas de esta especie se presenta un porcentaje entre 71 y 78% de germinación en semillas de 5 meses. En pruebas de germinación con semillas viejas de 30 meses de edad (> 2 años), se obtuvo

el 60% de germinación (Flores-Martínez & Manzanero 2003). Por lo que puede deducirse que las semillas de *M. kraehenbuehlii* pueden formar bancos de semillas persistentes a corto plazo (Bakker *et al.* 1991), debido a que muestran un porcentaje de germinación arriba del 50 % cuando las semillas tienen poco más de 2 años, ya que pierden totalmente su viabilidad entre los 9 y 10 años.

Cabe destacar que, al igual que en el caso anterior, y a diferencia de *M. huitzilopochtli*,

que se establece en ambientes semiáridos, *M. kraehenbuehlii* se encuentra en sitios templados, donde la humedad no es un factor limitante y donde son frecuentes temperaturas frías. Esto puede explicar la diferencia en la longevidad entre ambas especies.

La respuesta germinativa nivel de familia y de género es muy variable y sugiere que, al menos en la familia Cactaceae, la germinación de las semillas está más asociada a la heterogeneidad ambiental (Jurado & Flores 2005).

Una manera eficaz de conservar estas especies en peligro de extinción por métodos *ex situ* es en el caso de *M. oteroi* y *M. kraehenbuehlii* mediante la creación de un banco de germoplasma o semilla que podría mantener las semillas viables si se colocan bajo condiciones controladas. De esta manera, se podría mantener la viabilidad durante un largo periodo de tiempo, sin embargo, en *M. huitzilopochtli* deben emplearse otras estrategias que no impliquen las semillas como mecanismo de conservación. En este caso, si se utilizan semillas, y tomando en cuenta los resultados obtenidos, se sugiere que estas semillas deben ser utilizadas en un tiempo no mayor a 2 años ya que después de este tiempo pierden significativamente su potencial germinativo.

### Agradecimientos

Agradecemos especialmente al Dr. Alejandro Flores Martínez (q.e.p.d) por las sugerencias para la mejora de este trabajo, al Dr. Raymundo Enríquez del Valle y al Dr. Leonardo León Enríquez, por la revisión al mismo, al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, por la prestación de las instalaciones.

### Literatura citada

- Arias MS, Gama LS & Guzmán CLU. 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 14, Cactaceae A. L. Juss. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Bakker J, Bos A, Hoogveld J & Muller H. 1991. The role of the seed bank in restoration management of semi-natural grasslands. En O Ravera, (ed.). *Terrestrial and aquatic ecosystems: perturbation and recovery*. New York: Ellis Horwood Limited.
- Bakker J. 1989. *Nature Management by Grazing and Cutting*. On the Ecological Significance of Grazing and Cutting Regimes applied to Restore species-rich Grassland Communities in the Netherlands. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Baskin C & Baskin JM. 2001. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2 ed. Academic Press. Nueva York. USA.
- Baskin C & Baskin JM. 1998. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. San Diego, CA.
- Bowers JE. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? *J Arid Environ* **45**:197-205.
- De la Barrera E & Nobel PS. 2003. Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *J Arid Environ* **53**:297-306.
- Del Castillo RF. 1986. Semillas, germinación y establecimiento de *Ferocactus histrix*. *Cact Suc Mex* **31**:5-11.
- Flores J, Arredondo A & Jurado E. 2005. Comparative seed germination in species of *Turbincarpus*: An endangered cacti genus. *Nat Areas J* **25**:183-187.
- Flores-Martínez A & Manzanero MGI. 2003. Germinación comparativa de especies del

- género *Mammillaria* endémicas de Oaxaca, México. *Cact Suc Mex* **48**:36-51.
- Flores-Martínez A, Manzanero MGI, Rojas-Aréchiga M & Mandujano MC. 2008. Seed age germination responses and seedling survival of an endangered cactus that inhabits cliffs. *Nat Areas J* **28**:51- 57.
- Franco AC & Nobel PS. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *J Ecol* **77**: 870–886.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2007. *Catálogo de Cactaceas Mexicanas* CONABIO-UNAM. México.
- Harper J. 1977. *Population Biology of Plants*. London: Academic Press.
- Jurado E & Flores J. 2005. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? *J Veg Sci* **16**:559-564.
- Larrea-Alcázar DM & Soriano PJ. 2008. Columnar cacti-shrub relationships in an Andean semiarid valley in western Venezuela. *Plant Ecol* **196**:153-161
- Leprince O, Gaf AF & Mckersie BD. 1993. The mechanism of desiccation tolerance in developing seeds. *Seed Sci Res* **13**:539-546.
- Mandujano MC, Montaña C & Rojas-Aréchiga M. 2005. Breaking seed dormancy in *Opuntia rastrera* from the Chihuahuan desert. *J Arid Environ* **62**:15-21.
- Mandujano MC, Golubov J & Montaña C. 1997. Dormancy and endozoochorous dispersal of *Opuntia rastrera* in the Southern Chihuahuan Desert. *J Arid Environ* **36**: 259–266.
- Martínez D, Flores-Martínez A, López F & Manzanero MGI. 2004. Evaluación de técnicas de propagación de *Mammillaria oteroi* Glass y R. Foster. *Naturaleza y Desarrollo* Vol. **21**:5-12.
- Moreno N, López J & Arce L. 1992. Aspectos sobre las semillas y su germinación de *Echinomastus mariposensis* Hester. *Cact Suc Mex* **37**:21–27.
- Nobel PS. 1984. Extreme temperatures and thermal tolerances for seedling of desert succulents. *Oecologia* **62**:310-317.
- 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.
- Ramos- López A, 2008. Estudio poblacional de *Mammillaria dixanthocentron* Backeb. ex Mottram en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca. Tesis de maestría. CIIDIR IPN Oaxaca, México.
- Roberts HA. 1981. Seed banks in soils. In: Coaker, T.H. (ed.). London: Academic Press. *Adv Appl Biol* **6**: 1-55.
- Rojas-Aréchiga M & Batis A. 2001. Las semillas de cactáceas... ¿forman bancos en el suelo? *Cact Suc Mex* **46**:76-82.
- Rojas-Aréchiga M. & Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *J Arid Environ* **44**:85-104.
- SEMARNAT. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010*. Diario Oficial de la Federación. 2a. Sección. 30 de diciembre de 2010.
- Valiente-Banuet A, Vite F & Zavala-Hurtado J. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *J Veg Sci* **2**:11-14.
- Valverde T, Quijas S, López-Villavicencio M & Castillo S. 2004. Population dynamics of *Mammillaria magnimamma* Haworth (Cactaceae) in a lava-field in Central Mexico. *Plant Ecol* **170**:167–184.

---

Recibido: diciembre 2011; aceptado: febrero 2012.  
Received: December 2011; Accepted: February 2012.