

## ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE *MAMMILLARIA CRINITA* DC. SUBSP. *CRINITA* Y *MAMMILLARIA POLYTHELE* MART. SUBSP. *POLYTHELE* ENDÉMICAS DEL CERRO “LA MESA REDONDA”, JALISCO, MÉXICO

MAURICIO LARIOS-ULLOA<sup>1\*</sup>, SOFÍA LOZA-CORNEJO<sup>1</sup>, BRENDA YULIANA RAMOS GÓMEZ<sup>1</sup> & HILDA JULIETA ARREOLA-NAVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara, Lagos de Moreno, Jalisco, México. \*E-mail: mauriciolu@hotmail.com.

<sup>2</sup> Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Recibido en Marzo de 2015. Aceptado en Abril de 2015. Publicado en Mayo de 2015.

**RESUMEN** – Los Altos Norte de Jalisco presentan vegetación característica de clima seco y semiseco, además de selva baja caducifolia, tal es el caso de la zona del presente estudio en el que se llevó a cabo un análisis de la abundancia y distribución de dos especies de *Mammillaria* Haw. (*Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* y *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele*) endémicas del Cerro “La Mesa Redonda” perteneciente a la Meseta Central y la Altiplanicie Mexicana en el municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México. “La Mesa Redonda” se caracteriza por presentar un clima semiseco y vegetación típica de selva baja caducifolia. En la zona de estudio se estableció un transecto de 2,000 m x 4 m en la ladera norte del cerro, para cada individuo de *M. crinita* subsp. *crinita* y *M. polythele* subsp. *polythele* se registró; coordenadas geográficas y altitud, densidad, frecuencia, patrones de distribución espacial, esto es, asociado a nodriza/roca o espacios abiertos y crecimiento agrupado o individual a fin de identificar los factores demográficos de las especies. Los resultados mostraron que *M. crinita* subsp. *crinita* se distingue por una mayor densidad y frecuencia, ambas están asociadas a roca y sólo se encuentran en la cara norte. *Mammillaria crinita* subsp. *crinita* tiene un forma de crecimiento Basitonia, mientras que para *M. polythele* subsp. *polythele* fue individual. Se concluye sobre la importancia de conocer patrones de distribución espacial a fin de poder sugerir medias de conservación, de ambas especies globosas de Cactaceae.

**PALABRAS CLAVE:** Cactaceae, demografía, densidad, frecuencia, nodricismo.

### ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF *MAMMILLARIA CRINITA* DC. SUBSP. *CRINITA* AND *MAMMILLARIA POLYTHELE* MART. SUBSP. *POLYTHELE*, ENDEMIC TO THE CERRO “LA MESA REDONDA”, JALISCO, MÉXICO

**ABSTRACT** – The Altos of Jalisco North present vegetation of dry and semidry climate, also lowland deciduous forest that is the case of the area of the present study which conducted an analysis on the abundance and distribution of two species of *Mammillaria* Haw. (*Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* and *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele*) endemic to The cerro “La Mesa Redonda”, belonging to the Central Plateau and the Mexican High-plateau in Lagos de Moreno, Jalisco, Mexico. “La Mesa Redonda” is characterized by a semi-dry climate and vegetation typical of deciduous forest, through a single transect on the northern slope of cerro of 2,000 m x 4 m, recording for each species, geographical coordinates and altitude, density, frequency and spatial distribution patterns, that is nurses association/rock or open spaces, and grouped or individual growth, a view to identifying the demographic factors species, to ascertain their site preferences. *Mammillaria crinita* subsp. *crinita* showed higher density and frequency, the two species are associated with rock and found only on the north side. *Mammillaria crinita* subsp. *crinita* have a Basitonia growth form, while for *M. polythele* subsp. *polythele* was individually, these data allow us to know the demography and the preferences of the two *Mammillaria* to be able to suggest conservation stockings, globose of the two Cactaceae species.

**KEY WORDS:** Cactaceae, demography, density, frequency, nurse plant.

### ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE *MAMMILLARIA CRINITA* DC. SUBSP. *CRINITA* E *MAMMILLARIA POLYTHELE* MART. SUBSP. *POLYTHELE* ENDÉMICAS DA SERRA “A MESA REDONDA”, JALISCO, MÉXICO

**RESUMO** – Os Altos Norte de Jalisco apresentam característica de clima árido e semiárido, além de uma vegetação caducifolia, como é o caso da área do presente estudo, onde foi realizada uma análise de abundância e distribuição de duas espécies de *Mammillaria* Haw. (*Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* e *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele*), endêmicas da serra “A Mesa Redonda”, pertencentes ao Platô Central e ao Planalto Mexicano, em Lagos de Moreno, Jalisco, México. “A Mesa Redonda” se caracteriza por apresentar um clima semiárido e vegetação típica de floresta caducifolia. Na área de estudo foi estabelecido um transecto de 2000 m x 4 m na vertente norte da serra e, para cada indivíduo de *M. crinita* subsp. *crinita* e *M. polythele* subsp. *polythele*, foram registrados as coordenadas geográficas e altitude, além da densidade, frequência, padrões de distribuição espacial tais como, associados à planta enfermeira/rochas ou ocorrendo em espaços abertos e crescimento agrupado ou individual, a fim de se identificar os fatores demográficos das espécies. Os resultados mostraram que *M. crinita* subsp. *crinita* se diferencia por uma maior densidade e frequência. Ambas as espécies estão associadas a rochas e são encontradas apenas na face norte. *Mammillaria crinita* subsp. *crinita* apresenta forma de crescimento do tipo basitonia, enquanto que *M. polythele* subsp. *polythele* é individual. Conclui-se sobre a importância de se conhecer os padrões de distribuição espacial a fim de sugerir medidas de conservação de ambas as espécies globosas de Cactaceae.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cactaceae, demografia, densidade, frequência, facilitação.

## Introducción

Las contribuciones sobre ecología y conservación de la familia Cactaceae, han tenido un incremento en los últimos años; sin embargo, para algunas especies y géneros sólo se tiene una descripción taxonómica (Rojas-Aréchiga y Arias, 2007), se

desconoce el estado actual de sus poblaciones y rasgos demográficos. Diversos trabajos sobre patrones de distribución y abundancia de cactáceas han mostrado que estos atributos varían tanto espacial como temporalmente. La alta variación que ocurre en el ambiente debido principalmente a factores topográficos, edáficos, así como gradientes de temperatura y

precipitación que pueden determinar los límites de distribución de especies de cactáceas a nivel regional (Hernández *et al.*, 2008). Tal es el caso de Álvarez *et al.* (2004) que estudiaron los aspectos ecológicos de dos especies de cactáceas amenazadas en el estado de Querétaro, o de Sánchez-Martínez *et al.* (2006) que en su estudio; “Especies de cactáceas prioritarias para la conservación en la zona árida Queretano-Hidalguense”, hace referencia a la conservación de *Mammillaria crinita* DC. subsp. *painteri* (Rose ex Quehl) U., debido a su endemismo. “La Mesa Redonda” pertenece al macizo antiguo de la Mesa Central ubicada al noroeste del estado de Jalisco en los límites con Aguascalientes y San Luis Potosí. De acuerdo a Barrera & Zaragoza (2005), se le da este nombre por los relieves mesetiformes elevados por encima de los 2,200 y 2,400 msnm que forman parte de la Mesa Central, presenta una vegetación de matorral semiseco y selva baja caducifolia donde se encuentran varias especies de cactáceas (Rzedowski y McVaugh, 1966; Barrera y Zaragoza, 2005; INEGI, 2014).

No obstante, cabe destacar que para el municipio de Lagos de Moreno, no existen trabajos sobre abundancia de especies de esta familia; algunos estudios, por ejemplo, se limitan a describir la vegetación y taxonomía de las especies, como el caso del trabajo de Rzedowski y McVaugh (1966), en el cual describen los tipos de vegetación destacando pastizal y matorral xerófilo y señala el tipo de flora en Lagos de Moreno. Para cactáceas Santana-Michel *et al.* (1987) lista especies para Lagos de Moreno y Ojuelos de Jalisco. El objetivo del presente trabajo de investigación es dar una aproximación del estado actual de las poblaciones de *Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* (Figura 1) y *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele* (Figura 2), especies endémicas del cerro denominado “La Mesa Redonda” en Lagos de Moreno, Jalisco, México. Para ello se llevó a cabo un estudio demográfico de ambas especies para identificar sus patrones de abundancia y distribución particular, con la finalidad de contribuir a la conservación de estas dos especies de Cactaceae.



**FIGURA 1.** *Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* (Cactaceae) asociada a roca y forma de crecimiento agrupada, en el cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México.



**FIGURA 2.** *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele* (Cactaceae) en el cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México. Detalle de la flor.

## Material y Métodos

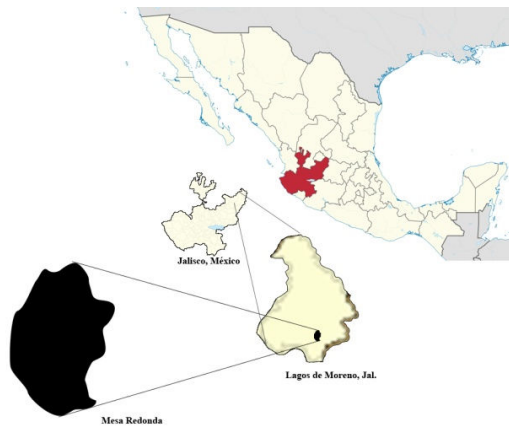
### Área de estudio

El municipio de Lagos de Moreno está situado en la región Altos Norte del estado de Jalisco. Se localiza entre las coordenadas 21°12'00" al 21°55'00" de latitud norte y de los 101°32'30" a los 102°10'30" de longitud oeste, con alturas entre 1,900 a 2,500 msnm. La cabecera que lleva el mismo nombre está a una altitud de 1,942 msnm y abarca una superficie de 2,849.36 km<sup>2</sup> (INEGI, 2014). El noroeste de Jalisco es conocido como Los Altos Norte de Jalisco, México, forma parte de la provincia de La Mesa Central, de la cuenca sedimentaria del Río Verde y de los bloques elevados del “plateauriolítico” con predominio de clima tropical subhúmedo y semiseco (Barrera y Zaragoza, 2005). La temperatura media anual es de 18.7°C y tiene una precipitación media anual de 573.2mm con régimen de lluvias en los meses de junio a octubre (INEGI, 2014).

### El Cerro “La Mesa Redonda”

“La Mesa Redonda” pertenece al macizo antiguo de la Mesa Central ubicada al noroeste del estado de Jalisco en los límites con Aguascalientes y San Luis Potosí (Figura 3). De acuerdo a Barrera y Zaragoza (2005), se le da este nombre por los relieves mesetiformes elevados por encima de los 2,200 y 2,400 msnm que forman parte de la Mesa Central y se encuentran separados por los relieves más bajos del borde occidental por un extenso piedemonte. Se localiza entre los 21° 17'20" y 21° 17'24" latitud norte y entre 102° 00'00" y 102° 00'01" longitud oeste (Figura 4). Presenta una vegetación de matorral semiseco y selva baja caducifolia donde se encuentran varias especies de cactáceas (INEGI, 2014).





**FIGURA 3.** El cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México.

#### Abundancia y distribución

Se estableció un transecto lineal horizontal de 2,000 m de largo por 4 m de ancho en la ladera de la cara norte del cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco. Para cada planta se registraron los siguientes datos; coordenadas geográficas y altitud, patrones de distribución espacial (asociación a nodriza o roca) y forma de crecimiento (agrupado o individual), las especies estudiadas (*M. crinita* subsp. *crinita* y *M. polythele* subsp. *polythele*) fueron identificadas de acuerdo a Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991), en el Laboratorio de Cactáceas del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), de La Universidad de Guadalajara, a cargo de La Dra. Hilda Julieta Arreola Nava. Los ejemplares de herbario respectivos fueron depositados en el Herbario Luz María Villareal de Puga del Instituto de Botánica de La Universidad de Guadalajara (IBUG).



**FIGURA 4.** El cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México.

#### Distribución geográfica y altitudinal

Se registró la presencia o ausencia de las especies, las coordenadas geográficas y la altitud de los sitios de muestreo, utilizando un GPS (Garmin serie eTrex HC.).

#### Frecuencia

La frecuencia fue definida como la probabilidad de encontrar un atributo, como una especie, en una unidad muestral y se midió en porcentaje. La frecuencia se divide en absoluta y relativa; la absoluta es el número total de registro de una especie en cada unidad muestral y la relativa es la relación de los registros absolutos de una especie y el número total de registros de todas las especies. La fórmula general para el cálculo fue:  $FR = a_i/A * 100$ , donde: **a** es igual al número de apariciones de una determinada especie y **A** es igual al número de apariciones de todas las especies. Para la determinación de abundancia se llevó a cabo el cálculo de frecuencia relativa (*f*) mencionado por Mostacedo y Todd (2000) y se elaboró una gráfica incluyendo el número de individuos de las dos especies de *Mammillaria* en la Unidad de Muestreo (UIM) y su altitud (Hernández et al., 2008).

#### Densidad

La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. La densidad (*D*) es el número de individuos (*N*) en un área (*A*) esto es:  $D = N/A$  (Mostacedo y Todd, 2000).

#### Patrones de distribución espacial

La ocupación del hábitat de las especies se determinó con base en los censos realizados. Se registraron todas las plantas que se encontraron asociadas a nodrizas, a rocas y en espacios desprotegidos o a luz plena.

## Resultados

#### Distribución geográfica y altitudinal

Se identificó la presencia de individuos de las dos especies de *Mammillaria*, solo en la ladera de la parte norte del cerro “La Mesa Redonda”. *Mammillaria crinita* subsp. *crinita* se distribuye desde 1987 a 2011 msnm. *Mammillaria polythele* subsp. *polythele* se encontró desde 1981 a 2022 msnm.

#### Densidad

*Mammillaria crinita* subsp. *crinita* presentó 166 plantas (densidad de 0.016 ind. m<sup>-2</sup>) y *M. polythele* subsp. *polythele* registró 44 plantas (densidad de 0.0044 ind. m<sup>-2</sup>) ambas en un transecto de 2,000 m de largo por 4 m de ancho (10,000 m<sup>2</sup>) (**Figura 5**).

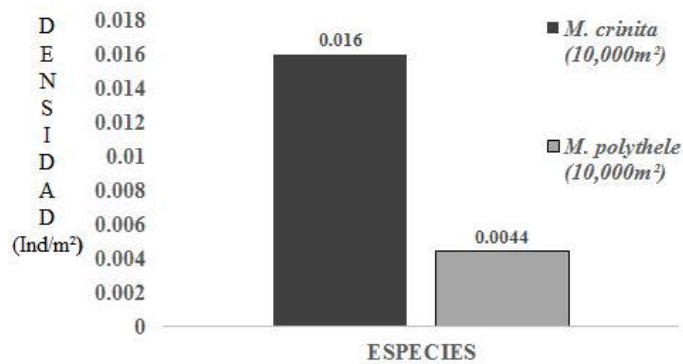
#### Distribución espacial

La forma de crecimiento observada en *M. crinita* subsp. *crinita* (*N* = 166) fue agrupada con 98% (**Figura 1**), *M. polythele* subsp. *polythele* (*N*=44) tuvo 89% en forma de crecimiento individual, en cuanto a la distribución espacial para *M. crinita* subsp. *crinita* (*N* = 166) y *M. polythele* subsp. *polythele* (*N* = 44) el total de la planta se encuentra en roca (**Cuadro I**).

#### Frecuencia

El cálculo de la frecuencia (*Fr*) de las dos especies de *Mammillaria*, dio como resultado; *M. polythele* subsp. *polythele*

con una  $Fr = 4.0$ , fue cuatro veces menor con respecto a *M. crinita* subsp. *crinita*  $Fr = 15.3$  (**Cuadro II**).



**FIGURA 5.** Densidad de *Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* y *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele* (Cactaceae) en el cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México.

**CUADRO 1.** Crecimiento y distribución de *Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* y *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele* (Cactaceae) en el cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México.

Especie	Forma de crecimiento	Distribución espacial
<i>M. crinita</i> subsp. <i>crinita</i>	A	R
<i>M. polythele</i> subsp. <i>polythele</i>	I	R

A: agrupada; I: individual; R: roca.

**CUADRO 2.** Frecuencia de *Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* y *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele* (Cactaceae) en el cerro “La Mesa Redonda”, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco, México.

Especie	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
<i>M. crinita</i> subsp. <i>crinita</i>	15.3	9.21
<i>M. polythele</i> subsp. <i>polythele</i>	4.0	9.09

## Discusión

### Distribución geográfica y altitudinal

La distribución geográfica de *M. polythele* subsp. *polythele* coincide con la mencionada por Guzmán *et al.* (2003). Sin embargo, *M. crinita* subsp. *crinita* no se menciona para Jalisco por estos autores, aunque sí se reporta en los estados de Aguascalientes, Guanajuato y San Luis Potosí, colindantes con la zona Altos Norte de Jalisco, donde está ubicado El cerro “La Mesa Redonda” por lo que es congruente la presencia de esta especie de *Mammillaria* en la zona.

La distribución altitudinal de *M. crinita* subsp. *painteri* de acuerdo a Sánchez-Martínez *et al.* (2006) es de 1700-2200

msnm. En la presente investigación se observó que *M. crinita* subsp. *crinita* se encuentra de 1987-2011 msnm, dentro del intervalo establecido por dichos autores para el estado de Querétaro. *Mammillaria polythele* subsp. *polythele* presentó un distribución de 1981 a los 2022 msnm, similar a la mencionada por Cabrera-Luna y Gómez-Sánchez (2005) que fue de 2030-2050 msnm. para la misma especie también en el estado de Querétaro.

### Densidad y distribución espacial

La fragmentación del hábitat disminuye las poblaciones y puede ocasionar la desaparición de especies con distribución restringida, las cactáceas al presentar alto grado de endemismo son vulnerables a la pérdida del hábitat (Godínez-Álvarez *et al.*, 2003; Valencia-Díaz, 2012; Meza-Rangel, 2014). Los trabajos de densidad y distribución espacial para El cerro “La Mesa Redonda” e incluso para el municipio de Lagos de Moreno son nulos. Cabe destacar, sin embargo, que el tamaño de muestra de este estudio es representativo debido a que se llevó un muestreo correspondiente al hábitat de las dos especies. Sin embargo, los datos de densidad y patrones de distribución de las especies de *Mammillaria* estudiadas pueden ser comparados con los establecidos para otras especies del género en otras regiones e incluso con otras cactáceas.

### Densidad

La densidad de *M. crinita* subsp. *crinita* fue de 0.016 indiv./m<sup>2</sup>, para *M. polythele* subsp. *polythele* fue de 0.0044 indiv./m<sup>2</sup>; una densidad menor comparada con las de otras especies de *Mammillaria*, por ejemplo, *Mammillaria eriacantha* Link & Otto ex Pfeiff. (0.68 indiv./m<sup>2</sup>) establecida por Valencia-Díaz (2012), los valores de densidad promedio varían de 0.045 a 0.60 indiv./m<sup>2</sup> y de 0.015 a 0.63 indiv./m<sup>2</sup>. Para *Mammillaria huitzilopochtli* D.R. Hunt y *Mammillaria supertexta* Mart. ex Pfeiff. (Solórzano *et al.*, 2014), los cuales respectivamente también son mayores a los de las especies de *Mammillaria* de la presente investigación. En un estudio sobre la dinámica poblacional de *Mammillaria gaumeri* (Britton & Rose) Orcutt, Ferrer-Cervantes *et al.* (2012) llevaron a cabo censos poblacionales de esta especie y concluyeron sobre la existencia de fluctuaciones en la población en las diferentes fechas de muestreo, para un área de 2,700 m<sup>2</sup> registraron en el año 1999, 778 individuos (densidad= 0.29 indiv./m<sup>2</sup> de *M. gaumeri*); para el año 2007 tuvieron un registro de 419 plantas (densidad= 0.16 indiv./m<sup>2</sup>); finalmente, el último censo realizado en el 2008 para poblaciones de dicha especie, los autores registraron 663 plantas (densidad= 0.24 indiv./m<sup>2</sup>). Las fluctuaciones en la densidad pueden ser causadas por las características de las especies y la ocurrencia de diferentes eventos de disturbio (Olmsted y Álvarez-Buylla, 1995). De acuerdo a Ferrer-Cervantes *et al.* (2012), en el caso de *M. gaumeri*, su estado de riesgo es causado principalmente por disturbios antropogénicos, tales como urbanización, construcción de carreteras, pastoreo y agricultura, los cuales modifican la vegetación y fragmentan el hábitat. *Mammillaria gaumeri* presentó bajas densidades de población compuestas principalmente de individuos adultos, ya que no registraron plántulas en los sitios investigados (Ferrer-

Cervantes *et al.*, 2012). Con base en lo anterior, para las especies de *Mammillaria* de la presente investigación, se considera de gran importancia realizar estudios adicionales en la zona del cerro "La Mesa Redonda" para determinar si las especies analizadas están en peligro o en riesgo de disminuir de manera considerable sus poblaciones.

#### Patrón de crecimiento y distribución

En este trabajo se observó que *M. crinita* subsp. *crinita* tiene un crecimiento arbustivo coincidente con el 12% de especies de cactáceas que presentan este tipo de crecimiento (Vázquez-Sánchez *et al.*, 2012). Hernández-Hernández *et al.* (2011) señalan que la forma 'globosa solitaria' es característica de algunas especies de cactáceas. *Mammillaria polythele* subsp. *polythele* presentó en su mayoría un crecimiento solitario; de acuerdo a Vázquez-Sánchez *et al.* (2012), la forma de crecimiento para un total de 102 especies de cactáceas estudiadas el crecimiento globoso solitario fue de un 50%.

El nodrizaje de plantas y rocas es un mecanismo comúnmente utilizado sobre todo porque facilita la germinación y el establecimiento de cactáceas globosas, como *Mammillaria kraehenbuehlii* (Krainz) Krainz (Peters *et al.*, 2008), *Coryphantha pallida* Britton & Rose, *Mammillaria haageana* Pfeiff. y *Mammillaria carnea* Zucc ex Pfeiff. (Mandujano, 2002). La distribución de *M. crinita* subsp. *crinita* es rupícola coincidente con *M. crinita* subsp. *painteri*, reportada por Sánchez-Martínez *et al.* (2006). De igual modo, *M. polythele* subsp. *polythele* se distribuye sobre roca, sin embargo se ha reportado para la zona con una distribución asociada a nodriza y ocasionalmente en roca lo que sugiere que la población de *M. polythele* subsp. *polythele* se ha estado reduciendo y las plantas rupícolas han sobrevivido debido a que se encuentran fuera del alcance de los visitantes del cerro y de los senderos. De acuerdo a Bashan *et al.* (2002; 2006), las plantas que colonizan rocas del desierto tienen una ventaja ecológica significativa sobre otras especies que son incapaces de establecerse en condiciones de sustrato extremas. El hábitat rocoso representa un limitante caracterizado por temperaturas extremadamente altas, alta insolación, baja disponibilidad de agua y un sustrato altamente impermeable para raíces, limitado volumen de suelo y nutrientes escasos; sin embargo, poco se conoce acerca de los factores que controlan la abundancia de plantas que colonizan las rocas (Nobel y Zutta, 2007).

Algunas especies de Cactaceae tienen una distribución espacial sobre rocas, *Mammillaria fraileana* (Britton & Rose) Boed., por ejemplo, es una cactácea globosa que crece en grupos de 10 a 15 cm de altura y 3 cm de diámetro, es endémica de Baja California Sur, México; generalmente crece en las fisuras de las rocas que son penetradas profundamente por las raíces. En un estudio sobre la abundancia de esta especie colonizadora de rocas, López *et al.* (2009) observaron que en los diferentes sitios muestreados donde se distribuye *M. fraileana*, numerosas fisuras y grietas en las rocas estuvieron relacionadas con una mayor abundancia. De acuerdo a estos autores, las fisuras y grietas proporcionan micrositios seguros contra herbívoros y protegen la planta de condiciones ambientales extremas tales como radiación solar directa. Además de los

factores físicos, se sabe que la presencia y concentración de minerales específicos, la tasa de erosión de la roca para la disolución de minerales y sales, así como la disponibilidad de nutrientes, pueden ser factores esenciales que afectan la colonización de la roca. Tales factores, específicamente la composición mineral y química de las rocas, contribuyen al éxito ecológico de *M. fraileana* y posiblemente controlan su distribución local. El análisis de la composición mineral de las rocas colonizadas por *M. fraileana* mostró que los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas tales como potasio y fósforo fueron significativamente diferentes entre los sitios de muestreo y aproximadamente un 70% de los elementos principales (K, Si, Na) estuvieron fuertemente relacionados con una mayor abundancia de *M. fraileana*; en contraste, la existencia elevada de algunos cationes como Ca, Mg, Fe, Mn limita la abundancia de la especie. Este podría ser el caso de los diversos patrones de distribución de las especies de *Mammillaria* del presente trabajo de investigación, ya que se observó que la porción del suelo tomada de las raíces de *M. crinita* subsp. *crinita* (especie rupícola) se caracterizó por la presencia de una concentración mayor de Na (0.312 Meq/100g) y K (1.183 Meq/100g), probablemente esta composición mineral y química del suelo está relacionada con la presencia restringida a este sitio de *M. crinita*, similar a lo observado para los patrones de abundancia establecidos para *M. fraileana*, en los que los sitios con mayor abundancia de individuos contienen rocas de ryodacita, riolita y andesita y son ricas en minerales como Si, K y Na. El sodio es considerado esencial en algunas plantas, pero la respuesta varía dependiendo de la edad de la planta y puede ser influido por condiciones de sequía (Winter y Holtum, 2005).

En comparación, la porción de suelo analizada de los sitios de distribución de *M. polythele* subsp. *polythele* tienen una mayor concentración de calcio (2.808-5.106 Meq/100g), magnesio (3.063-3.574 Meq/100g), 14% de agua aprovechable y pH que varía de 5.19 a 5.73. Para otras especies de *Mammillaria* (*M. carnea* y *M. haageana*) se ha establecido que su presencia es de 3 a 9.5 veces más común bajo arbustos que en áreas sin vegetación, siendo *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) M.C. Johnst. (Fabaceae) la nodriza más comúnmente utilizada ya que esta planta retiene sus hojas durante largo tiempo y por lo tanto puede facilitar la supervivencia de las plantas bajo su dosel por más tiempo. Las cactáceas frecuentemente se asocian con plantas nodriza que proporcionan un dosel más constante, como es el caso de *Prosopis*; de este modo las cactáceas se benefician con la protección de la excesiva radiación solar y las bajas temperaturas (18-25 °C) proporcionadas por la sombra de la planta nodriza, en comparación con las temperaturas de 18 a 40°C en áreas abiertas o desprovistas de vegetación (Mandujano *et al.*, 2002). En otros estudios sobre patrones de distribución espacial de especies de *Ferocactus* y *Mammillaria* han demostrado que un porcentaje considerable de individuos de estas cactáceas globosas se establecen bajo la sombra de especies de *Acacia* y *Prosopis*, siendo mayor el porcentaje de establecimiento (51.4%) bajo el dosel de *Prosopis*. Estos patrones de distribución espacial se han observado para otras formas de crecimiento de cactáceas,

demonstrando así, que el establecimiento y reclutamiento de muchas especies de cactus puede tener lugar en áreas cubiertas de arbustos. Aunque también los cactus globosos son capaces de establecerse en áreas abiertas, reforzándose así la hipótesis que la asociación con plantas nodriza es facultativa (López y Valdivia, 2007). Algunas rocas, varias superficies irregulares o herbáceas pueden actuar como facilitadores potenciales o efímeros permitiendo la germinación y supervivencia de plántulas (Munguía-Rosas y Sosa, 2008; Peters *et al.*, 2008). De acuerdo a Castillo-Landero y Valiente-Banuet (2010), las plantas nodriza mejoran el crecimiento, supervivencia y reproducción de las plantas bajo su dosel. Los principales mecanismos facilitadores proporcionados por las plantas nodriza son mejoramiento del microclima, protección contra herbívoros y mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo.

#### *Supervivencia in situ y factor de riesgo para las poblaciones*

*Mammillaria crinita* subsp. *crinita* fue reportada en este estudio para el estado de Jalisco sólo en El cerro “La Mesa Redonda”, esta especie se encuentra aislada debido a su distribución rupícola en la ladera norte del cerro lo que la pone fuera del alcance de los visitantes y del posible cambio de suelo, es una especie de crecimiento agrupada (basitonía) por lo que su permanencia es menos vulnerable, sin embargo en la zona existe una constante amenaza por ser un cerro de importancia turística religiosa y al no existir un control ambiental en el mismo. *Mammillaria polythele* subsp. *polythele* tiene una distribución rupícola en la ladera norte del cerro, lo que la pone fuera igual que *M. crinita* de peligro, sin embargo en excursiones anteriores se ha observado con una distribución asociada a nodriza sobre suelo, este trabajo arroja una distribución sólo rupícola, y fue difícil encontrar la planta, esto sugiere que *M. polythele* subsp. *polythele* sufrió una disminución considerable en la zona consecuencia de la alteración de la vegetación original y el saqueo de la planta, ya que como se menciona anteriormente el cerro es un centro turístico religioso. *Mammillaria crinita* subsp. *crinita* y *M. polythele* subsp. *polythele* no reportaron muerte de individuos.

#### *Frecuencia*

La frecuencia relativa porcentual de *M. crinita* subsp. *crinita* fue de 9.21%, y para *M. polythele* subsp. *polythele* fue de 9.09% frecuencias altas comparadas con *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. (0.58%), *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber (0.38) y *Mammillaria roseoaba* Boed. (1.73%), analizadas por Carmona-Lara (2008). Los estudios de frecuencia para las *Mammillaria* en particular y en la zona Altos Norte de Jalisco son nulos, porque se sugiere realizar mayores estudios en la zona para determinar si las frecuencias presentadas son significativas en la conservación de las poblaciones.

## Conclusiones

#### *Estructura de tamaño y distribución espacial*

Se registró la ladera norte del cerro “La Mesa Redonda”, donde se encontraron dos especies de *Mammillaria*, *M. crinita* subsp. *crinita* que se encuentra de 1987 a 2011

msnm., tiene una forma de crecimiento agrupada (basitonía) y está asociada a roca, presentó una densidad de 0.16 Ind/m<sup>2</sup> y una frecuencia relativa porcentual de 9.21% y *M. polythele* subsp. *polythele* la cual se encuentra de 1981 a los 2022 msnm, su forma de crecimiento fue individual asociada a roca, se obtuvo una densidad de 0.0044 Ind/m<sup>2</sup> y una frecuencia de 9.09%, ambas especies en 10,000 m<sup>2</sup>.

#### *Supervivencia in situ y factor de riesgo*

La supervivencia para *M. crinita* subsp. *crinita* y *M. polythele* subsp. *polythele* muestra una tendencia decreciente sobre todo para *M. polythele* subsp. *polythele*, ya que se ha observado en exploraciones anteriores un mayor número de individuos de esta especie. Para ambas, el riesgo radica en el saqueo, los incendios y el cambio de uso de suelo, derivados del factor antropogénico, principalmente el turismo religioso, sin embargo estas dos *Mammillaria* se encuentran hasta cierto punto protegidas y fuera del alcance de los visitantes al estar en pendientes alejadas de los senderos.

#### *Medidas de conservación*

Como se abordó anteriormente *M. polythele* subsp. *polythele* presenta una reducción considerable de su población, debido al saqueo y pérdida de vegetación original, efecto que podría alcanzar también a *M. crinita* subsp. *crinita*, por lo que se sugiere hacer más estudios de la zona, no sólo de botánica de Cactáceas si no en general de biodiversidad, para determinar el impacto antropogénico que se está causando a fin de sugerir normativas de protección en dicha zona.

## Literatura citada

- Álvarez R, Godínez-Álvarez H, Guzmán U y Dávila P. 2004. Aspectos ecológicos de dos cactáceas amenazadas: implicaciones para su conservación. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, 75: 7-16.
- Bashan Y, Li CY, Lebsky VK, Moreno M y Bashan LE. 2002. Primary colonization of volcanic rocks by plants in arid Baja California Mexico. **Plant Biology**, 4(3): 392-402.
- Bashan Y, Vierheiling H, Salazar BG y Bashan LE. 2006. Primary colonization and breakdown of igneous rocks by endemic succulent elephant trees (*Pachycormus discolor*) of the deserts in Baja California, Mexico. **Naturwissenschaften**, 93(7): 344-347.
- Barrera R y Zaragoza F. 2005. **Geomorfología del estado de Jalisco, ordenamiento ecológico del estado. Las estructuras del relieve del estado de Jalisco.** <http://www.acude.udg.mx/jalisciencia/diagnostico/fisgeolsintes.pdf> Acceso 09/09/14.
- Bravo-Hollis H y Sánchez-Mejorada H. 1991. **Las cactáceas de México.** México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. 404p.
- Cabrera-Luna JA y Gómez-Sánchez M. 2005. Análisis florístico de La Cañada, Querétaro, México. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, 77: 35-50.
- Carmona-Lara MP, Foroughbakhch R, Flores-Valdés A y Guzmán-Lucio MA. 2008. Flora cactológica y especies asociadas en el área natural protegida Sierra Corral de los Bandidos, Nuevo León, México. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, 79(2): 307-323.



- Castillo-Landero JP y Valiente-Banuet A. 2010. Species-specificity of nurse plants for the establishment, survivorship and growth of a columnar cactus. **American Journal of Botany**, 97(8): 1289-1295.
- Ferrer-Cervantes ME, Méndez-González ME, Quintana-Ascencio PF, Dorantes A, Dzib G y Durán R. 2012. Population dynamics of the cactus *Mammillaria gaumeri*: an integral projection model approach. **Population Ecology**, 54(2): 321-334.
- Godínez-Álvarez H, Valverde T y Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. **Botanical Review**, 69(2): 173-203.
- Guzmán U, Arias S y Dávila P. 2003. **Catálogo de Cactáceas Mexicanas**. México. D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Hernández HM, Goettsch B, Gómez-Hinostrosa C y Arita HT. 2008. Cactus species turnover and diversity along a latitudinal transect in the Chihuahuan Desert Region. **Biodiversity Conservation**, 17(4): 703-720.
- Hernández-Hernández T, Hernández MH, De-Nova JA, Puente R, Eguiarte LE y Magallón S. 2011. Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledonae). **American Journal of Botany**, 98(1): 44-61.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). En <http://www.inegi.org.mx>. Consultado 20-05-2014.
- López RP y Valdivia S. 2007. The importance of shrubs cover for four cactus species differing in growth form in an Andean semi-desert. **Journal of Vegetation Science**, 18(2): 263-270.
- Mandujano MC, Flores-Martínez A, Golubov J y Ezcurra E. 2002. Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. **Southwestern Naturalist**, 47(2): 162-168.
- Meza-Rangel E, Tafoya F, Lindig-Cisneros R, Sigala-Rodríguez JJ y Pérez-Molphe-Balch E. 2014. Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. Perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México. **Acta Botánica Mexicana**, 108: 67-80.
- Mostacedo B y Todd SF. 2000. **Manual de métodos básico de muestreo y análisis en Ecología vegetal**. Santa Cruz: Bolivia.
- Munguía-Rosas MA y Sosa J. 2008. Nurse plants vs. nurse objects: effects of woody plants and rocky cavities on the recruitment of the *Pilosocereus leucocephalus* columnar cactus. **Annals of Botany**, 101(1): 175-185.
- Nobel PS y Zutta BR. 2007. Rock associations, root depth, and temperature tolerances for the "rock live-forever" *Dudleya saxosa*, at three elevations in the north-western Sonoran Desert. **Journal of Arid Environments**, 69(1): 15-28.
- Olmsted I y Álvarez-Buylla ER. Sustainable Harvesting of Tropical Trees: Demography and Matrix Models of Two Palm Species in Mexico. **Ecological Applications**, 5(2): 484-500.
- Peters E, Martorell C y Ezcurra E. 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, 72(5): 593-601.
- Rojas Aréchiga M y Arias S. 2007. Avances y perspectivas en la investigación biológica de la familia Cactacea en México. **Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactaceae y otras Suculentas** 1:1-3
- Rzedowski J y McVaugh R. 1966. **La vegetación de Nueva Galicia**. Contributions from the University of Michigan Herbarium. Ann Arbor. Michigan.
- Sánchez-Martínez E, Chávez-Martínez RJ, Hernández-Oria JG y Hernández-Martínez MM. 2006. **Especies de Cactáceas prioritarias para la conservación en la zona árida Querétaro-Hidalguense**. Consejo de Ciencia y Tecnología Del Estado de Querétaro.
- Santana-Michel F, Scheinvar L y Arreola-Nava HJ. 1987. Guía de excursión botánica a Lagos de Moreno y Ojuelos. En: **X Congreso Mexicano de Botánica**. Guías de Excursiones Botánicas en México VIII. La Voz de Michoacán. Morelia, México. pp. 49-74.
- Solórzano S, Cuevas-Alducin PD, García-Gómez V y Dávila P. 2014. Genetic diversity and conservation of *Mammillaria huitzilopochtli* and *M. supertexta*, two threatened species endemic of the semiarid region of Central Mexico. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, 85(2): 565-575.
- Valencia-Díaz S, Flores-Palacios A y Castillo-Campos G. 2012. Tamaño poblacional y características del hábitat de *Mammillaria eriacantha*, una cactácea endémica del centro de México. **Botanical Sciences**, 90(2): 195-202.
- Vázquez-Sánchez M, Terrazas T y Arias S. 2012. El hábito y la forma de crecimiento en la tribu Cacteeae (Cactaceae, Cactoideae). **Botanical Sciences**, 90(2): 97-108.
- Winter K y Holtum JAM. 2005. The effects of salinity, crassulacean acid metabolism and plant age of the carbon isotope composition of *Mesembryanthemum crystallinum* L., a halophytic C3-CAM species. **Planta**, 222(2): 201-209.