



ARTÍCULO ORIGINAL

Características poblacionales y ecología del endemismo cubano *Melocactus nagy* (Cactaceae), en la Reserva Florística Manejada El Macío, Cuba

Population characteristic and ecology of the Cuban endemism Melocactus nagy (Cactaceae), in El Macío Floristic Managed Reserve, Cuba

Alfredo García-González^{1*}, Frander B. Riverón-Giró¹, Ixchel S. González-Ramírez², Raisa Y. Escalona Domenech¹, Yamileth Hernández Montero³ y Ernesto Palacio Verdecia⁴

¹ El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula, México

² Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México

³ Jardín Botánico de Holguín, Cuba

⁴ Parque Nacional Desembarco del Granma, Cuba

Autor para correspondencia:
alfredmx22@gmail.com

RESUMEN

Se desarrolló un estudio ecológico de *Melocactus nagy* (Cactaceae), en la Reserva Florística Manejada El Macío, Cuba. Se estudiaron algunos atributos de la población mediante transectos y se realizó un muestreo a lo largo de los 10 km lineales que abarca la población. Cada individuo se clasificó como inmaduro o adulto. En los transectos, se determinó cuáles individuos crecían agregados y cuáles solitarios, y de los individuos adultos se contaron los que presentaban vástagos en el cefalio, flores y frutos, y su número. Para evaluar el patrón de distribución espacial, se calculó el Índice Estandarizado de Morisita (I_p). En los transectos se localizaron 150 individuos y en el muestreo 730. En los transectos fueron inmaduros 71,33 % de los individuos y en el muestreo 64,93 %. La población presentó un patrón agregado ($I_p=0.50$). En los transectos, 34,9 % de los individuos adultos tenían vástagos (36 vástagos totales), 34,9 % tenían flores (22 flores) y 23,26 % tenían frutos (21 frutos). La población es relativamente numerosa y presenta una elevada tasa de reclutamiento. Sin embargo, es imprescindible establecer un monitoreo para conocer su dinámica espacio-temporal, sus interacciones con polinizadores y dispersores de semillas, y evaluar el impacto de las principales amenazas identificadas en el área.

Palabras clave: cactáceas, cefalio, estadios de vida, patrón de distribución, vástagos

ABSTRACT

In a population of Melocactus nagy (Cactaceae), in the El Macío Floristic Managed Reserve, Cuba, were conducted an ecological study. Some attributes of the population were studied by transects and a population sampling was performed along the linear 10 km of the population. Each individual was classified as immature or adult, and it was determined which individuals

Recibido: 2015-11-25

Aceptado: 2016-03-15

were growing aggregated or solitary in each transect. Among adult individuals were counted those with offshoot, flowers and fruits, and it was counted the number of offshoot, flowers and fruits. To evaluate the spatial distribution pattern of the species was calculated the Morisita Standardized Index (I_p). In transects were located 150 individuals and 730 in the sample. In transects 71,33 % of individuals counted were immature and, 64,93 % in the sample. The population has an aggregated pattern ($I_p=0.50$). In transects 34,9 % of adult individuals had offshoot (36 total offshoot), 34,9 % had flowers (22 flowers) and 23,26 % had fruits (21 fruits). The population is relatively large, and has an elevated recruitment rate. However, it is essential to establish monitoring of the population to collect details of space-temporal dynamics, interactions with pollinators and seed dispersers, and to assess the impact of the major threats identified in the area.

Keywords: cactus family, cephalium, distribution pattern, life stages, offshoot

INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae está compuesta por 124 géneros y aproximadamente 1 816 especies (Hunt *et al.*, 2006). Esta familia es endémica del Nuevo Mundo, con excepción del género *Rhipsalis* que también se encuentra en África Tropical (Taylor y Zappi, 2004). Cuba particularmente presenta la mayor diversidad de cactáceas en el área del Caribe (Mittermeier *et al.*, 1999), reportándose hasta el momento 27 especies, 14 de ellas endémicas (Hunt *et al.*, 2006).

Uno de los géneros que componen la familia Cactaceae es *Melocactus* Link & Otto, para el que actualmente se reconocen 34 especies y 15 subespecies. Estas cactáceas globosas se caracterizan por el desarrollo de una región reproductiva apical especializada, llamada cefalio, donde se producen las flores (diurnas) y los frutos (Machado, 2006). Se distribuyen en zonas áridas y semiáridas desde México hasta Sudamérica, y en el Caribe (Machado, 2006; Sanz y Nassar, 2007).

En Cuba existen numerosas incongruencias en las apreciaciones taxonómicas de este género, debido a la gran variabilidad de los caracteres morfológicos entre poblaciones de la misma especie (González-Torres, 2007). Para el país, los representantes de estas plantas se pueden organizar en tres grupos; el grupo de *M. matanzanus* con dos taxones (*M. matanzanus* León y *M. actinacanthus* Areces), el grupo de *M. guitartii* igualmente con dos taxones (*M. guitartii* León y *M. holguinensis* Areces) y el grupo de *M. harlowii* que incluye siete taxones (*M. harlowii* (Britton & Rose) Vaupel, *M. acunae* León, *M. nagy* Mészáros, *M. borhidii* Mészáros, *M. evae* Mészáros, *M. radoczii* Mészáros y *M. perezassoi* Areces) (Hunt *et al.*, 2006; González-Torres, 2007; Rigerszki *et al.*, 2007; Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012).

Específicamente, el grupo de *M. harlowii* se presenta en los matorrales costeros y bosques secos de la costa sur de Cuba oriental, desde Mota en Granma hasta Boca del Río Tacre en Guantánamo (Borhidi, 1991; Cruz y Borroto, 2013), y en los acantilados expuestos de las sierras del norte de Guamuhaya (Escambray), en el centro del país (Areces-Mallea, 1993). Según Berazaín *et al.* (2005), está amenazado, y algunas poblaciones pueden haber sido completamente destruidas por la agricultura, la urbanización y los fuegos (González-Torres, 2007).

Melocactus nagy (Fig. 1A, C) (dentro del grupo de *M. harlowii*), es un taxón endémico de Cuba (Rigerszki *et al.*, 2007; Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012), que habita en el extremo occidental de la costa suroccidental del país (Mészáros, 1976). Esta cactácea siempre se desarrolla alejada al mar, bajo el influjo de las brisas marinas, y puede crecer en terrenos con inclinación ligera, pero más frecuentemente en elevaciones con fuertes pendientes de más de 70°. Las condiciones edáficas generalmente también son extremas, con lugares prácticamente sin suelo, hasta en fersialíticos pardo rojizos y pardos, pero muy poco profundos. Son plantas heliófilas, habitualmente se encuentran en áreas abiertas, sin vegetación que las cubra y con la que tengan que competir. El sistema radical es superficial y en los lugares rocosos las raíces usan las grietas para su fijación, lo cual también contribuye a mejorar sus condiciones hídricas (Martínez *et al.*, 2005).

Teniendo en cuenta que *M. nagy* es una cactácea endémica de Cuba, con una distribución muy limitada (Mészáros, 1976; González-Torres, 2007; Rigerszki *et al.*, 2007; Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012); se decidió estudiar su ecología y estructura poblacional, como una forma de contribuir a aumentar el escaso



Figura 1: A: *Melocactus nagyii* en la Reserva Florística Manejada El Macío, Cuba. B: Farallones rocosos paralelos a la costa, hábitat principal de la especie en el área. C: Individuo adulto con numerosos vástagos creciendo en el extremo apical del tallo y en el cefalio. D: Desprendimiento de rocas en el área (Imágenes: A, C- Escalona R.Y.; B, D- García-González A.).

Figure 1. A: *Melocactus nagyii* in El Macío Managed Floristic Reserve, Cuba. B: Rocky cliffs parallel to the coast, the main habitat of the species in the area. C: Adult individual with many offspring growing at the apical end of the stem and the cephalium. D: Falling rocks in the area (Images: A, C- Escalona R.Y.; B, D- García-González A.).

conocimiento que se tiene sobre este género (Nassar y Ramírez, 2005; Sanz y Nassar, 2007) y particularmente sobre este taxón, lo cual redundará en mejores acciones de conservación y manejo para garantizar la permanencia de este endémico cubano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del sitio. El estudio se desarrolló durante agosto y septiembre de 2012, en farallones rocosos de altura variable (aproximadamente entre 20 y 50 m) y fuerte inclinación, a lo largo de la costa sur de la provincia Granma, Cuba (Fig. 1B), en la Reserva Florística Manejada El Macío. El principal núcleo po-

blacional de *M. nagyii* en esta localidad abarca aproximadamente 10 km lineales, de oeste a este, desde el Peñón de Mota a El Salvial. En el área predomina la vegetación de costa rocosa, la precipitación anual varía entre 800 y 1000 mm y la temperatura promedio anual es de 25°C (Acosta *et al.*, 2009).

Toma de datos. Se seleccionaron sitios donde la inclinación de la pendiente permitiera escalar los farallones sin utilizar equipamiento especial. En estos sitios se trazaron 12 transectos de largo y ancho variables en función de la dificultad del terreno. El largo máximo fue de 60 m y el mínimo de 50 m, y el ancho máximo de 3 m y el mínimo de 2 m. En cada transecto se contaron y midieron todos los individuos de *M.*

nagy a los que fue posible llegar (aproximadamente 95 % de los individuos). De forma complementaria, a lo largo del recorrido de 10 km bordeando los farallones rocosos, se hicieron paradas cada 1 km aproximadamente (10 paradas). En cada parada, desde la base de los farallones se contaron los individuos de *M. nagy*, con ayuda de binoculares. Además, durante este muestreo se hicieron observaciones del estado fitosanitario de los individuos, basándose fundamentalmente en su coloración, considerando que es un parámetro fácilmente apreciable a simple vista (individuos con manchas oscuras o color café uniforme fueron considerados como enfermos o muertos respectivamente). También, se revisaron todos los desprendimientos de rocas (Fig. 1D) que se localizaron en la base de los farallones a lo largo de los 10 km recorridos, con la finalidad de apreciar que tan perjudicial podía ser este fenómeno para la población de *M. nagy* estudiada. Considerando la fuerte inclinación de estos farallones, el tipo de vegetación y los fuertes procesos erosivos-denudativos que los caracterizan (Acosta *et al.*, 2009), es probable que los desprendimientos sean un fenómeno frecuente en el área estudiada.

Número de costillas, altura y diámetro. Estos datos se obtuvieron a partir de los individuos localizados en los transectos. A cada individuo se le contó el número de costillas y se le midió su altura (cm) y su diámetro (cm) en la sección media (Fabricante *et al.*, 2010). En el caso de los individuos con vástagos creciendo en el extremo apical del tallo y/o en el cefalio, el valor de altura que se tomó fue el del tallo principal.

Estructura poblacional y crecimiento agregado o solitario de los individuos. Todos los individuos de los transectos se separaron en dos estadios de vida. Los que presentaban cefalio se clasificaron como adultos y los que no, como inmaduros (Cerqueira-Silva y Leonardo, 2007; Romão *et al.*, 2007; Fabricante *et al.*, 2010). También, se determinó la forma de crecimiento de cada individuo: agregado o solitario. Como individuos agregados se consideraron aquellos que estaban a una distancia de 25 cm o menos de otro y como individuos solitarios aquéllos que estaban a una distancia mayor. El umbral de 25 cm se seleccionó teniendo en cuenta la morfología de los individuos adultos de la especie, principalmente el diámetro y la altura máxima que podían alcanzar. Se consideró, según observaciones de campo, que aparentemente a mayor separación era menor la competencia por espacio entre individuos.

Número de vástagos que crecían en el extremo apical del tallo y/o en el cefalio de algunos individuos adultos, número de flores y número de frutos. A todos los individuos adultos contabilizados en los transectos, se les contó el número de vástagos que crecían en el extremo apical del tallo y/o en el cefalio (Fig. 1C), el número de flores y el número de frutos.

Análisis estadísticos. Se obtuvieron medidas de tendencia central y de dispersión para todas las variables. En el caso de las variables continuas, se empleó la media y el error estándar, mientras que para las variables discretas, se utilizó la moda y el rango. La distribución de todos los datos fue significativamente diferente de una distribución normal por lo que se empleó estadística no paramétrica para evaluar las hipótesis. Se hizo una prueba de correlación de Spearman para evaluar la relación entre la altura y el diámetro de los individuos. Además, se comparó el número de costillas entre individuos inmaduros y adultos con una prueba de U de Mann-Whitney.

Para evaluar el patrón de distribución espacial de *M. nagy*, se calculó el Índice Estandarizado de Morisita (I_p) (Krebs, 1999; Cabrera y Wallace, 2007), que tiene la ventaja de ser independiente de la densidad de la población y del tamaño de la muestra (Krebs, 1999). Este índice se obtuvo para la población en general y por separado para cada uno de los dos estadios de vida en que se dividieron los individuos (inmaduros y adultos). Según Krebs (1999), un $I_p=0$ muestra distribución aleatoria, un $I_p>0$ distribución agregada y un $I_p<0$ distribución uniforme.

RESULTADOS

Número de individuos de *M. nagy* y estructura poblacional. En los 12 transectos se encontraron 150 individuos de *M. nagy*, de los cuales 107 fueron inmaduros (71,3 %) y 43 adultos (28,7 %) (Tabla 1). En el muestreo complementario se encontraron 730 individuos de *M. nagy*, de los cuales 474 fueron inmaduros (64,93 %) y 256 adultos (35,07 %).

Características morfológicas de los individuos de *M. nagy*. En promedio, los individuos de *M. nagy* en los transectos midieron $9,28 \pm 0,55$ cm de altura y $7,66 \pm 0,35$ cm de diámetro; estando fuertemente relacionados la altura y el diámetro ($r=0,91$; $P<0,0001$; $N=150$; Fig. 2). Los individuos inmaduros tuvieron una altura promedio de $5,99 \pm 0,41$ cm y un diámetro promedio

Tabla 1: Número de individuos de *Melocactus nagy* encontrados en los transectos muestreados en la Reserva Florística Manejada El Macío, Granma, Cuba. Número de individuos por cada estadio de vida (inmaduros y adultos) en cada transecto y parámetros morfológicos promedio (número promedio de costillas, altura promedio y diámetro promedio) de los individuos por transecto y estadio de vida ($\pm$ error estándar).

Table 1. Number of individuals of *Melocactus nagy* found in the sampled transects in El Macío Managed Floristic Reserve, Granma, Cuba. Number of individuals for each life stage (immature and adult) in each transect and average morphological parameters (average number of ribs, average height and average diameter) of individuals per transect and life stage ($\pm$ standard error).

No. Trans.	No. total individuos	Indiv. inmaduros	Parámetros morfológicos individuos inmaduros			Indiv. adultos	Parámetros morfológicos individuos adultos		
			No. de costillas	Altura (cm)	Diámetro (cm)		No. de costillas	Altura (cm)	Diámetro (cm)
1	14	6	11	6,52 $\pm$ 1,29	7,55 $\pm$ 1,65	8	10,75 $\pm$ 0,41	14,81 $\pm$ 1,56	11,13 $\pm$ 0,64
2	8	6	10	5,75 $\pm$ 1,39	6,08 $\pm$ 0,93	2	10,5 $\pm$ 0,5	17,25 $\pm$ 1,25	14,25 $\pm$ 1,75
3	7	3	9	2,17 $\pm$ 0,6	2,67 $\pm$ 0,6	4	11 $\pm$ 0	17 $\pm$ 0,41	12,23 $\pm$ 1,7
4	21	14	10	6,39 $\pm$ 1,08	5,78 $\pm$ 0,85	7	10,57 $\pm$ 0,3	18,19 $\pm$ 1,25	10 $\pm$ 1,2
5	17	15	10	5,59 $\pm$ 1	6,19 $\pm$ 0,98	2	11,5 $\pm$ 0,5	22,5 $\pm$ 4,5	16 $\pm$ 4
6	18	16	10	6,96 $\pm$ 1,10	5,88 $\pm$ 0,79	2	10 $\pm$ 0	14,75 $\pm$ 0,25	11,25 $\pm$ 0,25
7	8	6	10	6,75 $\pm$ 1,66	6,65 $\pm$ 1,06	2	12 $\pm$ 0	26,25 $\pm$ 6,25	15,5 $\pm$ 1,5
8	4	4	10	7,55 $\pm$ 3,66	6,2 $\pm$ 1,95	0	0	0	0
9	23	19	9	5,12 $\pm$ 0,94	4,92 $\pm$ 0,85	4	10,75 $\pm$ 0,48	16,5 $\pm$ 1,55	11,38 $\pm$ 0,47
10	12	7	10	6,8 $\pm$ 2	6,57 $\pm$ 1,53	5	11 $\pm$ 0,55	14,44 $\pm$ 1,09	12,9 $\pm$ 0,89
11	9	5	10	4,2 $\pm$ 1,19	4,9 $\pm$ 1,4	4	10,75 $\pm$ 0,25	21,75 $\pm$ 2,17	13,88 $\pm$ 1,30
12	9	6	11	6,6 $\pm$ 2,73	6,2 $\pm$ 1,95	3	10,67 $\pm$ 0,67	17 $\pm$ 1,53	12,87 $\pm$ 1,58
Total	150	107	9.93 $\pm$ 0.1	5,99 $\pm$ 0,41	5,83 $\pm$ 0,33	43	10,81 $\pm$ 0,13	17,48 $\pm$ 0,69	12,23 $\pm$ 0,43

de 5,83 $\pm$ 0,33 cm, mientras que los adultos tuvieron 17,48 $\pm$ 0,69 cm de altura promedio y 12,23 $\pm$ 0,43 cm de diámetro promedio (Tabla 1). La moda en el número de costillas fue de 10, el mínimo de costillas registradas por individuo fue de seis y el máximo de 13 (Tabla 1). Los individuos adultos tuvieron significativamente más costillas que los individuos inmaduros ($W=1200,5$; $P<0,0001$).

Patrones de distribución de *M. nagy*. El valor del Índice Estandarizado de Morisita (I_p) calculado para toda la población (tomando en cuenta adultos e inmaduros simultáneamente) fue de 0.50, lo que indica que la población presenta una distribución espacial agregada. Cuando se analizó la distribución espacial por estadio de vida de los individuos, se encontró que los adultos presentan un patrón ligeramente agregado ($I_p=0.06$) y los inmaduros un patrón agregado ($I_p=0.50$).

Estado fitosanitario y pérdida de individuos por desprendimientos de roca. Se encontraron tres individuos (dos inmaduros y un adulto) muertos, con indicios de ataque de patógenos. También, se observaron 17 individuos adultos arrancados y muriendo producto de tres desprendimientos recientes de rocas (Fig. 1D).

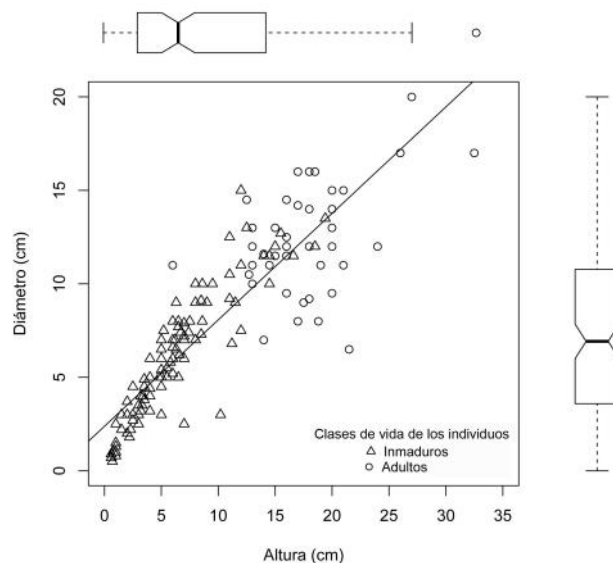


Figura 2: Correlación entre la altura y el diámetro de los individuos (inmaduros y adultos) de *Melocactus nagy* encontrados en 12 transectos, en la Reserva Florística Manejada El Macío, Cuba.

Figure 2. Correlation between height and diameter of individuals (immature and adult) of *Melocactus nagy* found in 12 transects in El Macío Managed Floristic Reserve, Cuba.

Tabla 2: Número de individuos adultos de *Melocactus nagy* encontrados en los transectos muestreados en la Reserva Florística Manejada El Macío, Granma, Cuba. Número de individuos adultos con vástagos creciendo en el extremo apical del tallo y/o en el cefalio en cada transecto, número de vástagos en estos individuos, número de individuos adultos con flores en cada transecto, número de flores, número de individuos adultos con frutos en cada transecto y número de frutos.

Table 2. Number of adults of *Melocactus nagy* found in the transects sampled in El Macío Managed Floristic Reserve, Granma, Cuba. Number of adult individuals with offspring growing in the apical end of the stem and/or cephalium in each transect, number of offspring in these individuals, number of mature flowering individuals in each transect, number of flowers, number of adult individuals with fruits in each transect and number of fruits.

Transecto	No. de individuos adultos con vástagos	No. de vástagos	No. de individuos con flores	No. de flores	No. de individuos con frutos	No. de frutos
1	0	0	3	4	0	0
2	1	2	1	2	0	0
3	0	0	2	3	1	3
4	2	4	4	5	0	0
5	1	5	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	1
7	1	2	0	0	1	2
8	0	0	0	0	0	0
9	1	3	3	6	1	3
10	2	5	1	1	3	7
11	4	7	0	0	1	1
12	3	8	1	1	2	4
Total	15	36	15	22	10	21

Número de vástagos, de flores y de frutos, en los individuos adultos de *M. nagy*. En los transectos se encontraron 15 individuos adultos de *M. nagy* con presencia de vástagos creciendo en el extremo apical del tallo y/o en el cefalio (34,9 % de los individuos adultos) (Tabla 2). En total se contaron 36 vástagos creciendo en el extremo apical del tallo y/o en el cefalio. Las plantas que presentaron vástagos tuvieron entre 1 y 5, siendo lo más frecuente encontrar 3 vástagos por planta con esta característica (Tabla 2).

También, se encontraron 15 individuos adultos con flores (34,9 % de los individuos adultos) y 10 con frutos (23,26 % de los individuos adultos) (Tabla 2). Los individuos que presentaron flores y frutos tuvieron hasta 3 flores y hasta 4 frutos (Tabla 2). Ningún individuo presentó simultáneamente flores y frutos. Se registraron cinco individuos que presentaron simultáneamente flores y vástagos, así como cuatro individuos con frutos y vástagos.

DISCUSIÓN

Aunque los transectos se ubicaron en sitios seleccionados según las dificultades del terreno, no se considera que este sesgo tenga una gran influencia en los resultados obtenidos. A pesar de que no se tomaron

datos específicos que permitieran demostrarlo, aparentemente *M. nagy* crecía indistintamente en pendientes moderadas y en pendientes pronunciadas. La población muestreada de *M. nagy*, aunque con un número total de efectivos poblacionales diferente, en comparación con poblaciones de *M. actinacanthus* y *M. matanzanus* (taxones también endémicos cubanos), presenta porcentajes similares de adultos y juveniles (González-Torres *et al.*, 2005; Robledo *et al.*, 2005). Igualmente, *M. nagy* muestra un porcentaje de adultos y juveniles similar al de poblaciones brasileñas de *Melocactus conoideus* Buining & Brederoo, *M. ernestii* Vaupel y *M. glaucescens* Buining & Brederoo (Colaço *et al.*, 2006; Brito *et al.*, 2007; Romão *et al.*, 2007). El mayor número de individuos de *M. nagy* inmaduros, tanto en los transectos como en el muestreo complementario, puede ser indicativo de una población "creciente" o "dinámica" (Hutchings *et al.*, 1998). Sin embargo, sería importante conocer la dinámica espacio-temporal de la población estudiada y la historia natural de *M. nagy*, ambas desconocidas.

En cuanto a la altura, diámetro y número de costillas, pueden ser caracteres variables entre especies de *Melocactus* (Rigerszki *et al.*, 2007). Por ejemplo,

algunos miembros continentales del género como *Melocactus bellavistensis* Rauh & Backeb. y *Melocactus schatzlii* W. Till & R. Gruber, regularmente no sobrepasan los 35 cm de alto (Madsen, 1989; Rondón, 2001; Nassar *et al.*, 2007), y en el caso de *M. schatzlii*, alcanza hasta 25 cm de diámetro (Rondón, 2001; Nassar *et al.*, 2007). Mientras, especies cubanas como *M. actinacanthus* y *M. matanzanus*, alcanzan entre 7-14 cm de alto (González-Torres *et al.*, 2005; Robledo *et al.*, 2005), y en el caso de *M. actinacanthus*, hasta 15 cm de diámetro (González-Torres *et al.*, 2005). Por su parte, los individuos adultos de *M. nagyi* alcanzaron valores promedios de altura similares a los reportados para las especies continentales y superiores a los de los taxones cubanos. En cuanto al diámetro, los valores promedios de *M. nagyi* fueron menores que los de *M. schatzlii*, y similares a los de *M. actinacanthus*. Igualmente, el número de costillas de *M. nagyi* es menor que el reportado para *M. bellavistensis* (14 a 18 costillas; Madsen, 1989), pero similar a los de *M. schatzlii* (10 a 15 costillas; Rondón, 2001; Nassar *et al.*, 2007), *M. matanzanus* y *M. actinacanthus* (8 a 9 costillas; Robledo *et al.*, 2005; González-Torres *et al.*, 2005). Es probable que el número de costillas, independientemente de estar determinado genéticamente en la especie, también juegue un papel importante en el autosombreado de las plantas, al igual que la profundidad de los canales intercostales (Yeaton *et al.*, 1980; Raveh *et al.*, 1998), la distancia intercostilla, su bifurcación concurrente (Yeaton *et al.*, 1980), y la disposición de las espinas (Lewis y Nobel, 1977), contribuyendo a reducir la carga de calor y a la menor pérdida de humedad, aunque se requieren estudios específicos que lo confirmen.

El patrón general de distribución agregada que se observa en la población de *M. nagyi*, principalmente en los individuos inmaduros, coincide con lo descrito para otras poblaciones de especies de *Melocactus*. Una población de *M. ernestii* presentó una distribución donde los individuos inmaduros se distribuyeron de forma agrupada, aprovechando las fisuras de las rocas (Romão *et al.*, 2007). Similarmente, una población de *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb. presentó un patrón agregado, estando influenciada la distribución posiblemente por la disponibilidad del microhábitat donde prefiere vivir la especie (Fabricante *et al.*, 2010). En cuanto a los individuos adultos de *M. nagyi*, a pesar de que se puede considerar que tienen una distribución agregada, presentan una fuerte tendencia a crecer de forma aleatoria.

Según plantean Romão *et al.* (2007) este comportamiento coincide con la distribución reportada para los individuos adultos de *M. ernestii*, que muestran un patrón de distribución más disperso a medida que aumenta la edad de los individuos.

En la naturaleza, la capacidad intrínseca de crecimiento de las poblaciones y su regulación de la densidad, están determinadas por diferentes factores, entre los que se encuentran la competencia inter e intraespecífica (Townsend *et al.*, 2000; Krebs, 2001) o la facilitación, fenómeno común entre plantas de ecosistemas áridos (Verdú y Valiente-Banuet, 2008). Frecuentemente en las plantas, cuanto más cerca se encuentra un individuo de otro, mayor competencia se establece, sobre todo por recursos esenciales como luz, agua y nutrientes (Krebs, 2001). En este contexto, la dinámica poblacional de las especies de flora, principalmente la de aquellas con mayores necesidades de luz, puede estar influenciada por el sombreado de otras especies adyacentes o por la proximidad de sus congéneres (Brito *et al.*, 2007). Por su parte, las redes de facilitación que se establecen entre plantas nodrizas y facilitadas, presentan características mutualistas, donde la planta nodriza es la que facilita la existencia de otra, debido a que mejora el ambiente en el que se desarrolla, al generarle sombra, más humedad o materia orgánica (Verdú y Valiente-Banuet, 2008). En el caso de *M. nagyi*, no se conoce que se asocie con plantas nodriza para desarrollarse. Probablemente los individuos germinan más frecuentemente agregados y cerca de la planta madre, y en la medida que van creciendo, con el aumento de la competencia, sobreviven sólo los más alejados del grupo y que hayan logrado germinar y establecerse en los sitios más adecuados. Los individuos de *M. nagyi* generalmente crecían en sitios de rocas expuestas, entre las fisuras de las rocas.

Otro factor que puede jugar un importante papel en la distribución de la población de *M. nagyi* son los mecanismos de dispersión y las interacciones de frugivoría. Los frutos de *Melocactus* pueden tener dispersión barócara (Robledo *et al.*, 2005; Romão *et al.*, 2007), lo que generalmente implica diseminación de las semillas a corta distancia de la planta madre. Sin embargo, frecuentemente los frutos también son consumidos por lagartos terrestres (Taylor, 1991; Romão *et al.*, 2007; Sanz y Nassar, 2007; Casado y Soriano, 2010), aves y en ocasiones por artrópodos (Romão *et al.*, 2007; Casado y Soriano, 2010), lo que

garantiza la propagación en un rango relativamente amplio. Específicamente la herpetocoría en cactáceas es un síndrome de dispersión aún más común en ambientes insulares que en los continentales (Sanz y Nassar, 2007), por lo que es posible que en El Macío, *M. nagyi* tenga como dispersores principales a *Ameiva auberi* Cocteau (Teiidae) y a varias especies del género *Leiocephalus* (Tropiduridae). Estos lagartos terrestres viven en el área donde se realizó el estudio y tienen hábitos diurnos (Martínez y Moreno, 2003). Sería necesario confirmar la hipótesis de la dispersión por lagartos en el área de estudio y estudiar la frecuencia y alcance de la dispersión barócora, para poder obtener resultados concluyentes con respecto a la influencia de este aspecto en la distribución de la población de *M. nagyi*.

En el caso de los individuos de *M. nagyi* posiblemente afectados por patógenos, no se pudo determinar que organismo lo ocasionaba y no fue un fenómeno observado frecuentemente. Sin embargo, se hace necesario realizar estudios más enfocados a las cuestiones fitosanitarias de la población, teniendo en cuenta que este puede ser un importante aspecto para la conservación del taxón. Por ejemplo, en *M. matanzanus* una bacteria del género *Corynebacterium* se encontró infectando aproximadamente 64 % de la población, y produjo la muerte de más de 100 individuos en el año de estudio (Robledo *et al.*, 2005). Por su parte, los desprendimientos de rocas posiblemente sean un importante factor de pérdida periódica de individuos de *M. nagyi*, y sería fundamental cuantificar estas pérdidas en el tiempo, para poder estimar la posible influencia del fenómeno en la dinámica poblacional del taxón y en su conservación. Similarmente, González-Torres *et al.* (2005) identifican los derrumbes, junto con la recolecta indiscriminada, la destrucción del hábitat y la erosión del suelo, como las principales amenazas que enfrenta *M. actinacanthus* en su área de distribución.

A pesar de que Rigerszki *et al.* (2007) afirman que el género *Melocactus* generalmente no presenta ramificaciones, más del 30 % de los individuos adultos de *M. nagyi* exhibían vástagos creciendo en el extremo del tallo principal de la planta y/o en el cefalio, y a su vez muchos de los vástagos presentaban cefalio propio (Fig. 1C). Sin embargo, aunque este fenómeno se encontró frecuentemente en los individuos adultos de la población, y posiblemente se presente en otras especies del género, no se ha estudiado a profundidad el origen de estos vástagos, las implicaciones eco-

lógicas que pueden tener para los individuos producirlos y/o que ventajas les reditúa ante los individuos que no los tienen. Rodríguez y Apezteguía (1999) exponen que generalmente estos vástagos se originan cuando se hiere el vértice del cefalio principal, momento en el que las aréolas en reposo que se encuentran en su base se estimulan y en poco tiempo forman un nuevo cefalio. También puede ocurrir que al lado del viejo cefalio se forme un nuevo cuerpo normal o vástago, que a su vez, luego de algunos años, produce un nuevo cefalio, denominándosele comúnmente a este fenómeno “cefalio de varios pisos”. No obstante, es probable que los vástagos también se originen en semillas que se quedan retenidas en el cefalio y posteriormente germinan. Este fenómeno fue reportado por Leyva y Riverón-Giró (2011) para *M. holguinensis*. Los autores plantean que algunos frutos maduros se quedan atrapados por las cerdas y lana del cefalio (hecho también observado por los autores en *M. guittartii*), donde se secan y liberan las semillas, algunas de las cuales germinan y continúan su desarrollo sobre la planta madre. Romão *et al.* (2007) observaron que también en *M. ernestii*, aproximadamente 30 % de los frutos producidos no fueron dispersados ni expulsados, si no que permanecieron parcialmente dentro del cefalio de la planta madre.

Menos de 35 % de los individuos adultos de la población de *M. nagyi* se encontraron en floración en el periodo del muestreo, y menos de 24 % se encontraron con frutos. Posiblemente, como ocurre con otras especies del género, este porcentaje sea superior en otras épocas del año, aunque debe haber floración y producción de frutos durante los 12 meses (Colaço *et al.*, 2006; Romão *et al.*, 2007).

A pesar de que en *Melocactus* puede ocurrir autopolinización, la estructura y coloración de las flores indica que debe tener polinización cruzada (Taylor, 1991; Locatelli y Machado, 1999; Nassar *et al.*, 2007). El género tiene como polinizadores principales a los colibríes (Locatelli y Machado, 1999; Colaço *et al.*, 2006; Nassar *et al.*, 2007), por lo que probablemente en El Macío, *M. nagyi* es polinizado fundamentalmente por *Chlorostilbon ricordii* Gervais, que es el único integrante de la familia Trochilidae que se encuentra en el área (Garrido y Kirkconnell, 2000; Acosta *et al.*, 2009). Sin embargo, nunca se observó a esta especie visitando las flores de *M. nagyi*. Una vez polinizadas las flores, se producen frutos pequeños, que frecuentemente tienen un alto contenido de agua y baja concentración de azúcar (Cortes *et al.*, 1994).

Teniendo en cuenta los resultados del muestreo complementario, podemos afirmar que la población de *M. nagy* de El Macío es relativamente numerosa y el estudio por transectos demuestra que aparentemente es saludable, con abundante reclutamiento. Sin embargo, es imprescindible establecer un monitoreo de la población a largo plazo, para obtener información detallada de su dinámica espacio-temporal, sus interacciones con polinizadores y con dispersores de semillas. Además, evaluar el efecto de los vástagos en la fisiología de la planta madre y en su reproducción, y estimar el impacto de la pérdida de individuos por desprendimientos de rocas, recolecta ilegal con fines ornamentales, ataque de patógenos, e incendios; principales amenazas identificadas en el área.

AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores de la Reserva Florística Manejada El Macío y del Parque Nacional Desembarco del Granma, Cuba, por el apoyo brindado en la realización de este trabajo. A la organización IDEAWILD, por el equipamiento proporcionado, fundamental para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Rodríguez, P. y M.T. Strong (2012) Catalogue of seed plants of the West Indies. Smithsonian Contributions to Botany. Number 98. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington D.C. 1192 pp.
- Acosta, W., J.C. Marrero, V. Díaz y E. Oliva (2009) Plan de Manejo Reserva Florística Manejada El Macío (2009-2013). Empresa Nacional Para la Protección de la Flora y la Fauna, Ministerio de la Agricultura, Cuba. 89 pp.
- Berazain, R., F. Areces, J.C. Lazcano y L.R. González-Torres (2005) Lista roja de la flora vascular cubana. Documentos del Jardín Botánico Atlántico, Volumen 4, Gijón. 86 pp.
- Borhidi, A. (1991) Phytogeography and vegetation ecology of Cuba. 1ra edición, Akademiai Kiadó, Budapest. 858 pp.
- Brito, K.S., H.M.F. Oliveira, J.R.F. Melo, C.G. Morais, *et al.* (2007) Efeito da densidade da cobertura vegetal na população de *Melocactus conoideus* (Cactaceae) no Parque Municipal Serra do Periperi. Memórias del VIII Congresso de Ecologia de Brasil (23 a 28 de setiembre de 2007), Caxambu, Minas Gerais, Brasil. Disponible en: <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiceb/pdf/1392.pdf>. Último acceso: 22 de noviembre de 2014.
- Casado, R. y P.J. Soriano (2010) Fructificación, frugivoría y dispersión en el cactus globular *Melocactus schatzlii* en el enclave semiárido de Lagunillas, Mérida, Venezuela. Ecotrópicos 23: 18-36.
- Cerqueira-Silva, C.B.M. y D. Leonardo (2007) Fenologia reprodutiva de uma população endêmica de 'cabeça de fra-de' (*Melocactus conoideus*), na Serra do Periperi em Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. Bol. Soc. Latin. Carib. Cact. Suc. 4: 15-19.
- Colaço, M.A.S., R.B.S. Fonseca, S.M. Lambert, C.B.N. Costa, *et al.* (2006) Biología reprodutiva de *Melocactus glaucescens* Bui-ning & Brederoo e *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Cactaceae), na Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Bot. 29: 239-249.
- Cortes, J.E., J. Vasconcellos-Neto, M.A. García y A. L. Teixeira (1994) Saurocory in *Melocactus violaceus* (Cactaceae). Biotropica 26: 295-301.
- Cruz, D. y I. Borroto (2013) La colección de la Base Naval de Guantánamo en el herbario del Museo Nacional de Historia Natural, Cuba. Moscosoa 18: 154-167.
- Fabricante, J.R., L. Alves y F.J. Marques (2010) Caracterização populacional de *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelburg (Cactaceae) ocorrente em um inselbergue da Caatinga paraibana. Biotemas 23: 61-67.
- Garrido, O.H. y A. Kirkconnell (2000) Field guide to the birds of Cuba. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York. 253 pp.
- González-Torres, L.R. (2007) Action plan for the conservation of Cuban cacti. Project submitted in part fulfilment of the requirements of the Kew International Diploma in Plant Conservation Strategies. Reales Jardines Botánicos de Kew, Reino Unido. Disponible en: <http://www.uh.cu/centros/jbn/descargas/cactusplanaccion.pdf>. Último acceso: 19 de noviembre de 2014.
- González-Torres, L.R., J. Matos, A. Palmarola, A. Torres, *et al.* (2005) Conservación de *Melocactus actinacanthus*. En: González-Torres L.R., A. Palmarola y A. Rodríguez (Eds.): Memorias del Taller de Conservación de Cactus Cubanos. pp: 59-61. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana, Feijoo, Santa Clara. Disponible en: <http://www.uh.cu/centros/jbn/descargas/cactus/22.pdf>. Último acceso: 6 de enero de 2015.
- Hunt, D., N.P. Taylor y G. Charles (Eds.) (2006) The new cactus lexicon: Descriptions and illustrations of the cactus family. DH Books, Milborne Port, Dorset. 900 pp.
- Hutchings, M.J., A. Mendoza y W. Havers (1998) Demographic properties of an outlier population of *Orchis militaris* L. (Orchidaceae) in England. Bot. J. Linn. Soc. 126: 95-107.
- Krebs, C.J. (2001) Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 5ta edición. Benjamin Cummings, Menlo Park, California. 801 pp.
- Lewis, D.A. y P.S. Nobel (1977) Thermal energy exchange model and water loss as a barrel cactus, *Ferocactus acanthodes*. Plant Physiol. 60: 609-616.
- Leyva, O. y F.B. Riverón-Giró (2011) Curiosidad en la reproducción natural de *Melocactus holguinensis* (Cactaceae). Bol. Soc. Latin. Carib. Cact. Suc. 8: 6.
- Locatelli, E. y I.C.S. Machado (1999) Comparative study of the floral biology in two ornithophilous species of Cactaceae:

- Melocactus zehntneri* and *Opuntia palmadora*. *Bradleya* 17: 75-85.
- Machado, M.C. (2006) Filogenia del género *Melocactus* Link & Otto (Cereaceae: Cactoideae), con base en caracteres morfológicos y moleculares. *Bol. Soc. Latin. Carib. Cact. Suc.* 3: 3-4.
- Madsen, J.E. (1989) Cactaceae. En: Harling G. y L. Anderson (Eds.): *Flora of Ecuador*, Volumen 35. pp: 1-79. Berlings, Arlöv, Suecia.
- Martínez, E., O.J. Reyes, N. Viña, L. Viña, *et al.* (2005) Características ecológicas y poblacionales de *Melocactus nagyi* Mészáros (Cactaceae) en Cuba. *Foresta Veracruzana* 7: 25-30.
- Martínez, M. y L. V. Moreno (2003) Lagartos habitantes de los suelos. En: Rodríguez L. (Ed.): *Anfibios y Reptiles de Cuba*. pp. 90-97. Instituto de Ecología y Sistemática (IES), Cuba, UPC Print, Vaasa, Finlandia.
- Mészáros, Z. (1976) The *Melocactus* species of Cuba. *Acta Bot. Hung.* 22: 127-147.
- Mittermeier, R.A., N. Myers, P. Robles y C.G. Mittermeier (1999) Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. 1ra edición. CEMEX/Conservation International, México D.F. 431 pp.
- Nassar, J.M., N. Ramírez, M. Lampo, J.A. González, *et al.* (2007) Reproductive biology and mating system estimates of two andean melocacti, *Melocactus schatzlii* and *M. andinus* (Cactaceae). *Ann. Bot.* 99: 29-38.
- Nassar, J.M. y N. Ramírez (2005) Biología reproductiva de las especies venezolanas del género *Melocactus* Link & Otto (Cereaceae: Cactoideae). *Bol. Soc. Latin. Carib. Cact. Suc.* 2: 3.
- Raveh, E., A. Nerd y Y. Mizrahi (1998) Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. *Sci. Hortic.* 73: 151-164.
- Rigerszki, Z., G. Delanoy, E. Ujréti y A. Vilardebo (2007) *Melocacti of Cuba*. Cactus & Co., Bologna. 174 pp.
- Robledo, L., A. Enríquez, A. González y L.F. Montiel (2005) Evaluación del estado de conservación de *Melocactus matanzanus*. En: González-Torres L.R., A. Palmarola y A. Rodríguez (Eds.): *Memorias del Taller Conservación de Cactus Cubanos*. pp. 55-58. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana, Feijoo, Santa Clara. Disponible en: <http://www.uh.cu/centros/jbn/descargas/cactus/21.pdf>. Último acceso: 20 de noviembre de 2014.
- Rodríguez, L. y R. Apezteguía (1999) *Cactus y otras suculentas de Cuba*. Científico-Técnica, La Habana. 213 pp.
- Roger, C.N. y P.A. Evans (1981) *Melocactus macracanthos* in habitat. *Cact. Succ. J.* 43: 33-36.
- Romão, R.L., F.M. Hughes, A.M.C. Vieira y E.C. Fontes (2007) Autoecología de Cabeça-de-frade (*Melocactus ernestii* Vaupe) em Duas Áreas de Afloramentos na Bahia. *Rev. Bras. Biocienc.* 5: 738-740.
- Rondón, R.J.A. (2001) Cactaceae de la zona xerófila del estado Mérida, Venezuela. 1ra edición. Universidad de Los Andes, Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico, Talleres gráficos Universitarios, Mérida, Venezuela. 161 pp.
- Sanz, V. y J.M. Nassar (2007) Ecología de la dispersión de semillas de *Melocactus curvispinus*. *Bol. Soc. Latin. Carib. Cact. Suc.* 4: 6.
- Soares, A. (2004) Análise de dados ecológicos. Universidad Federal Fluminense. Instituto de Biología, Centro de Estudos Gerais, Departamento de Biologia Marina, Niterói, Brasil. 30 pp. Disponible en: <http://www.uff.br/ecosed/apostila.pdf>. Último acceso: 22 de diciembre de 2014.
- Taylor, N.P. (1991) The genus *Melocactus* (Cactaceae) in Central and South America. *Bradleya* 9: 1-80.
- Taylor, N.P. y D. Zappi (2004) *Cacti of eastern Brazil*. Reales Jardines Botánicos de Kew, Richmond. 511 pp.
- Townsend, C.R., M. Begon y J.L. Harper (2000) *Essentials of ecology*. Blackwell Publishing, Malden. 510 pp.
- Verdú, M. y A. Valiente-Banuet (2008) The nested assembly of plant facilitation networks prevents species extinctions. *Amer. Nat.* 172: 751-760.
- Yeaton, R.I., R. Karban y H.B. Wagner (1980) Morphological growth patterns of saguaro (*Carnegiea gigantea*: Cactaceae) on flats and slopes in Organ Pipe Cactus National Monument, Arizona. *Southwest. Nat.* 25: 339-349.

• • •

Editor para correspondencia: M.Sc. Duniel Barrios