

# Dinámica de la floración de *Leptocereus scopulophilus* (Cactaceae): estrategias de atracción

## Flowering dynamics of *Leptocereus scopulophilus* (Cactaceae): attraction strategies

Duniel Barrios Valdés\*, Luis Roberto González-Torres\* y Alejandro Palmarola Bejerano\*

### RESUMEN

La población de *Leptocereus scopulophilus* es pequeña y ocupa escasamente 3 500 m<sup>2</sup> en la ladera sureste del Pan de Matanzas. Estas características pudieran requerir de una estrategia de floración diferente a la de la mayoría de las cactáceas columnares con poblaciones grandes y extensas. En el presente trabajo se estudia la intensidad de la floración; la disponibilidad de flores, botones y frutos; el volumen y la concentración de néctar; y el gasto de energía de esta especie endémica de Cuba. Además, se determinó la efectividad de la polinización y probabilidad de polinización cruzada. *L. scopulophilus* comienza su floración en la segunda mitad de la época seca (febrero) y se extiende hasta el inicio de la época de lluvias (junio), sin embargo, la mayor cantidad de flores se producen desde marzo hasta mayo. La mayoría de las plantas abren como promedio una flor por noche. A pesar de que el número de plantas en floración se incrementa hasta abril, la intensidad de la producción de flores en la población se mantiene en todo momento por debajo de 50%. La producción y la concentración de néctar no varían significativamente durante el período de floración. Las flores pueden producir hasta 0,76 mL de néctar por noche y destinan más de 1kJ en el néctar. El éxito de la polinización tiende a aumentar con el transcurso de la floración hasta un 45%. La floración de *L. scopulophilus* es similar a la de otras cactáceas columnares presentes en ecosistemas áridos.

**Palabras claves:** *Leptocereus scopulophilus*, floración, polinización, producción de néctar, Pan de Matanzas.

### ABSTRACT

The population of *Leptocereus scopulophilus* is small and barely occupies 3.500 m<sup>2</sup> in the southeast side of Pan de Matanzas. These unique features may require a flowering strategy different from that of most columnar cacti with larger and widespread populations. In this paper, the production of flowers, the availability of flower buds, flowers and fruits; the volume and concentration of nectar; and the energy output of this Cuban endemic species were study. Additionally, the pollination effectiveness and the likelihood of cross-pollination were estimated. *L. scopulophilus* starts flowering in the second half of the dry season (February) and runs through the beginning of the rainy season (June) but most flowers are produced from March to May. Most plants open an average of one flower per night. Although, the number of blooming plants increase up to April the intensity of flower production in the population is always less than 50%. Nectar production and concentration do not vary significantly. The flowers may produce up to 0,76 mL of nectar per night and allocate more than 1 kJ in the nectar. The success of the pollination increases along the course of the season up to 45%. In general, the flowering strategy of *L. scopulophilus* is similar to that of other columnar cacti from dry ecosystems.

**Key words:** *Leptocereus scopulophilus*, flowering, pollination, nectar production.

**Recibido:** 3 de julio 2013. **Aceptado:** 20 de agosto 2013

### INTRODUCCIÓN

La floración de las cactáceas columnares se caracteriza en general, por (1) la producción simultánea de botones, flores en antesis y frutos (Bustamante & Búrquez 2005); (2) la apertura de pocas flores por noche (Casas & al. 1999, Molina-Freaner & al. 2004, Valiente-Banuet & al. 2004 e Ibarra-Cerdeña & al. 2005); (3) la floración parcial que generalmente no abarca todos los individuos adultos de la población (Valiente-Banuet & al. 1997, Molina-Freaner & al. 2004) y (4) el patrón de floración unimodal con un máximo en la época de seca (Fleming & al. 2001, Ibarra-Cerdeña & al. 2005, Méndez & al. 2005, Dar & al. 2006), aunque existen especies con patrones de floración bimodal (Ibarra-Cerdeña & al. 2005) y multimodal (Oaxaca-Villa & al. 2006, Rivera-Marchand & Ackerman 2006).

*Leptocereus scopulophilus* Areces, a diferencia de la mayoría de las cactáceas columnares cuyas poblaciones ocupan grandes extensiones (Valiente-Banuet & al. 2000) y se agregan en densidades mayores a 1 000 individuos adultos/ha (Valiente-Banuet & Escurra 1991, Valiente-Banuet & al. 1997, Valiente-Banuet & al. 2000), tiene una población que abarca escasamente 3 500 m<sup>2</sup> (González-Torres & al. 2012), y su densidad es 800 individuos adultos/ha. Considerando el efecto que tienen los atributos poblacionales en el éxito reproductivo de las especies (Leimu & al. 2006), se esperaría que la singularidad de la población de *L. scopulophilus* condujera al desarrollo de una estrategia de floración diferente a la de la mayoría de las cactáceas columnares. El estudio de Barrios (2008) muestra similitud tanto en el desarrollo floral (antesis, duración de la flor, producción y concentración de néctar), como en el síndrome de polinización y el sistema de cruzamiento de *L. scopulophilus*, con otras cactáceas columnares. La presente investigación está dirigida precisamente a

\*Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana. Carretera "El Rocío" km 3 ½, Calabazar, Boyeros. La Habana. Cuba.  
E-Mail: dbarrios@fbio.uh.cu

dilucidar si *L. scopulophilus* durante el período de floración, emplea estrategias de atracción similares a las cactáceas columnares de ecosistemas áridos y semiáridos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La población de *Leptocereus scopulophilus* se ubica alrededor de los 200 msm y abarca solamente 3 500 m<sup>2</sup> (Barrios & al. 2012) del sotobosque del bosque semidecíduo mesófilo que se desarrolla en la ladera sureste del Pan de Matanzas (González – Torres & al. 2007), en el cual predominan especies típicas de las alturas mogotiformes del este de Mayabeque, como *Hebestigma cubense* (Kunth) Urb., *Cordia gerascanthus* L. y *Celtis trinervia* Lam. (Barrios & al. 2010). La temperatura promedio anual en la región es de 24°C, mientras que la precipitación media anual es de 1 422 mm, con un período lluvioso (mayo-octubre) en el que se acumula el 75 % de estas precipitaciones. El estudio se realizó entre los meses de febrero y julio de 2009.

### La especie

*Leptocereus scopulophilus* es un cactus columnar endémico de Cuba, considerado En Peligro Crítico (Berazaín & al. 2005). Las características de sus flores son típicas de un síndrome de polinización quiropterófilo (Barrios 2008). Estudios de la biología de la polinización, muestran que *L. scopulophilus* presenta un sistema de cruzamiento alógamo autoincompatible y se piensa que solo el murciélago *Monophillus redmani* realice polinización efectiva (Barrios 2008).

### Disponibilidad de flores e intensidad de la floración

Se escogió una muestra de 50 individuos adultos (más de 250 cm de altura) al azar y se registró mensualmente durante la época de floración, el número de botones, flores abiertas, flores senescentes y frutos. El total de la muestra se dividió en subgrupos, según el inicio de la formación de botones, flores y frutos de los individuos. Se definió intensidad de la floración como la frecuencia de individuos florecidos.

### Néctar

En tres momentos de la floración se cuantificó la producción de néctar total en 9 flores de diferentes plantas. Las flores permanecieron cubiertas durante la noche con una bolsa que impedía el acceso de los visitantes florales. El volumen de néctar se midió entre las 07:00 y 07:30 pm. con una jeringuilla de precisión 0,01ml, mientras que la concentración se midió con un refractómetro de mano de precisión 0,5 %. La energía ofrecida por cada flor se calculó según Dafni (1992), teniendo en cuenta solamente el néctar.

### Efectividad de la polinización

La efectividad de la polinización se determinó por la formación de frutos de 185 flores marcadas en 97 plantas. En tres momentos de la floración se marcaron flores al azar en la mañana y se observó a la semana cuantas habían formado frutos. La probabilidad de polinización cruzada se obtuvo de la razón: plantas florecidas/número de flores abiertas en una noche.

### Análisis de los datos

El máximo de floración de los dos subgrupos de individuos de *L. scopulophilus* se comparó usando la prueba U de Mann – Whitney. El número de botones y frutos de cada subgrupo se comparó con una prueba Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) donde se utilizó la media de la distribución de botones y frutos de cada mes; mientras que el volumen de néctar se analizó con un ANOVA paramétrico de clasificación simple. El análisis de los datos y los gráficos fueron confeccionados en el paquete estadístico Statistica versión 6.1. y el programa Sigma - Plot 10.0.

## RESULTADOS

### Disponibilidad de flores e intensidad de la floración

La floración de *L. scopulophilus* comienza en febrero y se extiende hasta junio, aunque es entre marzo y mayo que se observa la mayor producción de flores (Figura 1). En la población, 49 % de los individuos abren una flor por noche y 82 % entre 1 y 3 flores. Sin embargo, hay individuos que pueden abrir hasta 19 flores en una noche.

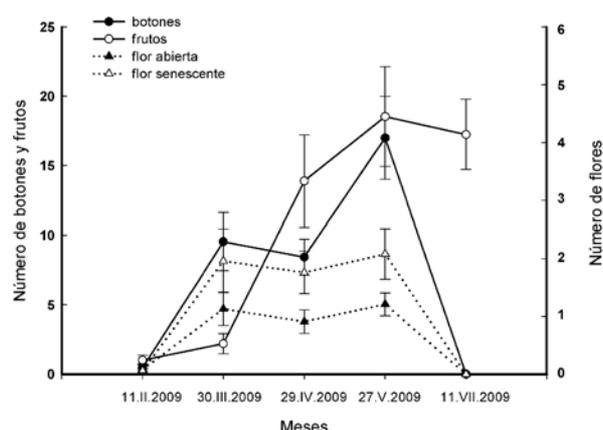


Fig. 1. Estructuras reproductivas durante la floración en *Leptocereus scopulophilus* (n=50). Los símbolos representan la media y las barras verticales su error estándar.

La incorporación de individuos a la reproducción aumenta durante los meses de marzo y abril; sin embargo, la intensidad de la floración es siempre inferior al 50 % en todas las etapas (Figura 2).

Durante el estudio se observó la presencia de tres grupos de individuos según el inicio de la floración. Un grupo de plantas comenzó la floración en febrero con un máximo

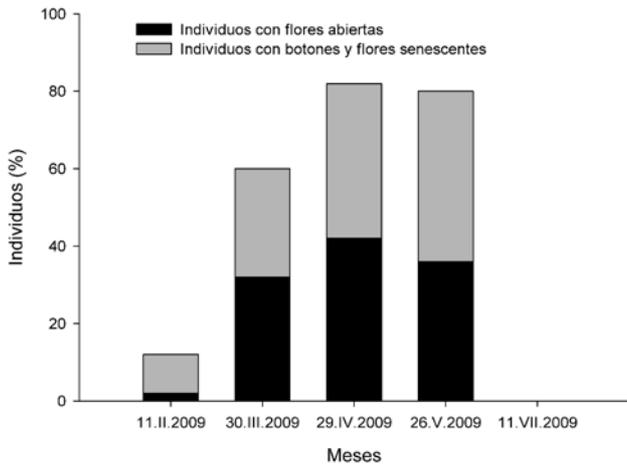


Fig.2. Actividad reproductiva de *Leptocereus scopulophilus* (n=50) durante la floración.

en marzo, otro grupo inició un mes más tarde con un máximo en mayo y un tercer grupo que no floreció o cuya floración fue tardía y de pocas flores (Figuras 3 y 4). Entre los grupos existen diferencias significativas en el momento de mayor floración ( $U = 133,5$ ;  $p = 0,029$ ), así como en el comportamiento fenológico de botones ( $X^2 = 18,02$ ;  $p = 0,0004$ ;  $gl = 3$ ) y frutos ( $X^2 = 13,67$ ;  $p = 0,0084$ ;  $gl = 4$ ) (Figura 4).

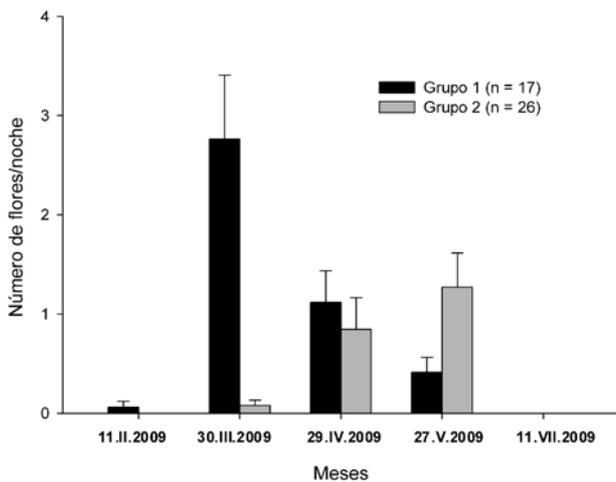


Fig.3. Disponibilidad de flores en dos grupos de individuos de *Leptocereus scopulophilus* durante la floración. Las barras representan la media y las líneas su error estándar.

**Néctar y efectividad de la polinización**

La producción de néctar no varía significativamente en las tres etapas que fue cuantificada ( $F = 1,287$ ;  $p = 0,29$ ), aunque se observa cierta tendencia a disminuir al final de la época de floración (Figura 5). El mayor volumen de néctar acumulado por una flor es 0,76 ml y en el 68 % de las flores, las plantas invierten más de 1 Kj de energía en néctar. En todas las etapas las flores predominantes son las que producen más de 1,5 Kj, mientras que las flores con menos de 0,5 Kj son poco frecuentes (Figura 6).

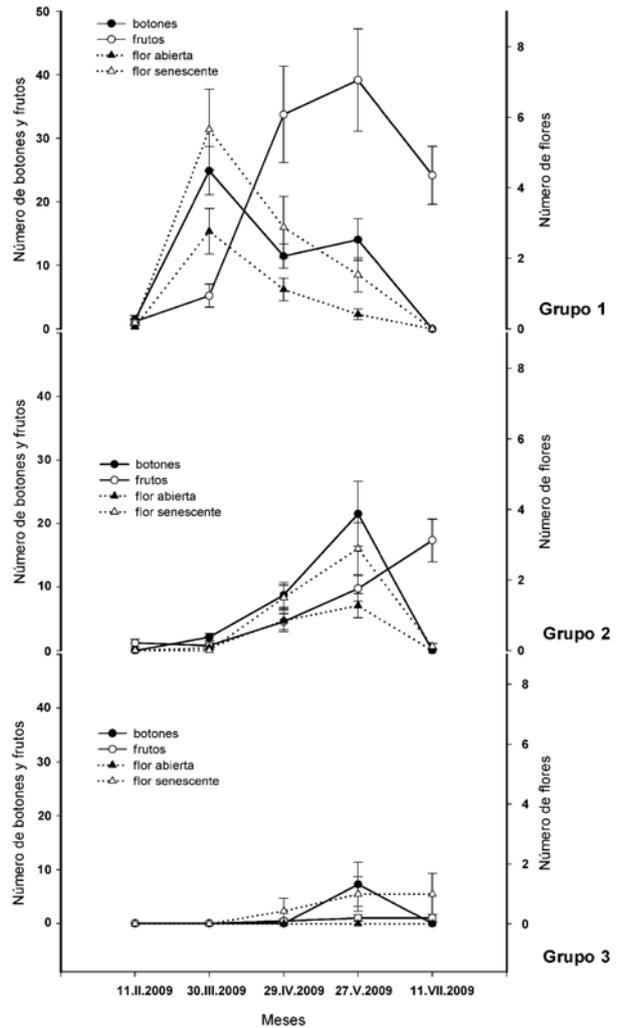


Fig. 4. Comportamiento de tres grupos de individuos de *Leptocereus scopulophilus* durante la floración. Grupo 1 (n = 17); grupo 2 (n = 26) y grupo 3 (n = 7).

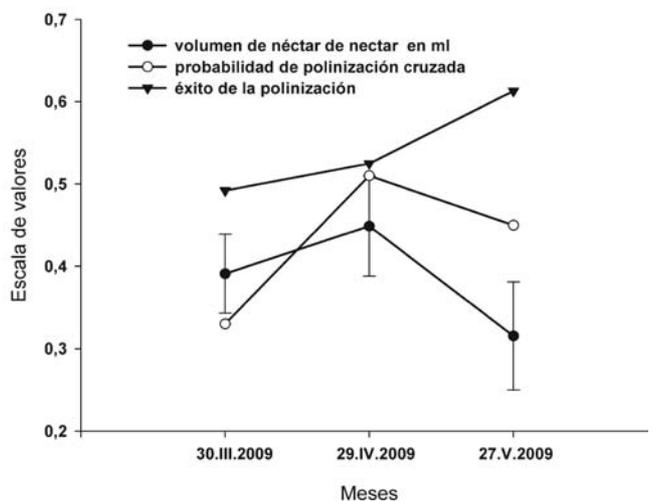


Fig. 5. Comportamiento de la producción de néctar, éxito de la polinización y la probabilidad de polinización cruzada en *Leptocereus scopulophilus* durante la floración.

El éxito de la polinización es siempre superior al 45 % y aumenta con el avance de la floración, sin ser afectado por la disminución de la probabilidad de polinización cruzada en la última etapa (Figura 5).

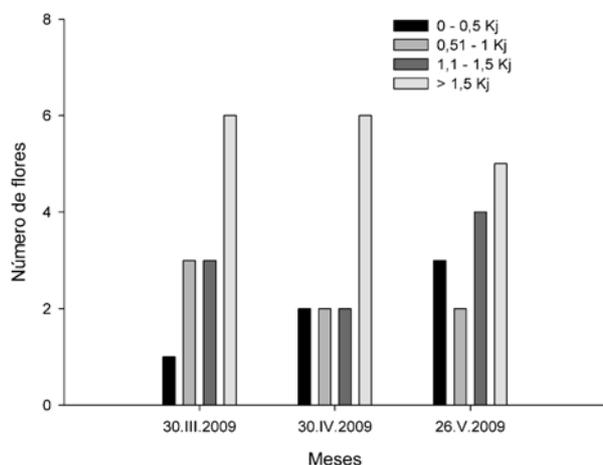


Fig. 6. Energía invertida en la producción de néctar en flores de *Leptocereus scopulophilus* (n = 38) durante la floración.

## DISCUSIÓN

La floración de *Leptocereus scopulophilus* ocurre durante la segunda mitad de la época seca y el inicio del período lluvioso y es similar a la de numerosas especies de cactáceas columnares con un patrón unimodal, tal como lo muestran los estudios realizados por Fleming & al. (2001), Ibarra-Cerdeña & al. (2005), Méndez & al. (2005) y Dar & al. (2006). Durante la temporada seca la mayoría de los árboles deciduos pierden sus hojas y muchas de las lianas mueren lo que posibilita la llegada al sotobosque de mayor cantidad de luz. Este suceso debe influir positivamente en la producción de flores y frutos de *L. scopulophilus*, pues estudios realizados por Wycherley (1973), van Schaik (1986) y Lepsch-Cunha & Mori (1999) han demostrado que en especies tropicales del sotobosque la productividad aumenta cuando hay mayor luminosidad. Además, el aumento en la apertura del bosque también debe facilitar la visibilidad y la maniobrabilidad de los polinizadores en sus visitas a las flores de *L. scopulophilus*.

Por otra parte, la concentración de la floración de *L. scopulophilus* hacia el final del período seco pudiera estar facilitando que la maduración de los frutos y la dispersión ocurran en la época lluviosa donde hay mayor probabilidad de germinación de las semillas. Este resultado apoya la hipótesis del período óptimo de germinación propuesta por van Schaik (1993), la que predice que en bosques con una temporada seca marcada las especies tienden a fructificar al inicio de la temporada de lluvia.

La apertura de pocas flores por noche es otra de las estrategias de las que pudiera estar valiéndose esta

especie de cactus, lo que coincide con los estudios de Casas & al. (1999), Molina-Freaner & al. (2004), Valiente-Banuet & al. (2004) e Ibarra-Cerdeña & al. (2005), aunque en general, *L. scopulophilus* abre un número menor de flores por noche que lo encontrado en los estudios anteriores. Según Bustamante & Búrquez (2005), la apertura de pocas flores por noche puede favorecer la transferencia de polen entre individuos diferentes y al mismo tiempo evitar la autopolinización, que en especies xenógamas como *L. scopulophilus* (Barrios 2008) es de suma importancia para evitar que polen propio cubra la zona estigmática e impida que polen de otro individuo fecunde dicha flor. Sin embargo, es importante destacar que el hecho de que florezcan menos del 50 % de los individuos en una noche puede resultar un elemento negativo para *L. scopulophilus*, debido a que siendo una población pequeña se podría afectar el éxito de la polinización como consecuencia de: (1) menor probabilidad de polinización cruzada y (2) estar por debajo de las demandas energéticas que sus polinizadores requieren y por tanto recibir pocas o ninguna visita.

Por otra parte, la intensidad de la floración inferior al 50 % en todas las etapas es una consecuencia directa del patrón de floración de los grupos de individuos identificados. Estos grupos de individuos con separación al inicio de la floración de aproximadamente un mes y con máximos de floración en momentos diferentes contribuyen al alargamiento de esta fase reproductiva. Resultados similares fueron encontrados en *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb., especie que presenta un polimorfismo en la iniciación de la floración, con un grupo que inicia aproximadamente 1,5 meses antes del resto de la población (Fleming 2002).

La constancia en el número de flores abiertas por noche y en la intensidad de la floración pueden tener importantes consecuencias para la reproducción de esta especie, pues brinda cierta "seguridad" de alimento para sus polinizadores, lo cual debiera aumentar la probabilidad de visitas y el éxito de la polinización, a medida que avanza la floración. De hecho, en el presente estudio se registró una tendencia al aumento en el éxito de la polinización con el tiempo de floración; aunque no se realizaron conteos nocturnos de visitas a las flores durante las etapas que abarcó la floración sería oportuno analizar en futuras investigaciones la relación entre visitas/tiempo de floración.

La tendencia en la disminución del néctar producido por flor al final de la floración puede ser el reflejo del gasto de energía de las plantas durante los meses previos. Las flores de *L. scopulophilus* ofrecen generalmente abundante néctar; sin embargo, la presencia de flores con poco néctar (menos de 0,5 KJ)

puede significar un ahorro de energía en recompensa sin que se llegue a “desalentar” a los polinizadores pues el porcentaje de flores con abundante néctar va a ser siempre superior.

## CONCLUSIONES

En sentido general el comportamiento de *L. scopulophilus* durante el período de floración es similar al de muchas de las cactáceas columnares estudiadas de ecosistemas áridos y semiáridos. La extensión del período de floración y la constancia en la disponibilidad de flores se debe a las diferencias en el inicio de la floración entre grupos de individuos, que a su vez deben mantener atractiva para los polinizadores el área de forrajeo donde se encuentra la población de este cactus. Por otra parte, los resultados obtenidos indican que la pequeña extensión de la población de *L. scopulophilus* sumado a la baja intensidad de la floración y la apertura de pocas flores por noche, no ha sido un problema para el éxito de la polinización de esta especie; entre otras causas, debido al buen estado de conservación del hábitat donde se desarrolla.

## AGRACEDICMIENTOS

Este estudio contó con el apoyo en el trabajo de campo de Ainel González, Betsy Fumero, Andrés Aguilera, Onel Alfonso, Carlos León, Norberto Sánchez, Ibraín y Yuneisy. Agradecemos el apoyo recibido por el Jardín Botánico de Matanzas, Jardín Botánico Nacional, el Programa de Liderazgo de la Conservación, de MBZ Fondo para la Conservación de las Especies, la Sociedad Británica de Cactus y Suculentas, y de Idea Wild. Los autores agradecen a dos árbitros anónimos cuyos comentarios ayudaron a mejorar la versión final del documento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrios, D. (2008). Biología de la polinización de *Leptocereus scopulophilus* (Cactaceae) en el Pan de Matanzas, Cuba. Tesis de Diploma. Universidad de La Habana. 50pp.

Barrios, D., González-Torres, L. & Palmarola, A. 2010. Se descubre *Pereskia zinniiflora* en el occidente de Cuba. *Bissea* 4 (Número Especial 1): 2.

Barrios, D., González-Torres, L. R. & García-Beltrán, J. A. 2012. Vivipary in Cuban cacti: a pioneer study in *Leptocereus scopulophilus*. *Bradleya* 30: 147-150.

Berazaín, R., Areces, F., Lazcano, L. & González-Torres, L. 2005. Lista roja de la flora vascular cubana. *Documentos del Jardín Botánico Atlántico (Gijón)* 4: 1 - 86.

Bustamante, E. & Búrquez, A. 2005. Fenología y biología reproductiva de las cactáceas columnares. *Cact. Suc. Mex.* 50(3): 68 – 88.

Casas, A., Valiente-Banuet, A., Rojas – Martínez, A. & Dávila P. 1999. Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. *Amer. J. Bot.* 86 (4): 534 – 542.

Dafni, A. 1992. *Pollination Ecology. A Practical Approach*. Oxford University Press.

Dar S., Coro A. & Valiente-Banuet. 2006. Diurnal and Nocturnal Pollination of *Marginatocereus marginatus* (Pachycereae: Cactaceae) in Central México. *Ann. Bot. (Oxford)* 97 (3): 423-427.

Fleming, T. H., Sahley, C. T., Holland, J. N., Nason, J. D. & Hamtick, J. L. 2001. Sonoran Desert Columnar Cacti and the Evolution of Generalized Pollination Systems. *Ecol. Monogr.* 71(4): 511 – 530.

Fleming, T. H. 2002. Pollination Biology of four species of Sonoran Desert Columnar Cacti: 207 – 224. En Fleming, T. & Valiente-Banuet, A. (Eds.). *Columnar cacti and their mutualist: evolution, ecology, and conservation*. University of Arizona Press.

González-Torres, L., Palmarola, A., Echemendía, Y. & Barrios, D. 2007. Conservation of *Leptocereus scopulophilus* and *L. wrightii*, two endemic cacti from Cuba. *Cactus World* 25 (supplement): 15 - 20.

González-Torres, L. R., Barrios, D. & Palmarola, A. 2012. The ecology and natural history of *Leptocereus scopulophilus* (Cactaceae). *Cactus World* 30 (2): 110-114.

Ibarra-Cerdeña, C., Iñiguez-Dávalos, L. & Sánchez-Cordero V. 2005. Pollination ecology of *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae), a *Chiropterophilus* columnar cactus, in a tropical dry forest of Mexico. *Amer. J. Bot.* 92(3): 503 – 509.

Leimu, R., Mutikainen, P., Koricheva, J. & Fischer, M. 2006. How General Are Positive Relationships between Plant Population Size, Fitness and Genetic Variation? *J. Ecol.* 94(5): 942-952.

Lepsch-Cunha, N. & Mori, S. A. 1999. Reproductive phenology and mating potential in a low density tree population of *Couratari multiflora* (Lecythidaceae) in central Amazonia. *J. Trop. Ecol.* 15: 97 – 121.

Méndez, M., Durán, R., Dorantes, A., Dzib, G., Simá, L., Simá, P. & Orerllana, R. 2005. Floral demography and reproductive system of *Pterocereus gumeri*, a rare columnar cactus endemic to Mexico. *Journal of Arid Environments* 62: 363 – 376.

Molina-Freaner, F., Rojas-Martínez, A., Fleming, T. & Valient-Banuet, A. 2004. Pollination biology of the cactus *Pachycereus pecten-aboriginum* in north-western México. *Journal of Environments* 56: 117-127.

Oaxaca-Villa, B., Casas, A. & Valiente-Banuet, A. 2006. Reproductive biology in wild and silvicultural managed populations of *Escotria chiotilla* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central México. *Genet. Resources Crop Evol.* 53: 277 – 287.

Rivera-Marchand, B. & Ackerman, J. 2006. Bat Pollination Breakdown in the Caribbean Columnar Cactus *Pilosocereus royerii*. *Biotropica* 38(5): 635–642.

Valiente-Banuet, A. & Ezcurra, E. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisiana* in the Tehuacán valley, Mexico. *J. Ecol.*, 79: 961-971.

Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A., Arizmendi, M. & Dávila, P. 1997. Pollination Biology of Two Columnar Cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Central Mexico. *Amer. J. Bot.* 84 (4): 452 – 455.

Valiente-Banuet, A., Casas, A., Alcántara, A., Dávila, P., Flores-Hernández, N., Arizmendi, M., Villaseñor, J. L. & Ortega, J. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. México* 67: 24 – 74.

Valiente-Banuet, A., Molina – Freaner, F., Torres, A., Arizmendi, M. & Casas, A. 2004. Geographic differentiation in the pollination system of the columnar cactus *Pachycereus pecten - aboriginum*. *Amer. J. Bot.* 91 (6): 850 – 855.

Van Schaik, C. P. 1986. Phenological changes in a Sumatran rain forest. *J. Trop. Ecol.* 2: 327 – 347.

Van Schaik, C. P., Terborgh, J. W. & Wright, S. J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 24: 353 – 377.

Wycherley P. 1973. The phenology of plants in the sumid tropics. *Micronesica* 9(1): 75 – 96.