



## Efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Isolatocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans*, cactáceas columnares endémicas de México

### Effect of seed density on germination of *Isolatocereus dumortieri* and *Myrtillocactus geometrizans*, endemic columnar cacti species from Mexico

Joel Flores<sup>1\*</sup> y Enrique Jurado<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., División de Ciencias Ambientales, Apartado postal 3-74, 78216 San Luis Potosí, S.L.P., México.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado postal 41, 67700 Linares, N.L., México.

\*Correspondencia: joel@ipicyt.edu.mx

**Resumen.** Se evaluó el efecto de la densidad de semillas en la germinación de 2 cactáceas columnares: *Isolatocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans*. Se utilizaron 5 tratamientos de densidad de semillas (1, 5, 10, 20 y 50 semillas). *Isolatocereus dumortieri* mostró menor porcentaje de germinación con el aumento de la densidad, mientras que la germinación de *M. geometrizans* no fue afectada por la densidad de semillas. Estos resultados sugieren que las plántulas de *I. dumortieri* podrían competir por recursos.

Palabras clave: dispersión agrupada de semillas, competencia entre plántulas.

**Abstract.** The effect of seed density on the germination of 2 columnar cactus species (*Isolatocereus dumortieri* and *Myrtillocactus geometrizans*) was evaluated using 5 seed density treatments (1, 5, 10, 20 and 50 seeds). *Isolatocereus dumortieri* had a lower germination percentage with increasing seed density; germination of *M. geometrizans* was not affected by seed density. These results suggest that *I. dumortieri* seedlings might compete for resources with siblings.

Key words: clump seed dispersal, seedling competition.

### Introducción

Los aspectos adaptativos de las estrategias de germinación son de gran importancia en la dinámica de las poblaciones de plantas; por ejemplo, cuando las semillas se encuentran agrupadas en altas densidades, un bajo porcentaje de germinación puede ser un mecanismo de regulación poblacional (Palmbad, 1968; Linhart, 1976; Callaghan, 1996; McMurray et al., 1997; Murray, 1998; Lortie y Turkington, 2002; Grundy et al., 2003). Sin embargo, también se ha registrado un incremento en la germinación de semillas agrupadas en altas densidades, lo cual se ha relacionado con mayor probabilidad de supervivencia en por lo menos un individuo (Linhart, 1976; Waite y Hutchings, 1978; McMurray et al., 1997). La germinación y la emergencia de plántulas son estimuladas por factores ambientales (Flores et al., 2004); sin embargo, las características relacionadas con la dispersión de las semillas también pueden tener una gran influencia en la germinación. Por ejemplo, en las de dispersión restringida,

la competencia entre semillas hermanas (*sibling rivalry*) puede inhibir la germinación a altas densidades con el fin de disminuir la competencia entre plántulas (Cheplick, 1992; 1993; Grundy et al., 2003; Dyer, 2004).

La densidad de semillas presentes en el suelo depende de la forma en que son dispersadas; por ejemplo, las especies cuyos frutos poseen pulpa las consumen principalmente vertebrados frugívoros, los cuales dispersan las semillas en grupos al regurgitar o al defecar (Traveset, 1998). El efecto de la ingestión de semillas sobre la germinación es un fenómeno bien estudiado; es promotor de la germinación en muchas especies de plantas (Traveset, 1998; Verdú y Traveset, 2004), incluyendo algunas cactáceas (Cortés-Figueira et al., 1994; Pedroni y Sánchez, 1997; Godínez-Álvarez et al., 2002; Naranjo et al., 2003). Sin embargo; a pesar de que las semillas presentes en las excretas se encuentran en grupos, no se han realizado estudios sobre el efecto de la competencia sobre la germinación de semillas agrupadas, sino solamente de semillas individuales. Así, el objetivo de este estudio fue determinar cómo la germinación de semillas de *Isolatocereus dumortieri* (Scheidw.) Backeb. y *Myrtillocactus geometrizans* (Mart.

ex Pfeiff.) Console, dos cactáceas columnares endémicas de México (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978), cuyas semillas son dispersadas después de pasar por el tracto digestivo de animales, principalmente mamíferos y aves (Bregman, 1988; Pérez-González, 1999; Jiménez-Sierra y Figueroa-Jiménez, 2004), es afectada por la densidad de las mismas.

*Isolatocereus* es un género monotípico cuya especie (*I. dumortieri*) se encuentra distribuida en zonas semiáridas del centro y sur del país (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Jiménez-Sierra y Figueroa-Jiménez, 2004), abarcando los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas (Guzmán et al., 2003). Es una planta candelabroforme de 5 a 6 m de alto, que crece sobre suelos basálticos, y se considera un elemento estructural importante en las comunidades donde se presenta, debido a que determina en gran medida la fisonomía del paisaje. Sus frutos son fuente de alimento para murciélagos y aves, que desempeñan un papel importante en la dispersión de las semillas (Jiménez-Sierra y Figueroa-Jiménez, 2004). Los frutos también se emplean como alimento por los humanos (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Luna-Morales y Aguirre, 2001).

*Myrtillocactus geometrizans* es una cactácea arborescente, que llega a medir más de 4 m de altura. Se localiza desde Tamaulipas hasta Oaxaca. Es abundante en los mezquiales del centro del país, especialmente en Querétaro, Hidalgo, Guanajuato y San Luis Potosí, llega hasta el sur de Tamaulipas y de Nuevo León en el norte, y hasta Guerrero y Oaxaca en el sur (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978). Sus frutos son muy apreciados por su agradable sabor y son objeto de activo comercio (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Pérez-González, 1999; Luna-Morales y Aguirre, 2001; González-Insuasti y Caballero, 2007).

## Materiales y métodos

Las semillas se recolectaron de frutos maduros en mayo de 2004 en los alrededores de Río Verde, S.L.P., región que se encuentra dentro de la llamada zona media del estado de San Luis Potosí (Michelet, 1996). Los tipos de vegetación predominantes en esa zona son el mezquital, el matorral submontano y el matorral crasicaule (Rzedowski, 1961; Michelet, 1996). En este último, es donde son abundantes las cactáceas columnares *I. dumortieri* y *M. geometrizans* (Michelet, 1996).

Todas las semillas se secaron a la sombra durante 2 semanas y posteriormente fueron almacenadas en bolsas de papel por un periodo de 2 meses para permitir su

maduración. A las semillas utilizadas en este experimento no se les aplicó ningún tratamiento químico ni mecánico promotor de la germinación, puesto que se pretendió estimar la germinación que ocurre naturalmente en las semillas frescas. Se utilizaron exclusivamente semillas de apariencia saludable, siendo descartadas aquellas con evidencia de daño por insectos o por hongos, al igual que las no totalmente desarrolladas.

Para realizar este experimento se utilizaron 5 tratamientos de densidad de semillas. Las semillas fueron colocadas en cajas de Petri (1, 5, 10, 20 y 50 semillas por caja), con arena estéril en su interior. Las 5 cajas (consideradas como 5 repeticiones) por especie, utilizadas para cada tratamiento, fueron puestas en una cámara de germinación con un fotoperiodo de 12 horas luz/12 horas oscuridad, bajo una temperatura constante de 25°C. Tales condiciones se escogieron de acuerdo con lo que recomiendan Zimmer y Büttner (1982), quienes anotan que *M. geometrizans* requiere de luz para germinar, y con Zimmer (1982; 1998), quien encontró que las semillas de esa especie son más germinables a temperaturas entre 20 y 30°C.

Las semillas se regaron con agua destilada diariamente para mantener húmedo el sustrato. Se llevó un registro cotidiano del número de semillas germinadas por especie, determinándose la germinabilidad al final del periodo, la cual se expresó como el porcentaje de semillas que germinaron pasados 30 días.

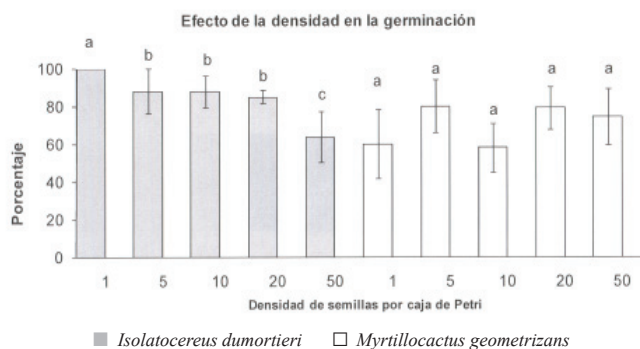
Se realizó un análisis de varianza de 2 vías, con *especie* y *densidad* de semillas como factores. Previo el análisis, los datos fueron transformados utilizando el arcoseno de la raíz cuadrada, como se recomienda para los datos de proporciones (Sokal y Rohlf, 1995).

## Resultados

Se detectó una diferencia en la forma como las especies germinaron ( $F = 12.48$ ,  $P < 0.001$ ), así como un efecto significativo en la interacción *especie*  $\times$  *densidad* ( $F = 5.92$ ,  $P = 0.01$ ). *Isolatocereus dumortieri* tuvo una menor germinación conforme aumentó la densidad de semillas, mientras que la germinación de *M. geometrizans* fue constante con diferentes densidades de semillas (Fig. 1).

## Discusión

Flores et al. (2006, 2008) informan que varias cactáceas del desierto Chihuahuense tienen latencia de semillas; sin embargo, tanto *I. dumortieri* como *M. geometrizans* parecen no tenerla en sus semillas, ya que mostraron germinación alta en la mayoría de los tratamientos de



**Figura 1.** Efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Isolatocereus dumortieri* (gris) y *Myrtillocactus geometrizans* (claro). Los valores de germinación son el promedio de 5 repeticiones. Las barras indican la desviación estándar. Distintas letras muestran diferencias significativas entre tratamientos de densidad para cada especie ( $P < 0.01$ ).

densidad. Para el caso de *M. geometrizans*, en el Valle de Tehuacán, Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet (1998) encontraron que distintas concentraciones de pH y de acidez no incrementaron la germinación en comparación con el tratamiento control. Por lo tanto, es probable que el paso de las semillas por el tracto digestivo de animales sea solamente un medio de dispersión, más que un promotor del rompimiento de latencia.

El efecto de la densidad de semillas en la germinación fue distinto entre las dos especies. *Isolatocereus dumortieri* mostró menor porcentaje de germinación con el aumento de la densidad, mientras que la germinación de *M. geometrizans* no fue afectada por la densidad de semillas. Estos resultados sugieren que las plántulas de *I. dumortieri* podrían competir por recursos, fenómeno registrado en especies de otras familias (Palmbiad, 1968; Linhart, 1976; Callaghan, 1996; McMurray et al., 1997; Murray, 1998; Lortie y Turkington, 2002; Grundy et al., 2003). El  $\text{CO}_2$  producido por la respiración de las raíces de las plántulas que germinan primero podría ser una causa de la inhibición de la germinación, ya que se ha demostrado que el  $\text{CO}_2$  disminuye la germinación de algunas semillas (Bai et al., 2003). Por el contrario, las semillas de *M. geometrizans* no se ven afectadas por la densidad de semillas, de manera similar a lo que se ha registrado para especies de otros ambientes (Smith, 1983; Wardle, 2003). Sin embargo, es probable que entre las plántulas sí exista competencia por recursos como en otras especies de lugares semiáridos (Inouye, 1980; McMurray et al., 1997). Hasta el momento, no se han realizado estudios de competencia entre plántulas de cactáceas; por lo tanto, sería necesario realizarlos con grupos de semillas que son dispersadas juntas dentro de las excretas, con el fin de evaluar la germinación de semillas y

el posterior crecimiento y supervivencia de las plántulas.

El que una de las especies estudiadas aquí para germinar sea sensible a la densidad y otra no, podría estar relacionado con el tamaño de los frutos, pues a mayor tamaño de fruto mayor número de semillas (Ayala-Cordero et al., 2004), y los frutos de *M. geometrizans* son más pequeños (1 a 2 cm de diámetro) que los de *I. dumortieri* (de 3 a 3.5 cm de diámetro, Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978). Sin embargo, un dispersor podría consumir solamente porciones de un fruto grande o muchos frutos pequeños, neutralizando así el efecto del número de semillas por fruto. Es probable que las especies aquí estudiadas tengan diferentes agentes dispersores que hagan que una de ellas enfrente mayor riesgo de competencia con plántulas hermanas que la otra. Se esperaría que las semillas de la especie que no resultó sensible a la densidad (*M. geometrizans*), normalmente se dispersen de manera solitaria o en baja densidad, o bien, que tengan un agente dispersor secundario (por ejemplo hormigas) que separe las semillas originalmente agregadas en las heces; mientras que las semillas de la especie con menor germinación a mayor densidad de semillas (*I. dumortieri*) sean con más frecuencia dispersadas de manera agregada (*clump dispersal*). Se requiere de estudios detallados sobre la dispersión de las semillas de estas especies para entender mejor las implicaciones de la densidad de semillas en la germinación.

#### Literatura citada

- Ayala-Cordero, G., T. Terrazas, L. López-Mata y C. Trejo. 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.
- Bai, Y., C. R. Tischler, D. T. Booth y E. M. Taylor. 2003. Variations in germination and grain quality within a rust resistant common wheat germplasm as affected by parental  $\text{CO}_2$  conditions. *Environmental and Experimental Botany* 50:159-168.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1978. Las cactáceas de México, vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 743 p.
- Bregman, R. 1988. Forms of seed dispersal in Cactaceae. *Acta Botanica Neerlandica* 37:95-402.
- Callaghan, T. P. 1996. Asynchronous and density-dependent germination: the spreading of risk in *Plumatella emarginata*. *Oecologia* 105:194-198.
- Cheplick, G. P. 1992. Sibling competition in plants. *Journal of Ecology* 80:567-575.
- Cheplick, G. P. 1993. Sibling competition is a consequence of restricted dispersal in an annual cleistogamous grass. *Ecology* 74:2161-2164.
- Cortés-Figueira, J. E., J. Vasconcellos-Neto, M. A. García y A. L. Teixeira de Souza. 1994. Saurocory in *Melocactus violaceus*

- (Cactaceae). *Biotropica* 26:295-301.
- Dyer, A. R. 2004. Maternal and sibling factors induce dormancy in dimorphic seed pairs of *Aegilops triuncialis*. *Plant Ecology* 172:211-218.
- Flores, J., E. Jurado y A. Arredondo. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Science Research* 16:149-155.
- Flores, J., E. Jurado y J. F. Jiménez-Bremont. 2008. Breaking seed dormancy in specially protected *Turbincarpus lophophoroides* and *Turbincarpus pseudopectinatus* (Cactaceae). *Plant Species Biology* 23:44-47.
- Flores, J., O. Briones, A. Flores y S. Sánchez-Colón. 2004. Effect of predation and solar exposure on the emergence and survival of desert seedlings of contrasting life-forms. *Journal of Arid Environments* 58:1-18.
- Godínez-Álvarez, H. y A. Valiente-Banuet. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments* 39:21-31.
- Godínez-Álvarez, H. A. Valiente-Banuet y A. Rojas-Martínez. 2002. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. *Ecology* 83:2617-2629.
- González-Insuasti, M. S. y J. Caballero. 2007. Managing plant resources: How intensive can it be? *Human Ecology* 35:303-314.
- Grundy, A. C., A. Mead y S. Burston. 2003. Modelling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape. *Journal of Applied Ecology* 40:757-770.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México/ Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F., 315 p.
- Inouye, R. S. 1980. Density-dependent germination response by seeds of desert annuals. *Oecologia* 46:235-238.
- Jiménez-Sierra, C. y L. Figueroa-Jiménez. 2004. *Isolatocereus dumortieri* (Scheidw.) Backeb. (*Stenocereus dumortieri*). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 49:96.
- Linhart, Y. B. 1976. Density-dependent seed germination strategies in colonizing versus non-colonizing plant species. *Journal of Ecology* 64:375-380.
- Lortie, C. J. y R. Turkington. 2002. The effect of initial seed density on the structure of a desert annual plant community. *Journal of Ecology* 90:435-445.
- Luna-Morales, C. y J.R. Aguirre. 2001. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia* 26:18-24.
- McMurray, M. H., S. H. Jenkins y W. S. Longland. 1997. Effects of seed density on germination and establishment of a native and an introduced grass species dispersed by granivorous rodents. *American Midland Naturalist* 138:322-330.
- Michelet, D. 1996. Río Verde, San Luis Potosí. Instituto de Cultura San Luis Potosí/Centre Francais d' Etudes Mexicaines et Centraméricaines/Lascasiana, México, D. F., 437 p.
- Murray, B. R. 1998. Density-dependent germination and the role of seed leachate. *Australian Journal of Ecology* 23:411-418.
- Naranjo, M. E., C. Rengifo y P. J. Soriano. 2003. Effect of ingestion by bats and birds on seed germination of *Stenocereus griseus* and *Subpilocereus repandus* (Cactaceae). *Journal of Tropical Ecology* 19:19-25.
- Palmblad, I. G. 1968. Competition in experimental populations of weeds with emphasis on the regulation of population size. *Ecology* 39:26-34.
- Pedroni, F. y M. Sánchez. 1997. Seed dispersal of *Pereskia aculeata* Muller (Cactaceae) in a forest fragment in southeast Brazil. *Revista Brasileira do Biologia* 57:479-486.
- Pérez-González, S. 1999. Estudio etnobotánico, ecológico y de usos potenciales del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) como base para su domesticación y cultivo. Cuaderno de Trabajo, Sistema de Investigación Miguel Hidalgo, CONACYT. Querétaro, Querétaro. 31 p.
- Rzedowski, J. 1961. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM. 228 p.
- Smith, B. H. 1983. Demography of *Floerkea proserpinacoides*, a forest floor annual. III. Dynamics of seeds and seedling populations. *Journal of Ecology* 71:413-25.
- Sokal, R. R. y J. H. Rohlf. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman, New York.
- Verdú, M. y A. Traveset. 2004. Bridging meta-analysis and the comparative method: a test of seed size effect on germination after frugivores' gut passage. *Oecologia* 138:414-418.
- Waite, S. y M. J. Hutchings. 1978. The effects of sowing density, salinity and substrate upon the germination of seeds of *Plantago coronopus* L. *New Phytologist* 81:341-348.
- Wardle, G. M. 2003. Experimental determination of seed emergence and carry-over in the soil seed bank of the herbaceous perennial, *Trachymene incise* (Apiaceae). *Austral Ecology* 28:161-172.
- Traveset, A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1/2:151-190.
- Zimmer, K. 1982. Temperatur und keimung einiger kakteenarten. *Kakteen und andere Sukkulente* 33:73-75.
- Zimmer, K. 1998. Zur keimung von kakteensaatgut. *Schumannia* 2:75-84.
- Zimmer, K. y P. Büttner. 1982. Ersatz des lichtbedürfnisses bei der keimung von kakteensamen durch Gibberellinsäure. *Gartenbauwissenschaft* 47:97-101.