



# Morfometría y patrones de distribución de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* (Cactaceae), en dos ecosistemas contrastantes brasileños

## Morphometry and distribution patterns of *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* (Cactaceae), in two contrasting Brazilian ecosystems

Mauricio Larios Ulloa<sup>1</sup> , Marcos Vinicius Meiado<sup>2</sup> , Sofia Loza Cornejo<sup>1,3</sup> , Katiane da Conceição Santos<sup>2</sup> 

### Resumen:

**Antecedentes y Objetivos:** *Melocactus violaceus* una cactácea endémica que se distribuye en el este de Brasil, está categorizada como especie vulnerable en la Lista Roja de la IUCN debido a la pérdida de hábitat. Esta investigación se realizó en dos ecosistemas contrastantes brasileños, caatinga (Parque Nacional Sierra de Itabaiana) y restinga (Playa de Pirambu), con el objetivo de determinar los patrones de distribución, densidad, caracteres morfométricos vegetativos (altura y diámetro del tallo) y reproductivos (presencia de cefalio, morfología de flor, fruto y semilla) de esta subespecie y destacar la posible influencia del hábitat sobre sus poblaciones.

**Métodos:** Para cada una de las áreas de estudio se analizaron y compararon patrones de distribución, densidad, porcentaje de mortalidad y caracteres morfométricos de estructuras vegetativas (altura y diámetro del tallo) y reproductivas (longitud y diámetro de flor, fruto y semilla), mediante análisis estadísticos (ANDEVA, pruebas de comparaciones múltiples de Tukey y coeficientes de correlación de Pearson).

**Resultados clave:** Los resultados demostraron una densidad de 0.52 y 0.44 individuos/m<sup>2</sup> en caatinga y restinga, respectivamente. Más de 65% de los individuos se establecen en parches libres de vegetación en ambas zonas. Los valores promedio de caracteres morfométricos están dentro de los establecidos para la subespecie, aunque se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) al comparar los dos sitios de estudio. Los coeficientes de correlación de Pearson más altos y significativos fueron para las variables longitud fruto vs. diámetro fruto ( $r = 0.9909$ ) y longitud fruto vs. diámetro flor ( $r = 0.9907$ ).

**Conclusiones:** En caatinga se registró mayor densidad e índice de mortalidad, mientras que un porcentaje mayor de individuos con cefalio fue registrado en restinga. Las diferencias registradas representarían un indicativo de la probable influencia ambiental, particularmente el microhábitat sobre algunos caracteres morfométricos de los individuos.

**Palabras clave:** caatinga, cactácea, endemismo, Mata Atlântica, restinga.

### Abstract:

**Background and Aims:** *Melocactus violaceus* an endemic cactus distributed in eastern Brazil, is classified as a vulnerable species in the IUCN Red List due to habitat loss. This research was conducted in two contrasting Brazilian ecosystems, caatinga (Serra de Itabaiana National Park) and restinga (Pirambu beach), with the aim of determining the distribution patterns, density, vegetative morphometric characters (height and diameter of the stem) and reproductive characters (presence of cephalium, morphology of flower, fruit and seed) of this subspecies and highlight the possible influence of the habitat on its populations.

**Methods:** For each of the study areas, patterns of distribution, density, mortality index, morphometric characters of vegetative (height and diameter stem) and reproductive structures (length and diameter of flower, fruit and seed) were analyzed through statistical analyses (ANOVA, Tukey multiple comparison tests and Pearson correlation coefficients).

**Key results:** The results showed a density of 0.52 and 0.44 individuals/m<sup>2</sup> in caatinga and restinga, respectively. More than 65% of individuals establish themselves in vegetation-free patches in both zones. The average values of morphometric characters are within those established for the subspecies, although significant statistical differences were observed ( $p < 0.05$ ) when comparing the two study sites. The Pearson correlation coefficients were significant for the variables fruit length vs. fruit diameter ( $r = 0.9909$ ) and fruit length vs. flower diameter ( $r = 0.9907$ ).

**Conclusions:** In caatinga, there was a greater density and death rate, whereas a greater percentage of individuals with cephalium was registered in restinga. The registered differences would represent an indication of the probable environmental influence, particularly of microhabitat on some morphometric characters of individuals.

**Key words:** Atlantic forest, caatinga, cactus, endemism, restinga.

1 Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Lagos, Av. Enrique Díaz de León No. 1144, Colonia Paseos de la Montaña, Lagos de Moreno, Jalisco, México.

2 Universidade Federal de Sergipe, Campus Prof. Alberto Carvalho, Av. Vereador, Olímpio Grande, s/n, Bairro Porto, Itabaiana, Sergipe, Brasil.

3 Autor para la correspondencia: [sophy\\_1970@hotmail.com](mailto:sophy_1970@hotmail.com)

Recibido: 12 de diciembre de 2018.

Revisado: 13 de febrero de 2019.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain: 20 de marzo de 2019.

Publicado Primero en línea: 09 de mayo de 2019.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 126 (2019).

Citar como:

Larios Ulloa, M., M. Vinicius Meiado, S. Loza Cornejo y K. da Conceição Santos. 2019. Morfometría y patrones de distribución de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* (Cactaceae), en dos ecosistemas contrastantes brasileños. Acta Botanica Mexicana 126: e1492. DOI: 10.21829/abm126.2019.1492



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

e-ISSN: 2448-7589

## Introducción

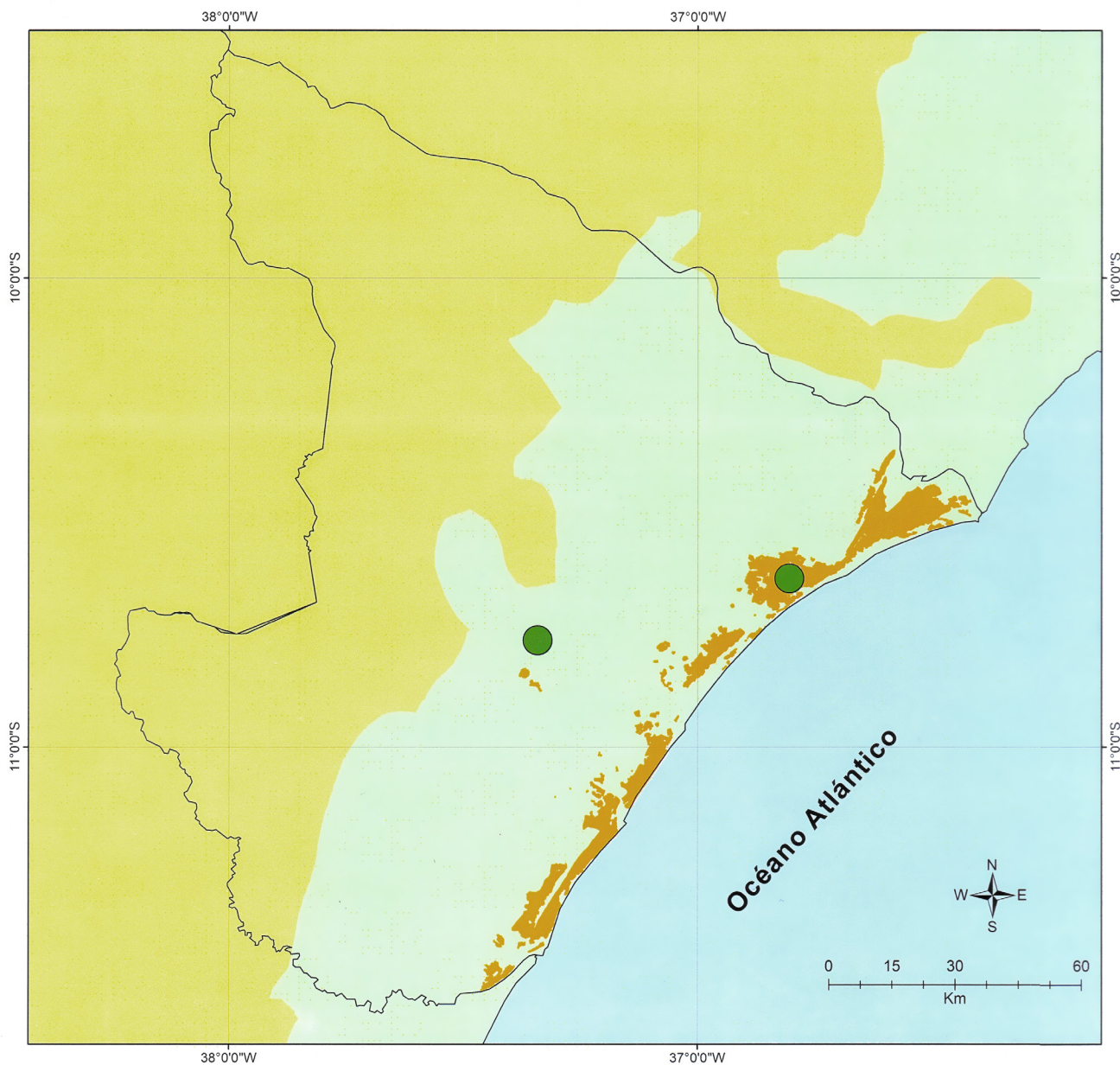
Las cactáceas son algunas de las plantas más representativas de ambientes áridos y semiáridos en América. Se distribuyen desde el sur de Canadá hasta el sureste de la Patagonia en Argentina. Aunque sus centros de diversidad y distribución se encuentran en las regiones áridas del norte y sur de América, especialmente en México y el suroeste de los Estados Unidos de América, los Andes y el este de Brasil (Taylor y Zappi, 2004; Ortega-Baes et al., 2015), crecen en una gran variedad de ecosistemas que incluyen ambientes húmedos, desérticos, zonas costeras, bosques secos y tropicales, así como entornos de montaña, con alturas desde el nivel del mar a 5100 m s.n.m. (Jiménez-Sierra, 2011).

En Cactaceae, al igual que en otras familias de plantas, el estudio de los caracteres morfológicos de estructuras vegetativas es de gran relevancia para entender los mecanismos de adaptación de sus especies a un ambiente particular. De igual manera, el análisis de caracteres morfométricos de estructuras involucradas en la reproducción (flores, frutos y semillas) es importante por su papel ecológico, ya que ayudan a predecir o identificar la presencia de potenciales polinizadores y dispersores e investigar sobre la dinámica poblacional de las especies (Santos-Fonseca et al., 2008; Schlumpberger et al., 2009; Queiroz et al., 2015; Grosse-Veldmann et al., 2016; Teixeira et al., 2018). Aunque la mayoría de las cactáceas son polinizadas y dispersadas por agentes bióticos (Taylor y Zappi, 2004), la morfología floral (forma, tamaño, color, presencia de aroma, periodo de anthesis, producción de néctar), así como el tamaño, color, tipo de dehiscencia y número de semillas en los frutos, son parámetros importantes que influyen en las interacciones entre flores y polinizadores y entre frutos y dispersores (Lenzi y Orth, 2004). La polinización y dispersión de semillas son dos procesos clave en la ecología de la mayoría de las plantas y las cactáceas no son la excepción, de tal manera que en la mayoría de los casos son altamente dependientes de diferentes grupos de animales para llevarlos a cabo.

*Melocactus* Link & Otto es uno de los géneros de la familia Cactaceae del cual se reconocen 35 especies y 15 subespecies que se distribuyen desde México hasta Sudamérica y el Caribe (García-González et al., 2016); su centro de diversidad es el estado de Bahía, Brasil (Assis et al., 2003). Son cactáceas que tienen como característica distin-

tiva el desarrollo de un cefalio (región reproductiva apical donde producen flores y frutos) (Gorelick, 2016). Dentro de este grupo destaca *Melocactus violaceus* Pfeiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor, conocido con el nombre popular cabeça de frade (cabeza de fraile), el cual tiene una amplia distribución sobre dunas del ecosistema restinga del litoral brasileño, desde el estado de Ceará a Río Grande do Norte hasta Río de Janeiro. Esta subespecie tiene también poblaciones discontinuamente establecidas en toda la costa este de Brasil en campos rupestres de los estados de Minas Gerais, Bahía y Sergipe (Taylor, 1991). En el estado de Sergipe (Fig. 1), *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* se diferencia de las demás subespecies porque su fruto es blanquecino, raramente rosado (*M. violaceus* subsp. *violaceus* y *M. violaceus* subsp. *ritteri* N.P. Taylor poseen frutos color lila a rosa-claro). Es una subespecie caracterizada por su forma globosa y porte relativamente pequeño, con espinas comprimidas uniformes, rectas y delgadas (Taylor y Zappi, 2004; Menezes et al., 2011, 2012, 2013). Al igual que otras especies de *Melocactus* ha sido estudiada en relación a su distribución y morfología; sin embargo, son ausentes las investigaciones sobre la influencia del microhábitat en sus poblaciones.

Entre las cactáceas, un alto porcentaje de especies (6.7%) están clasificadas como críticamente amenazadas, 177 (12%) en peligro de extinción y 140 (9.4%) como vulnerables (Goettsch et al., 2015). *Melocactus violaceus* está clasificado como especie vulnerable por la Lista Roja de la IUCN debido a la pérdida de hábitat (Braun et al., 2017), ya que las llanuras arenosas brasileñas se encuentran bajo una enorme presión antrópica debido a actividades inmobiliarias y turísticas (Hughes, 2017). Es poca la información sobre esta especie, existe un documento sobre dispersión de semillas por lagartos (Figueira et al., 1994), otro trabajo sobre su ecología en el sudeste brasileño (Figueiredo, 2016), una mención como especie endémica en la cuenca hidrográfica del São Francisco (Meiado et al., 2015b) y un estudio ecológico sólo en un ecosistema de llanura arenosa (restinga) (Hughes, 2017). Cabe destacar que *Melocactus violaceus* se menciona como especie endémica en la cuenca hidrográfica del río São Francisco, la cual abarca varios estados brasileños, incluyendo Sergipe. En el caso particular de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* a la fecha es catalogada como subes-



**Leyenda**

- Poblaciones estudiadas
- Límite del estado de Sergipe
- Restinga
- Caatinga
- Mata Atlântica

**Informaciones Técnicas**

Límites de los Estados y Biomas: IBGE  
WGS84

Organización Gráfica: RAFAEL, L.M.



**Figura 1:** Poblaciones de *Melocactus violaceus* Peiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor (Cactaceae), estado de Sergipe, noreste de Brasil mostrando las dos zonas de estudio caatinga: Mata Atlântica en el Parque Nacional Sierra de Itabaiana; restinga: en La Playa de Pirambu.

pecie vulnerable, ya que existen evidencias de sus atributos ecológicos, distribución y su estado de conservación en dicha región (Meiado et al., 2015b).

Por lo anterior, la presente investigación se centra en realizar un estudio comparativo de las poblaciones de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* en dos ecosistemas endémicos brasileños: Mata Atlântica en el Parque Nacional Sierra de Itabaiana en el Parque Nacional Sierra de Itabaiana, la cual es uno de los “hotspots” de biodiversidad más ricos y amenazados del planeta de acuerdo con Leitman et al. (2015) y restinga de la Playa de Pirambu, ambos ecosistemas del estado de Sergipe. Se analizaron patrones de distribución, densidad y morfometría de estructuras vegetativas y reproductivas para determinar si existen diferencias significativas y establecer la posible influencia del microhábitat en dichos caracteres de la subespecie.

## Materiales y Métodos

### Sitios de estudio

Sergipe es uno de los estados más pequeños de Brasil (21,910.3 km<sup>2</sup>), situado en la región noreste. Está localizado entre las coordenadas 9°30' y 11°30'S y 36°20' y 38°00'O, limitado al norte por el estado de Alagoas, en el este por el Océano Atlántico y al suroeste por el estado de Bahía (IBGE, 2008; 2010). Dos zonas de estudio en este estado fueron elegidas para llevar a cabo la presente investigación: Zona 1, caatinga y Zona 2, restinga.

Zona 1: caatinga de la Mata Atlântica en el Parque Nacional Sierra de Itabaiana (Fig. 1). Este parque se ubica en los municipios Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga d’Ajuda y Campo do Brito. Se encuentra a una distancia de 45 km del municipio Aracaju (Dantas y de Souza Ribeiro, 2010; Dantas et al., 2010). El Parque Nacional Sie-

rra de Itabaiana es el primer y único parque nacional (PARNA) del estado de Sergipe (Cunha-Costa y Gomes, 2014), está situado en un área de ecotono en la Mata Atlântica, en una zona de transición denominada de agreste, en la cual coexisten especies de flora y fauna de ambos ecosistemas. La posición geográfica del Parque (10°40'52"S; 37°25'15"O) le garantiza características especiales que favorecen la existencia de diversos grupos de vegetación, en los cuales destacan representantes de Fabaceae, Rubiaceae, Asteraceae, Poaceae, Apocynaceae y Cyperaceae (Dantas et al., 2010).

Zona 2: restinga en la municipalidad de Pirambu (Fig. 1). Es una zona situada en la costa noreste de Sergipe (10°40'42"S; 36°52'25"O), básicamente limitada por la presencia de formaciones de bancos de arena (Cuaternario) en llanuras arenosas costeras y llanuras costeras que se encuentran sobre mesetas bajas (UFS/SEPLAN, 1979). Las restingas de Sergipe, incluyendo la Playa de Pirambu, están localizadas en la planicie litoral, distribuidas en 168 km en la línea costera (SEPLANTEC, 2011; Oliveira y Landim, 2016). Esta zona, al igual que otras restingas brasileñas, posee una riqueza florística estimada de 131 familias y 1590 especies (Maestre et al., 2009; Restinga net, 2014; Meiado et al., 2015b). No obstante, estos ecosistemas se encuentran entre los más amenazados ya que están sujetos a impactos antrópicos (Oliveira y Landim, 2016).

Las particularidades de cada una de las zonas, tales como extensión, altitud, tipo de clima y suelo, temperatura, precipitación (Dantas et al., 2010; Landim et al., 2015; Oliveira y Landim, 2016), pueden observarse en el Cuadro 1.

### Subespecie de estudio

*Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* es una planta con tallo globoso, 5- 15 cm de altura, 7-13 cm de diámetro;

**Cuadro 1:** Localización geográfica y características ambientales de las dos zonas de estudio, donde se distribuye *Melocactus violaceus* Pfeiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor. Zona 1: caatinga del Parque Nacional Sierra de Itabaiana; Zona 2: restinga en Playa de Pirambu, Sergipe, Brasil. Fuentes: Dantas et al. (2010); Silva et al. (2013); Oliveira y Landim (2016).

Zona	Extensión (ha)	Altitud máxima (m)	Tipo de clima	Temperatura media anual (°C)	Precipitación pluvial (mm)	Suelo
1	7966	660	Tropical húmedo	17-23	1200-1300	Distrófico (arenas blancas de cuarzo)
2	20,588	56	Tropical con influencia marítima	24-26	1000-1200	Dunas arenosas

epidermis color verde a verde claro que presenta 8-15 costillas, 20 a 40 mm de ancho; aréolas 0.7-1 mm de diámetro, separadas entre sí 1-1.8 cm, 5-10 espinas uniformes rectas; cuando el individuo alcanza la etapa reproductiva, desarrolla una estructura diferenciada en la parte apical o terminal que constituye el cefalio, estructura no fotosintética totalmente cubierta de espinas y tricomas; el cefalio mide 5 cm de longitud  $\times$  3.7- 6.5 cm de diámetro, tiene cerdas rígidas color rosado en la región marginal, blanquecinas en el centro; flores color rosa intenso, estigmas 4-5 lobadas, blanquecinas, insertas; frutos 12.5-19 mm de longitud  $\times$  5.5-7 mm de diámetro, con coloración uniforme; semillas globosas, 1.2 mm de longitud, 1.12 mm de diámetro, brillantes, paredes de las células periclinales de la testa levemente convexas (Meiado et al., 2012; 2015a).

### Densidad y patrones de distribución

Se establecieron de forma aleatoria 30 cuadrantes de 750 m<sup>2</sup> en total (5  $\times$  5 m cada uno) en las dos áreas de estudio, en zonas con presencia de la subespecie, durante los meses de junio y julio de 2014. La identificación taxonómica y descripción morfológica de la subespecie *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* se hizo de acuerdo a lo establecido por Meiado et al. (2012; 2015a). Se registraron para cada área de estudio los siguientes parámetros: densidad, patrones de distribución de individuos (cerca o bajo la sombra de otras especies o crecimiento en espacios abiertos), número de individuos vivos y muertos, porcentaje de individuos con presencia de cefalio. Fue depositado un ejemplar con un duplicado de *M. violaceus* subsp. *margaritaceus* recolectado de cada una de las zonas estudiadas (ASE 39348- *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* de Itabaiana y ASE 30224- *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* de Playa de Pirambu), en el herbario ASE (Universidad Federal de Sergipe).

### Morfometría de estructuras vegetativas y reproductivas

El registro de las variables morfométricas vegetativas de las plantas (altura y diámetro del tallo) se realizó con la ayuda de cinta métrica. Con la finalidad de observar la posible variabilidad morfológica de las estructuras reproductivas e inferir sobre la influencia del microhábitat en dicha variabi-

lidad, así como su influencia en la densidad de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* en las dos zonas de estudio, se llevó a cabo el análisis de los caracteres morfométricos de flores, frutos y semillas de individuos en ambas poblaciones. Para ello, se realizó la recolecta de flores y frutos de los individuos de cada una de las zonas (Mata Atlántica y restinga), los cuales fueron llevados al Departamento de Biología de la Universidad Federal de Sergipe para registrar los atributos longitud y diámetro de las flores, frutos y semillas con ayuda de un vernier digital (Modelo 500-144B, Mitutoyo South America, Ltda., Suzano, Brasil).

### Análisis estadísticos

Todos los datos cuantitativos registrados fueron sometidos a un análisis estadístico para obtener los parámetros de la estadística descriptiva mediante el procedimiento *proc univariate* de SAS versión 9.4 (SAS, 2002). Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza ANDEVA con el procedimiento *proc glm* y pruebas de comparaciones múltiples de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), para establecer la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los caracteres morfológicos vegetativos y reproductivos entre las dos zonas de estudio. Con la finalidad de conocer la existencia de asociación entre las variables analizadas, se aplicó una prueba de Correlación de Pearson ( $r_p$ ). Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2002).

## Resultados

### Densidad y patrones de distribución

Zona 1: Mata Atlántica. Se registraron 419 individuos de los cuales 72 (17%) estaban muertos. De los 347 ejemplares vivos, 65% (227 individuos) se distribuyen en espacios abiertos, mientras que el 35% restante (120 individuos) crecen asociados o cerca de otra especie de planta. Para los valores de densidad se obtuvo una media de  $0.52 \pm 0.02$  individuos/m<sup>2</sup> y un coeficiente de variación de 3.1%.

Zona 2: restinga. Se contabilizaron 340 individuos, 11 muertos (3%); de los 329 ejemplares vivos, 66% (218 individuos) se distribuyen sin la protección de algún arbusto o árbol, mientras que 34% (111) crecen cerca o bajo la sombra de otra especie de planta.

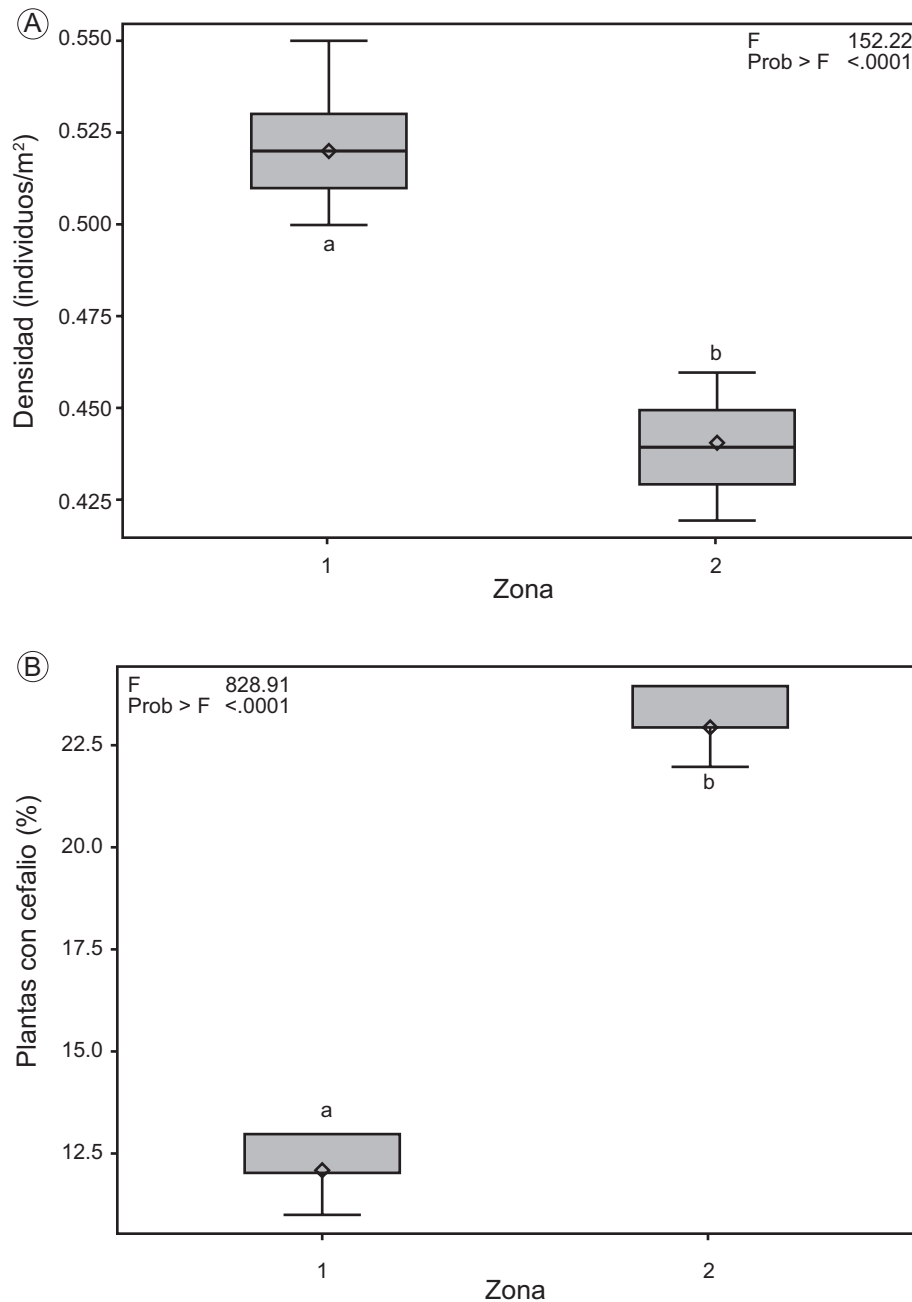
Se obtuvo una densidad media de  $0.44 \pm 0.01$  individuos/m<sup>2</sup>. En esta zona el coeficiente de variación para esta

variable fue menor (2.7%) comparado con la Zona 1. La prueba de comparaciones múltiples de Tukey demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para la variable densidad entre ambas zonas (Fig. 2A).

### Presencia de cefalio

Se observó que del total (676) de los individuos vivos registrados en ambas zonas, un porcentaje relativamente bajo

desarrollan cefalio en la etapa reproductiva. El valor de la media más alto para la variable presencia de cefalio fue de  $23.0 \pm 0.9\%$  en ejemplares de la Zona 2 (Fig. 2B), aunque la Zona 1 se caracterizó por un coeficiente de variación más alto (6.1%) para esta variable. Se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) al comparar los dos sitios de estudio (Fig. 2B). La posición del cefalio es apical y posee flores y frutos (Fig. 3).



**Figura 2:** *Melocactus violaceus* Pfeiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor en las dos zonas de estudio. A. densidad; B. plantas con presencia de cefalio. Zona 1: Mata Atlântica en el Parque Nacional Sierra de Itabaiana; Zona 2: restinga en la Playa de Pirambu, Sergipe, Brasil.



**Figura 3:** Hábito de *Melocactus violaceus* Pfeiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor en las dos zonas de estudio. A-C. Mata Atlántica: Parque Nacional Sierra de Itabaiana; E-G. restinga: Playa de Pirambu, Sergipe, Brasil.

## Morfometría de estructuras vegetativas y reproductivas

Zona 1: Mata Atlántica. La altura y diámetro del tallo tuvieron una media de  $6.1 \pm 0.1$  y  $8.9 \pm 0.02$  cm, respectivamente. Las estructuras reproductivas, como son el diámetro de la flor, longitud y diámetro del fruto, se caracterizaron por tener los valores más altos comparados con los de restinga (Cuadro 2). El fruto se aproxima a una forma esférica como lo indica el valor obtenido de índice de forma (0.86). En el caso de la semilla el índice de forma tuvo una media de 0.84, proporcionando un indicativo de la morfología casi redonda de ésta (Cuadro 2). El ANDEVA demostró el coeficiente de variación más alto (94%) para la variable altura del tallo, mientras que para las estructuras reproductoras el valor más alto se obtuvo para longitud de la flor (61.9%) (Cuadro 3).

Zona 2: restinga. Para la altura y diámetro del tallo en las plantas de esta zona, se obtuvo una media de  $5.4 \pm 0.05$  y  $8.5 \pm 0.2$  cm, respectivamente (Cuadro 2). Las flores presentaron una longitud media mayor que en la zona de Mata Atlántica ( $19.1 \pm 0.4$  mm), aunque su diámetro es menor ( $9.7 \pm 0.1$  mm). Lo mismo ocurre con el tamaño de los frutos, cuya longitud y diámetro son menores que en la Zona 1. El índice de forma para frutos y semillas de esta zona también tuvo valores de la media menores que en Mata Atlántica (Cuadro 2). El coeficiente de variación mayor en la Zona 2 fue para la variable altura del tallo (93.5%), mientras que

el menor porcentaje de variación (0.9 %) se registró para diámetro de semilla (Cuadro 3).

## Mata Atlántica vs. Restinga

Los resultados del ANDEVA para todas las variables analizadas mostraron diferencias altamente significativas ( $<0.0001$ ) al comparar las dos zonas de estudio, tanto para

**Cuadro 2:** Caracteres morfológicos de tallos, flores, frutos y semillas de *Melocactus violaceus* Pfeiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor en dos ecosistemas contrastantes brasileños. Zona 1: Mata Atlántica del Parque Nacional Sierra de Itabaiana; Zona 2: restinga en Playa de Pirambu. Los datos representan la media  $\pm$  desviación estándar (n=20 repeticiones de cada zona). Letras superíndices diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre zonas (Tukey,  $p < 0.05$ ).

Variable	Zona 1	Zona 2
Altura (cm)	$6.1 \pm 0.1^a$	$5.4 \pm 0.05^b$
Diámetro (cm)	$8.9 \pm 0.02^a$	$8.5 \pm 0.2^b$
Longitud flor (mm)	$18.9 \pm 0.1^a$	$19.1 \pm 0.4^b$
Diámetro flor (mm)	$16.1 \pm 0.1^a$	$9.7 \pm 0.1^b$
Longitud fruto (mm)	$8.1 \pm 0.2^a$	$7.6 \pm 0.2^b$
Diámetro fruto (mm)	$7.0 \pm 0.2^a$	$6.0 \pm 0.2^b$
Longitud semilla (mm)	$1.4 \pm 0.1^a$	$1.8 \pm 0.1^b$
Diámetro semilla (mm)	$1.2 \pm 0.1^a$	$1.3 \pm 0.1^b$
Índice de forma semilla	$0.84 \pm 0.02^a$	$0.75 \pm 0.03^b$
Índice de forma fruto	$0.86 \pm 0.003^a$	$0.78 \pm 0.004^b$

**Cuadro 3:** Análisis de varianza de los caracteres morfológicos de tallos, flores, frutos y semillas de *Melocactus violaceus* Pfeiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor en dos ecosistemas contrastantes brasileños. Zona 1: caatinga del Parque Nacional Sierra de Itabaiana; Zona 2: restinga en Playa de Pirambu. Var: Varianza; Cv: Coeficiente de variación (%); CM: Cuadrado de la media; F: Estadístico F calculado de la variación entre zonas; Pr: Probabilidad.

Variable	Var		Cv		CM	Valor de F	Pr>F
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2			
Altura tallo	0.0032	0.0025	94	93.5	2.191	759.16	<0.0001
Diám. tallo	0.0004	0.0564	23.8	2.8	1.1854	41.65	<0.0001
Long. flor	0.0001	0.0015	61.9	20.3	0.1711	206.31	<0.0001
Diám. flor	0.0035	0.0003	36.9	18.9	211.12	1080.82	<0.0001
Long. fruto	0.0006	0.0007	31.8	35.7	0.7411	1044.66	<0.0001
Diám. fruto	0.0006	0.0006	35.5	41.2	4.8216	7776.81	<0.0001
Long.semilla	0.0003	0.0001	36.3	73.2	0.6578	2310.65	<0.0001
Diám.semilla	0.0002	0.0001	1.2	0.9	0.0878	440.07	<0.0001



densidad ( $F=152.22$ ) como presencia de cefalio ( $F=828.91$ ) (Fig. 2). La comparación de medias de todos los caracteres morfológicos, tanto vegetativos (altura y diámetro del tallo) como de estructuras reproductivas de las plantas de *M. violaceus* subsp. *margaritaceus* de las dos zonas de estudio, mostró también diferencias estadísticas altamente significativas (Tukey,  $p<0.05$ ). Los valores registrados para cada una de las variables morfológicas analizadas se muestran en los Cuadros 2 y 3. Las variables altura del tallo, diámetro de la flor y longitud de semilla de la Zona 1 presentan valores de varianza mayor ( $p<0.0001$ ); mientras que diámetro del tallo, longitud de la flor y longitud del fruto mostraron la varianza más alta en la Zona 2. El valor más alto de F calculada (7776.81) al comparar las dos zonas, se obtuvo para diámetro de fruto (Cuadro 3). El análisis de correlación de Pearson demostró que existe una fuerte asociación entre algunas variables de ambas zonas, ya que coeficientes de correlación altamente significativos se obtuvieron entre las variables diámetro de fruto vs. longitud de fruto ( $r_p=0.9909$ ); longitud de fruto vs. diámetro de flor ( $r_p=0.9907$ ); longitud semilla vs. longitud de fruto ( $r_p=0.9621$ ) (Cuadro 4).

## Discusión

### Densidad y patrones de distribución

La densidad de individuos de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* observada en ambas zonas es menor a la que se ha registrado en un estudio similar de la especie en

suelos arenosos. Figueiredo (2016), por ejemplo, menciona una densidad promedio de 7.33 individuos/m<sup>2</sup>, en un ecosistema de restinga en Rio de Janeiro, Brasil, mientras que en la presente investigación los valores obtenidos varían de 0.44 en la Zona 2 de restinga en Playa de Pirambu a 0.52 individuos/m<sup>2</sup> en la Zona 1 de Mata Atlântica del Parque Nacional Sierra de Itabaiana. Para otras especies de *Melocactus*, como *M. ernestii* Vaupel, se han registrado valores de densidad también mayores (0.67 individuos/m<sup>2</sup>) (Hughes, et al., 2011). Figueiredo (2016) menciona que en la mayoría de los casos, los valores de densidad más altos se presentan en hábitats rocosos; enfatiza que a pesar de que existe una gran variedad de especies de *Melocactus*, *M. violaceus* suele ser una especie frágil, por lo que ha sido catalogada como vulnerable por la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2014), como vulnerable en los estados de Espírito Santo (Espírito Santo, 2005) y Pernambuco, así como amenazada en restingas de Rio de Janeiro (PCRJ, 2000). La Zona 1 (Mata Atlântica) presentó un valor de densidad más alto que la Zona 2 (restinga); esto probablemente puede atribuirse a que este último ecosistema está sometido a condiciones ambientales extremas, como las altas temperaturas, elevada salinidad, vientos constantes y bajos niveles de nutrientes (Melo-Junior y Torres-Boeger, 2016). Estos factores, además de la temperatura del suelo y la disponibilidad de agua, son elementos importantes que regulan la reproducción, reclutamiento y crecimiento de plantas (Martínez, 2003; Lane et al., 2008).

**Cuadro 4:** Matriz de coeficientes de correlación de Pearson ( $r_p$ ) de las variables morfológicas de *Melocactus violaceus* Pfeiff. subsp. *margaritaceus* N.P. Taylor, en dos ecosistemas contrastantes brasileños. ALTALLO: altura tallo; DTALLO: diámetro tallo; LFLOR: longitud flor; LFRUTO: longitud fruto; LSEMILLA: longitud semilla; DSEMILLA: diámetro semilla, (n=20 repeticiones de cada variable por zona de estudio) \*altamente significativa, Prob>(r) suponiendo H0: Rho=0.

	ALTALLO	DTALLO	LFLOR	DFLOR	LFRUTO	DFRUTO	LSEMILLA	DSEMILLA
ALTALLO	1.0000							
DTALLO	0.6559	1.0000						
LFLOR	-0.8476	-0.7542	1.0000					
DFLOR	0.8915	0.8327	-0.9650	1.0000				
LFRUTO	0.7045	0.8221	-0.9647	<b>0.9907*</b>	1.0000			
DFRUTO	0.7089	0.8417	-0.9213	0.9149	<b>0.9909*</b>	1.0000		
LSEMILLA	-0.5567	-0.5834	0.6518	-0.6903	<b>0.9621*</b>	-0.6871	1.0000	
DSEMILLA	-0.8888	-0.8556	<b>0.9521</b>	-0.9811	0.9390	-0.9818	0.6594	1.0000

Además, como mencionan Carboni et al. (2011) y Castanho et al. (2012), la restinga es considerado un ecosistema de dunas costeras tropicales que constituyen ambientes estresantes para las comunidades vegetales. Otro aspecto que se debe considerar es la preferencia diferencial por algún hábitat particular que poseen las especies de *Melocactus* y que influye en sus valores de densidad. Estudios realizados sobre la densidad de especies de este género en diversos tipos de hábitats (desde Mata Atlántica rupestre o rocoso, afloramientos rocosos, laderas de valles rocosos hasta parches xéricos) demuestran la preferencia de hábitats. Por ejemplo, *M. andinus* R. Gruber ex N.P. Taylor, tiene valores de densidad bajos (0.02 a 0.03 individuos/m<sup>2</sup>) y el crecimiento de éstos ocurre en laderas o pendientes de valles rocosos (Nassar y Ramírez, 2004; Nassar et al., 2007). En contraste, Colaço et al. (2006) registraron para *M. glaucescens* Buining & Brederoo y *M. paucispinus* Heimen & R.J. Paul densidades de 0.05 a 0.08 individuos/m<sup>2</sup>. Por otro lado, densidades elevadas (0.129 a 0.67 individuos/m<sup>2</sup>) se establecen para las especies *Melocactus ernestii* y *M. curvispinus* Pfeiff. (Nassar y Ramírez, 2004; Nassar et al., 2007). Cabe destacar que, a pesar de que la vegetación de restinga posee un papel fundamental en la formación de dunas costeras (que son amenazadas por erosión eólica) y de constituir un refugio para la fauna (Scherer et al., 2005), son ecosistemas que se encuentran entre los más amenazados por la ocupación humana y extracción de ejemplares (Sacramento et al., 2007). De tal manera que en toda la franja del litoral brasileño, las restingas están sujetas a un sinnúmero de impactos antrópicos y constituyen los ambientes más degradados a causa de la actividad turística (Santos-Filho, 2009). Por lo anterior, la menor densidad de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* registrada en la Zona 2 (restinga) podría atribuirse tanto a factores ambientales naturales como al impacto antrópico.

En lo que se refiere a los patrones de distribución, se observó que 65-66% de las plantas en ambas zonas estudiadas crecen a plena luz y en espacios abiertos, similar a lo que mencionan Freitas (1990) y Figueira et al. (1994). De acuerdo con Zamith et al. (2013), *M. violaceus* no sobrevive en áreas sombreadas; sin embargo, según Figueiredo (2016), la mayoría de los individuos de la especie se establecen bajo luz directa, aunque a una distancia consi-

derable de la vegetación, obteniendo de esta manera cierta cantidad de sombra por lo menos en alguna parte del día. Por otro lado, según Hughes et al. (2011), las especies de cactus globosos establecidas en suelo arenoso no dependen de una planta nodriza para su supervivencia, pero el efecto de sombra es benéfico para la germinación de semillas. En otros estudios realizados sobre cactáceas globosas, se ha observado que el mayor porcentaje de éstas sí se distribuye bajo el dosel de alguna planta nodriza. Por ejemplo, el estudio realizado sobre las especies *Echinopsis chiloensis* (Colla) Friedrich & G.D. Rowley y *Eulychnia acida* Phil. en la Reserva Nacional "Las Chichillas" en Chile (Cares et al., 2013); así como el realizado por Larios-Ulloa et al. (2015) en especies de *Mammillaria* Haw.

Diversos patrones de distribución espacial se han mencionado para otras formas de crecimiento de cactáceas, el establecimiento y reclutamiento de una gran cantidad de especies puede tener lugar en áreas cubiertas de arbustos (Mandujano et al., 2002). Sin embargo, en la presente investigación se podría mencionar que el establecimiento es facultativo. Dichos patrones de establecimiento podrían ser influidos por el tipo de vegetación, ya que los sitios en que se encuentran son hábitats densos y cerrados donde la luz solar no alcanza a penetrar hasta el suelo, de ahí que dichas especies se distribuyan exitosamente en parches libres de arbustos o árboles que les permitan llevar a cabo su crecimiento. Además de la vegetación, también influye la variabilidad de factores abióticos, ya que no sólo disminuye la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de cactáceas, también puede limitar su distribución y patrones de abundancia (Hughes et al., 2011). Por ejemplo, para la cactácea columnar *Harrisia portoricensis* Britton, Rojas-Sandoval y Meléndez-Ackerman (2013) han mencionado que la variabilidad espacial es el resultado de una combinación de factores (temperatura, topografía, propiedades del suelo, precipitación y disponibilidad de plantas nodriza), los cuales determinan los patrones de distribución y abundancia local. En otro estudio realizado por Hughes et al. (2016) sobre estructura y distribución de poblaciones de especies de *Melocactus*, se observó que el establecimiento de cohortes está positivamente relacionado con la precipitación pluvial (>60%) y que los eventos de reclutamiento fueron microhábitats dependientes mostrando altos porcentajes de

mortalidad (>70). Por tanto, podría decirse que el comportamiento demográfico de las poblaciones de *Melocactus* depende en gran medida de la supervivencia de los adultos para contrarrestar la alta mortalidad en las primeras etapas del ciclo de vida (Hughes et al., 2018). En el caso particular del presente estudio, no se analizaron características específicas del microhábitat; sin embargo, el promedio de precipitación pluvial en la Zona 1 Mata Atlántica es mayor (1200 a 1300 mm anuales) (Cuadro 1). Ese factor podría ser importante para explicar las diferencias de densidad y patrones de distribución; no obstante, podría considerarse en estudios futuros analizar las variaciones microclimáticas y edáficas (textura del suelo, disponibilidad de nutrientes, capacidad de retención del agua, entre otros), que influyen en el reclutamiento, establecimiento, patrones de distribución y densidad de *Melocactus violaceus*. Este hecho es de gran relevancia al considerar la restinga, ya que ésta se caracteriza por hierbas, arbustos y árboles (plantas xerofíticas y halófitas) que están organizadas en parches de plantas anuales y plantas perennes (pastos y arbustos). Estos parches de vegetación tienen, por tanto, niveles más altos de nutrientes y, además, los promedios de radiación y temperatura son generalmente más bajos que en el suelo desnudo (o entre parches), creando islas de fertilidad que mejoran el rendimiento de las plantas (Callaway et al., 1991; Tewksbury y Lloyd, 2001; Munguía-Rosas y Sosa, 2008). En el caso del Parque Nacional Sierra de Itabaiana los suelos son distróficos, formados por arenas de cuarzo excesivamente drenados, moderada o extremadamente ácidos y de baja fertilidad natural (EMBRAPA, 1975), presentando, además, áreas escasas de vegetación primaria continua. Quizá por estas razones, los porcentajes de patrones de establecimiento de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* son similares en ambas zonas (65-66%) y corresponden a distribución en espacios abiertos, no bajo nodriza, pero en la cercanía de la vegetación circundante.

### Presencia de cefalio

Las plantas de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* en etapa inmadura en ambas zonas varían de 77 a 88%. Estos datos son similares a los presentados por Figueiredo (2016), quien menciona 70% de individuos inmaduros durante el periodo de verano (mes de agosto) para la mis-

ma especie. En contraste, para *M. peruvianus* Vaupel, se ha mencionado que presenta dos fases fenológicas, floración y fructificación, con ocho estadios fenológicos; la producción máxima de flores se presenta en marzo y octubre, mientras que el estadio de fruto maduro ocurre entre agosto y diciembre (Ramírez-Bullón et al., 2014). En *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* la presencia del cefalio es un indicio de que la planta ha alcanzado la madurez reproductiva y es de gran importancia para asegurar el éxito reproductivo de esta especie zoocora. Más aún si ésta se caracteriza por poseer tallos reducidos en tamaño, flores pequeñas y se distribuye en espacios abiertos, la formación de cefalio (mayormente presente en épocas de mayor precipitación pluvial) aseguraría la interacción flor-polinizador. Incluso podría asegurar la dispersión, ya que tanto las flores como los frutos se desarrollan sobre el cefalio, y en el caso de los frutos, aunque tienen desarrollo criptocárpico, son expuestos verticalmente sobre el cefalio solamente cuando han madurado para atraer al dispersor (Figueira et al., 1994; Gomes et al., 2014).

### Morfometría de caracteres vegetativos y reproductivos

Las variables de altura y diámetro de tallo de ambas zonas mostraron diferencias estadísticas significativas, aunque los valores de la media se encuentran dentro de los promedios característicos para la misma especie en zonas con características ambientales similares dentro del nordeste brasileño (Figueira et al., 1994; Figueiredo, 2016). No obstante, son más bajos comparados con los valores promedio establecidos para otras especies de *Melocactus*. Por ejemplo, en *M. macracanthos* (Salm-Dyck) Link & Otto, los valores de altura oscilan desde 17.5 a 20 cm y para diámetro de 8.5 a 29.5 cm (Thomson, 2005). Para *Melocactus peruvianus*, *M. ernestii*, *M. oreas* Miq. y *M. zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb., se mencionan promedios de altura desde 7 hasta 48 cm (Castro-Cepero y Ceroni-Stuva, 2010; Dantas et al., 2016; Figueiredo, 2016). El tamaño de las flores, frutos y semillas de *M. violaceus* en ambas zonas de estudio está dentro del promedio establecido para otras especies de *Melocactus* en la región nordeste de Brasil tal como lo establecen Taylor et al. (2014) y Meiado (2015) para *M. sergipensis* N.P. Taylor & Meiado; así como para *M. glaucescens* (Colaço et

al., 2006). Los frutos de *M. macracanthos*, *M. peruvianus*, *M. ernestii*, *M. oreas* y *M. zehntneri* se caracterizan por una longitud promedio que varía de 5 a 28 mm (Thomson, 2005; Castro-Cepero y Ceroni-Stuva, 2010; Figueiredo, 2016). En la presente investigación la longitud de frutos fue de 7.6 a 8.1 mm. En el caso de las semillas, sin embargo, se observó que las del presente estudio mostraron valores de la media de 1.4 a 1.8 mm de longitud y de 1.2 a 1.3 mm de diámetro, los cuales son superiores a lo señalado para semillas de *M. peruvianus* (1.15 mm de longitud × 0.88 mm de diámetro) (Castro-Cepero y Ceroni-Stuva, 2010).

La mayoría de las variables vegetativas (longitud y diámetro del tallo) y reproductivas (tamaño de flores, frutos y semillas) tuvieron promedios más altos en la Zona 1 y mostraron diferencias estadísticas significativas al compararlas con la Zona 2. Estas diferencias morfológicas podrían estar relacionadas con los diferentes atributos ecológicos en los sitios de estudio, como ha sido registrado para otras especies de Cactaceae (Simão et al., 2007). Como se ha mencionado anteriormente, la Zona 2 restringida de la presente investigación está limitada por escasez de recursos, exceso de salinidad, entre otros factores (Melo-Junior y Torres-Boeger, 2016), que podrían influir de alguna manera en el desarrollo y atributos de las plantas. El caso contrario ocurre para la Zona 1 Mata Atlântica en El Parque Nacional Sierra de Itabaiana, que se caracteriza por un clima tropical con veranos secos y excedentes hídricos en invierno, lo que permitiría un mejor establecimiento, no sólo de cactáceas sino de varias especies endémicas de dicho ecosistema. Cabe destacar, además, que 26 especies vegetales son endémicas en esta región (Dantas et al., 2010).

En el caso de la longitud de la flor y longitud y diámetro de semilla de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* presentes en la Zona 2, sus valores promedio fueron significativamente mayores. Sin embargo, son necesarios estudios sobre la biología reproductiva de esta subespecie en estos y otros ecosistemas contrastantes para concluir al respecto de la variabilidad ecológica sobre el desarrollo de caracteres vegetativos y reproductivos. En el caso de plantas con mayor diámetro en una de las zonas puede atribuirse a factores tales como edad de la planta y/o mayor disponibilidad de recursos que favorecen el crecimiento. Por lo contrario, en el caso de flores de mayor longitud, no se pue-

de saber si representa una estrategia de la planta para garantizar su reproducción bajo condiciones ambientales estresantes o simplemente porque hay mayor disponibilidad de recursos destinados a la formación de estas estructuras. En *M. curvispinus* se ha sugerido que los caracteres morfológicos de las flores corresponden a la clásica polinización por colibríes. Sin embargo, la polinización también es compartida con abejas, de tal manera que la planta implementa estrategias de mayor producción y secreción de néctar así como su horario y permanencia de antesis, el cual ocurre entre el medio día y el atardecer, asegurando de este modo su reproducción (Nassar y Ramírez, 2004). Es un hecho, sin embargo, que variaciones en la forma, tamaño, orientación de la flor, duración de la antesis y deposición del polen son factores que podrían influir en la polinización de *Melocactus*, como se ha observado en otras especies (Queiroz et al., 2015). Además, en ecosistemas semiáridos donde es común observar variaciones estacionales de precipitación pluvial y que estas sean menos abundantes durante periodos de sequía, las poblaciones de polinizadores pueden experimentar cambios drásticos en número y composición (Prado, 2003); son necesarios estudios detallados que corroboren este supuesto.

En el caso de los mecanismos de dispersión, los frutos de *Melocactus*, al ser consumidos por algunos animales, sus semillas tienen la posibilidad de ser dispersadas, principalmente por hormigas y lagartijas (Santos-Fonseca et al., 2012). Algunas investigaciones mencionan que las lagartijas *Tropidurus hygomi* Reinhardt & Lutken y *Tropidurus torquatus* Wied-Neuwied tienen una amplia actividad diurna que comienza temprano en la mañana y finaliza hasta el atardecer (Vargens et al., 2008). De ambas especies se ha observado que son consumidores de los frutos de *M. violaceus* subsp. *margaritaceus* (Figueira et al., 1994; Xavier y dos Reis Dias, 2015) en la vegetación costera de suelo arenoso en Espírito Santo y un fragmento de hábitat de restinga en Playa de Pirambu. Los frutos suculentos de esta especie de Cactaceae son altamente energéticos y tienen alto contenido de agua (Figueira et al., 1994), lo cual puede proporcionar importantes recursos a las lagartijas que viven en ecosistemas secos de restinga. Además, la morfología de éste y su patrón diurno de liberación representan adaptaciones para la dispersión por *Tropidurus hygomi* y *T.*

*torquatus* (Figueira et al., 1994). Estas especies de lagartijas son consideradas dispersores de semillas de *M. violaceus* subsp. *margaritaceus* (Figueira et al., 1994; Xavier y dos Reis Dias, 2015), como ocurre para otras especies de *Melocactus* (Santos-Fonseca et al., 2012). Aunque se ha observado un síndrome de saurocoria para la dispersión del fruto, con una correlación entre emergencia del fruto y número de dispersores (lagartijas) activos, se requieren estudios más detallados para analizar esta interacción ecológica planta-dispersor y corroborar si la forma del fruto (forma cónica) facilita su extracción. Además, si el color (vistoso, brillante) y su exposición en la madurez en el cefalio de una planta de tamaño pequeño, entre otros caracteres, facilitaría su observación y consumo por este tipo de dispersor particular; en la presente investigación, aunque se registró una menor altura para plantas en la Zona 2 de restinga, los frutos son de menor longitud y su valor de índice de forma es también menor (0.78).

En el caso del tamaño de la semilla, es una variable que posiblemente está relacionada con el tamaño de los frutos. Sin embargo, de acuerdo con Bustamante et al. (2010), las causas de variación en el éxito reproductivo de las plantas (medido como número de frutos y/o semillas), se atribuye a factores tanto intrínsecos y extrínsecos. El factor intrínseco más común está relacionado con la disponibilidad de recursos para la reproducción. Cuando los recursos son limitados, se presenta una reducción en la fecundidad, incluso cuando se lleva a cabo una adecuada polinización. La producción de semillas puede también estar influenciada por la actividad de herbívoros, fragmentación del hábitat, baja densidad de poblaciones y factores genéticos (Bustamante et al., 2010). Algo similar podría ocurrir en la Zona 2 de restinga estudiada, porque aunque las semillas tuvieron un mayor tamaño (lo cual podría asegurar su germinación por poseer mayor cantidad de nutrientes almacenados), no se vio reflejado en los valores de densidad registrados. Probablemente como mencionan Zamith et al. (2013), Hughes et al. (2016) y Hughes (2017), factores, tales como las condiciones ambientales, disponibilidad de recursos, disturbios naturales o antrópicos, influyen en la germinación de semillas y patrones de distribución espacial y dinámica de poblaciones. Se conoce que la reproducción de especies de *Melocactus* en su hábitat natural ocurre ex-

clusivamente por semillas (Taylor, 1991). No obstante, de acuerdo con Hughes et al. (2011), los micrositos inicialmente efectivos para permitir con éxito la germinación de semillas pueden no ser los óptimos en el establecimiento de plántulas y su desarrollo en plantas adultas.

## Conclusiones

*Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* tiene un valor de densidad mayor en la Zona 1 Mata Atlántica. La Zona 2 restinga se caracterizó por la presencia en mayor cantidad de individuos con cefalio. En relación a los caracteres morfológicos vegetativos, las variables altura y diámetro del tallo tuvieron valores más altos en los individuos de la Zona 1. Al considerar las estructuras reproductivas, destacan los frutos de *M. violaceus* subsp. *margaritaceus* de la Zona 1 por un mayor tamaño. Las diferencias observadas en densidad, patrones de distribución y caracteres vegetativos y reproductivos podrían atribuirse a las diferencias del microhábitat de los individuos de esta subespecie de *Melocactus*.

## Contribución de autores

MLU y MVM concibieron y diseñaron el estudio. SLC realizó los análisis estadísticos. MLU, MVM y KCS aportaron a la adquisición de datos. MLU y SLC contribuyeron a la interpretación de datos. MLU escribió el manuscrito con ayuda de SLC. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

## Financiamiento

Este estudio fue apoyado por El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) (Número de beca/convocatoria, 307075, 290936).

## Agradecimientos

El primer autor agradece a Ana Paula do Nascimento Prata por facilitar el uso del herbario de la Universidad Federal de Sergipe, a Elizamar Ciriaco da Silva, por permitir trabajar en su laboratorio. Larissa Monteiro Rafael, Departamento de Geografía, Campus de Itabaiana, Universidad Federal de Sergipe, por la elaboración del mapa. A SisGen A71F3F5 - Conservação de Cactaceae do Estado de Sergipe, por brindar el permiso y autorización de colecta de ejemplares de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* en las dos zo-

nas de estudio. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento para la estancia de investigación, así como al Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara por el apoyo y las facilidades brindadas para permitir la realización de la estancia de investigación como parte de la formación en el Posgrado (Maestría en Ciencia).

## Literatura citada

- Assis, J. G. A., A. L. P. C. Oliveira, S. Resende, J. F. V. Senra y M. Machado. 2003. Chromosome numbers in Brazilian *Melocactus* (Cactaceae). *Bradleya* 21: 1-6. DOI: <https://doi.org/10.25223/brad.n21.2003.a2>
- Braun, P., M. Machado, N. P. Taylor y D. Zappi. 2017. *Melocactus violaceus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T40925A121501259. DOI: <https://doi.org/10.2305/iucn.uk.2017-3.rlts.t40925a121501259.en>
- Bustamante, E., A. Casas y A. Búrquez. 2010. Geographic variation in reproductive success of *Stenocereus thurberi* (Cactaceae): Effects of pollination timing and pollinator guild. *American Journal of Botany* 97(12): 2020-2030. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1000071>
- Callaway, R. M., N. M. Nadkarni y B. E. Mahall. 1991. Facilitation and interference of *Quercus douglasii* on understory productivity in central California. *Ecology* 72(4): 1484-1499. DOI: <https://doi.org/10.2307/1941122>
- Carboni, M., R. Santoro y A. T. R. Acosta. 2011. Dealing with scarce data to understand how environmental gradients propagate pressure shape fine-scale alien distribution patterns on coastal dunes. *Journal of Vegetation Science* 22(5): 751-76. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01303.x>
- Cares, R. A., P. A. Muñoz, R. Medel y C. M. Botto-Mahan. 2013. Factors affecting cactus recruitment in semiarid Chile: A role for nurse effects? *Flora* 208(5-6): 330-335. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.04.005>
- Castanho, C. T., A. A. Oliveira y P. I. Prado. 2012. The importance of plant life form on spatial associations along a subtropical coastal dune gradient. *Journal of Vegetation Science* 23(5): 952-961. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01414.x>
- Castro-Cepero, V. y A. Ceroni-Stuva. 2010. Aspectos taxonómicos y de conservación de *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Wendern. & Backeb.) Ostolaza en el Valle del Río Chillón, Lima, Cerro Umarrata y Quebrada Orobel. *Ecología Aplicada* 9(1): 41-47. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v9i1-2.394>
- Colaço, M. A. S., R. B. S. Fonseca, S. M. Lambert, C. B. N. Costa, C. G. Machado y E. L. Borba. 2006. Biología reproductiva de *Melocactus glaucescens* Buining & Brederoo e *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Cactaceae), na Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29(2): 239-249. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-84042006000200005>
- Cunha-Costa, C. y L. J. Gomes. 2014. Parque Nacional Serra de Itabaiana-Brasil. Una herramienta para el ecoturismo. *Estudios y Perspectivas en Turismo* 23(1): 190-206.
- Dantas, A. C. D. S., A. Calvente, J. Gomes-Jardim, L. De Melo. 2016. Extension of the distribution of *Melocactus ernestii* Vaupel (Cactaceae) in the Northeastern Brazil: a new occurrence for the state of Ceará. *Cactus and Succulent Journal* 88(2): 84-88. DOI: <https://doi.org/10.2985/015.088.0206>
- Dantas, T. V. P. y A. de Souza Ribeiro. 2010. Caracterização da vegetação do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe - Brasil. *Biotemas* 23(4): 9-18. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2010v23n4p9>
- Dantas, T. V. P., J. E. do Nascimento-Júnior, A. de Souza Ribeiro y A. P. do Nascimento Prata. 2010. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea das Areias Brancas do Parque Nacional Serra de Itabaiana/Sergipe, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 33(4): 575-588. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000400006>
- EMBRAPA. 1975. Levantamento exploratorio: reconhecimento de solos do estado de Sergipe. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (EMBRAPA/SUDENE). Boletim técnico. Recife, Brasil. 142 pp.
- Espírito Santo. 2005. Decreto N° 1499-R, Declara as espécies da fauna e flora silvestres ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências, de 13 de junho de 2005. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, Poder Executivo. Vitória, ES, Brasil. 6 pp.
- Figueira, J. E. C., J. Vasconcellos-Neto, M. A. García y A. L. Teixeira de Souza. 1994. Saurocory in *Melocactus violaceus* (Cactaceae). *Biotropica* 26(3): 295-301. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388850>
- Figueiredo, M. L. S. 2016. Population biology of the melon cactus *Melocactus violaceus* subsp. *violaceus* (Cactaceae) on a Bra-

- zilian sandy coastal plain. 2016. *Oecologia Australis* 20(1): 51-57. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2001.04>
- Freitas, M. F. 1990. Cactaceae da área de proteção ambiental da Massambaba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 42(44): 67-91. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860199019924244687007>
- García-González, A., F. B. Riverón-Giró, I. S. González-Ramírez, R. Y. Escalona Domenech, Y. Hernández-Montero y E. Palacio-Verdecia. 2016. Características poblacionales y ecología del endemismo cubano *Melocactus nagy* (Cactaceae), en la Reserva Florística Manejada El Macío, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas* 5(1): 33-42.
- Goetsch, B., C. Hilton-Taylor, G. Cruz-Piñón, J. P. Duffy, A. Frances, H. M. Hernández, R. Inger, C. Pollock, J. Schipper, M. Superina, N. P. Taylor, M. Tognelli, A. M. Abba, S. Arias, H. J. Arreola-Nava, M. A. Baker, R. T. Bárcenas, D. Barrios, P. Braun, C. A. Butterworth, A. Búrquez, F. Caceres, M. Chazaro-Basañez, R. Corral-Díaz, M. del Valle Perea, P. H. Demaio, W. A. Duarte de Barros, R. Durán, L. Faúndez Yancas, R. S. Felger, B. Fitz-Maurice, W. A. Fitz-Maurice, G. Gann, C. Gómez-Hinostrosa, L. R. Gonzales-Torres, M. P. Griffith, P. C. Guerrero, B. Hammel, K. D. Heil, J. G. Hernández-Oria, M. Hoffmann, M. I. Ishihara, R. Kiesling, J. Larocca, J. L. León-de la Luz, C. R. Loaiza S., M. Lowry, M. C. Machado, L. C. Majure, J. G. Martínez Ávalos, C. Martorell, J. Maschinski, E. Méndez, R. A. Mittermeier, J. M. Nassar, V. Negrón-Ortiz, L. J. Oakley, P. Ortega-Baes, A. B. Pin Ferreira, D. J. Pinkava, J. M. Porter, R. Puente-Martinez, J. R. Gamarra, P. Saldivia Pérez, E. Sánchez Martínez, M. Smith, J. M. Sotomayor M. del C., S. N. Stuart, J. L. Tapia Muñoz, T. Terrazas, M. Terry, M. Trevisson, T. Valverde, T. R. Van Deventer, M. E. Véliz-Pérez, H. E. Walter, S. A. Wyatt, D. Zappi, J. A. Zavala-Hurtado y K. J. Gaston. 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* 1(10): 15142. DOI: <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.142>
- Gomes, V. G. N., Z. G. M. Quirino e I. C. Machado. 2014. Pollination and seed dispersal of *Melocactus ernestii* Vaupel subsp. *ernestii* (Cactaceae) by lizards: an example of double mutualism. *Plant Biology* 16(2): 315-322. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.12063>
- Gorelick, R. 2016. What is a cephalium? *Bradleya* 2016(34): 100-124. DOI: <https://doi.org/10.25223/brad.n34.2016.a1>
- Grosse-Veldmann, B., S. Abrahamczyk, J. Mutke, W. Barthlott y M. Weigend. 2016. *Rhipsalis* (Cactaceae): loss and gain of floral rewards is mirrored in range sizes and distribution patterns of species. *Botanical Journal of the Linnean Society* 180(4): 491-503. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12388>
- Hughes, F. M. 2017. Spatial pattern and cover effect on the abundance of a currently obliterated population of *Melocactus violaceus*: a threatened species in Brazilian sandy coastal plain. *Brazilian Journal of Botany* 40(4): 915-922. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0402-3>
- Hughes, F. M., C. M. Jacobi y E. L. Borba. 2016. Fate of cohorts in *Melocactus* (Cactaceae) species is affected by uncertainty and microrelief structures. *Brazilian Journal of Botany* 39(1): 197-205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-014-0116-8>
- Hughes, F. M., J. E. C. Figueira, C. M. Jacobi y B. L. Borba. 2018. Demographic processes and anthropogenic threats of lithophytic cacti in eastern Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 41(3): 631-640. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-018-0483-7>
- Hughes, F. M., M. C. Rot, R. L. Romão y M. S. Castro. 2011. Dinâmica espaço-temporal de *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 34(3): 389-402. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042011000300012>
- IBGE. 2008. Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística. [https://ww2.ibge.gov.br/english/geociencias/recursosnaturais/vegetacao/manual\\_vegetacao.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/english/geociencias/recursosnaturais/vegetacao/manual_vegetacao.shtm) (consultado agosto de 2018).
- IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística-Estados. <http://www.ibge.Gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=se> (consultado febrero de 2019).
- IUCN. 2014. The International Union for Conservation of Nature. Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucn-redlist.org](http://www.iucn-redlist.org) (consultado junio de 2018).
- Jiménez-Sierra, C. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria* 12(1): 3-23.
- Landim, M. F., C. E. B. Proenca, A. B. Sales y I. S. Matos. 2015. Floristic characterization of an Atlantic Rainforest remnant in Southern Sergipe: Crasto forest. *Biota Neotropica* 15(1): 1-16. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1676-06032014003613>
- Lane, C. S. J. Wright, J. Roncal y J. Maschinski. 2008. Characterizing environmental gradients and their influence on vegetation zonation in a subtropical coastal sand dune system. *Journal of Coastal Research* 24(3): 213-224. DOI: <https://doi.org/10.2112/07-0853.1>

- Larios-Ulloa, M., S. Loza-Cornejo, B. Y. Ramos-Gómez y H. J. Arreola-Nava. 2015. Abundancia y distribución de *Mammillaria crinita* DC. subsp. *crinita* y *Mammillaria polythele* Mart. subsp. *polythele* endémicas del cerro "La Mesa Redonda", Jalisco, México. *Gaia Scientia, Edición Especial Cactaceae* 9(2): 64-70.
- Leitman, P., A. M. Amorim, J. Sansevero y R. C. Forzza. 2015. Floristic patterns of epiphytes in the Brazilian Atlantic Forest, a biodiversity hotspot. *Botanical Journal of the Linnean Society* 179(4): 587-601. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12342>
- Lenzi, M. y A. I. Orth. 2004. Fenología reproductiva, morfología e biología floral de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* 17(2): 67-89.
- Maestre, F. T., R. M. Callaway, F. Valladares y C. J. Lortie. 2009. Refining the stress-gradient hypothesis for competition and facilitation in plant communities. *Journal of Ecology* 97(2): 199-205. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01476.x>
- Mandujano, M. C., A. Flores-Martínez, J. Golubov y E. Ezcurra. 2002. Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. *Southwestern Association of Naturalist* 47(2): 162-168. DOI: <https://doi.org/10.2307/3672902>
- Martínez, M. L. 2003. Facilitation of seedling establishment by an endemic shrub in tropical coastal sand dunes. *Plant Ecology* 168(2): 333-345. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024406707115>
- Meiado, M. V. 2015. Seed germination of *Melocactus sergipensis* N.P. Taylor & M.V. Meiado, the newest Brazilian cactus destined for extinction. *Plant Species Biology* 31(4): 296-299. DOI: <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12106>
- Meiado, M. V., L. Y. S. Aona, J. P. B. Nascimento; A. T. Lima y D. C. Zappi. 2015a. Cactaceae. In: Prata, A. P. N., M. C. V. Fariás y M. F. Landim (org.). *Flora de Sergipe*. 1 ed, v. 2. Gráfica e Editora Triunfo. Aracaju, Brasil. Pp. 115-142.
- Meiado, M. V., M. C. Machado, D. C. Zappi, N. P. Taylor y J. A. Siqueira Filho. 2012. Cacti of the São Francisco watershed: Ecological Attributes, Geographic Distribution and Endemism. In: Siqueira Filho, J. A. (org.). *Flora of the Caatingas of the São Francisco River: Natural History and Conservation*. 1 ed. Andrea Jakobsson Estudio Editorial. Rio de Janeiro, Brasil. Pp. 264-305.
- Meiado, M. V., M. C. Machado, C. D. Zappi, N. P. Taylor y J. A. Siqueira-Filho. 2015b. Ecological attributes, geographic distribution and endemism of cacti from the São Francisco Watershed. *Gaia Scientia, Edición Especial Cactaceae* 9(2): 40-53.
- Melo-Junior, J. C. F. y M. R. Torres-Boeger. 2016. Leaf traits and plastic potential of plant species in a light-edaphic gradient from a Restinga in southern Brazil. *Acta Biológica Colombiana* 21(1): 51-62. DOI: <https://doi.org/10.15446/abc.v21n1.47621>
- Menezes, M. O. T., N. P. Taylor y M. I. Bezerra Loiola. 2013. Flora do Ceará, Brasil: Cactaceae. *Rodriguésia* 64(4): 757-774. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000400007>
- Menezes, M. O. T., N. P. Taylor y A. S. F. Castro. 2012. New disjunct record of *Melocactus violaceus* in Ceará, north-eastern Brazil. *Bradleya* 30: 151-154. DOI: <https://doi.org/10.25223/brad.n30.2012.a18>
- Menezes, M. O. T., N. P. Taylor, M. C. Machado, P. J. A. Coelho y D. Correia. 2011. Diversity and distribution of Cactaceae in Ceará State, Northeastern Brazil. *Bradleya* 29: 13-42. DOI: <https://doi.org/10.25223/brad.n29.2011.a3>
- Munguía-Rosas, M. A. y V. J. Sosa. 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. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/aob/mcm302>
- Nassar, J. M. y N. Ramírez. 2004. Reproductive biology of the melon cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). *Plant Systematics and Evolution* 248(1-4): 31-44. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s00606-004-0193-4>
- Nassar, J. M., N. Ramírez, M. Lampo, J. A. González, R. Casado y F. Nava. 2007. Reproductive biology and mating system estimates of two Andean melocacti, *Melocactus schatzlii* and *M. andinus* (Cactaceae). *Annals of Botany* 99(1): 29-38. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/aob/mcl229>
- Oliveira, E.V.S. y M. F. Landim. 2016. Flora das Restingas de Sergipe: padrões de distribuição espacial e status de conservação de suas espécies. *Natureza online* 14(1): 23-31.
- Ortega-Baes, P., H. Godínez-Álvarez, J. Sajama, P. Gorostiague, S. Sühling, G. Galínez, S. Bravo, D. López-Spahr, M. Alonso-Pedano, L. Lindow-López, A. Barrionuevo, C. Sosa, R. N. Curti y A. Juárez. 2015. La familia Cactaceae en Argentina: patrones de diversidad y prioridades políticas para su conservación. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica* 50(1): 71-78.



- PCRJ. 2000. Espécies ameaçadas de extinção no município do Rio de Janeiro: flora e fauna, Rio de Janeiro. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro/Secretaria do Meio Ambiente do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. 65 pp.
- Prado, D. E. 2003. As Caatingas da América do Sul. In: Leal, I. R., M. Tabarelli y J. M. C. Silva (eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Brasília, D.F., Brasil. Pp. 3-73.
- Queiroz, J. A., Z. G. M. Quirino e I. C. Machado. 2015. Floral traits driving reproductive isolation of two co-flowering taxa share vertebrate pollinators. *AoB Plants* 7: 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv127>
- Ramírez-Bullón, N., A. Ceroni-Stuva y V. Castro-Cepero. 2014. Fenología de cuatro especies de cactáceas del cerro Umarcata, Valle del Río Chillón, Canta-Lima, Perú. *Ecología Aplicada* 13(1-2): 177-185. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.468>
- Restinga net. 2014. A flora das Restingas. <http://www.Restinga.net/flora.asp> (consultado febrero de 2019).
- Rojas-Sandoval, J. y E. J. Meléndez-Ackerman. 2013. Spatial patterns of distribution and abundance of *Harrisia portoricensis*, an endangered Caribbean cactus. *Journal of Plant Ecology* 6(6): 489-498. DOI: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtt014>
- Sacramento, A. C., C. S. Zickel y E. Bezerra de Almeida Jr. 2007. Aspectos florísticos da vegetação de Restinga no litoral de Pernambuco. *Revista Árvore* 31(6): 1121-1130. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-67622007000600017>
- Santos-Filho, F. S. 2009. Composição florística e estrutural da vegetação de Restinga do estado do Piauí. Tese de doutorado. Curso de Pós-graduação em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Brasil. 109 pp.
- Santos-Fonseca, R. B., L. S. Funch y E. L. Borba. 2008. Reproductive phenology of *Melocactus* (Cactaceae) species from Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 31(2): 237-244. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042008000200006>
- Santos-Fonseca, R. B., L. S. Funch y E. L. Borba. 2012. Dispersão de sementes de *Melocactus glaucescens* e *M. paucispinus* (Cactaceae), no Município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina - BA. *Acta Botanica Brasilica* 26(2): 481-492. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000200024>
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistic. Ver. 9.4, 2da. Ed. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.
- Scherer, A., F. Maraschin-Silva y L. R. Rios de Moura Baptista. 2005. Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de Restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(4): 717-726. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-33062005000400006>
- Schlumpberger, B. O., A. A. Cocucci, M. Moré, A. N. Sérsic y R. A. Raguso. 2009. Extreme variation in floral characters and its consequences for pollinator attraction among populations of an Andean cactus. *Annals of Botany* 103(9): 1489-500. DOI <https://doi.org/10.1093/aob/mcp075>
- SEPLANTEC. 2004. Sergipe: Atlas digital sobre recursos hídricos. Secretaria do Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia, Aracaju, Brasil. CD-ROM.
- Silva, K. A., J. M. F. F. Santos, D. M. Santos, E. M. N. Ferraz y E. L. Araújo. 2013. Spatial variation in the structure and composition of the herbaceous community in a semiarid region of northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 73(1): 135-148. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000100015>
- Simão, E., F. Socolowski y M. Takaki. 2007. The epiphytic Cactaceae *Hylocereus setaceus* (Salm-Dick ex DC.) Ralf Bauer seed germination is controlled by light and temperatura. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50(4): 655-662. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132007000400011>
- Taylor, N. P. 1991. The genus *Melocactus* (Cactaceae) in Central and South America. *Bradleya* 9: 1-80. DOI: <https://dx.doi.org/10.25223/brad.n9.1991.a1>
- Taylor, N. P. y D. Zappi. 2004. *Cacti of Eastern Brazil*. Kew, Royal Botanic Gardens. Texas, USA. 499 pp.
- Taylor, N. P., M. V. Meiado, E. Bravo-Filho y D. Zappi. 2014. A new *Melocactus* from the Brazilian State of Sergipe. *Bradleya* 32: 92-104. DOI: <https://doi.org/10.25223/brad.n32.2014.a3>
- Tewksbury, J. J. y J. D. Lloyd. 2001. Positive interactions under nurse plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia* 127(3): 425-434. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420000614>
- Teixeira, V. D., C. F. Verola, I. Ribeiro da Costa, D. C. Zappi, G. M. da Costa, S. Ribeiro Silva, M. A. P. de Carvalho Costa y L. Y. S. Aona. 2018. Investigating the floral and reproductive biology of the endangered microendemic cactus *Uebelmannia buiningii* Donald (Mina Gerais, Brazil). *Folia Geobotanica* 53(2): 227-239. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12224-018-9315-6>

- UFS/SEPLAN. 1979. Atlas de Sergipe. Universidade Federal de Sergipe, Secretaria do Planejamento. Aracaju, Brasil. 95 pp.
- Thomson, G. 2005. A revision of the genus *Melocactus* in Curaçao and Bonaire, Netherlands Antilles with an illustration of the neotype of *M. macracanthos*. *Bradleya* 23: 79-96. DOI: <https://doi.org/10.25223/brad.n23.2005.a9>
- Vargens, M. M. F., E. J. R. Dias y R. M. Lira-da-Silva. 2008. Ecologia térmica do lagarto endêmico *Tropidurus hygomi* na restinga de Abaeté, Salvador, Bahia. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 23: 143-156.
- Xavier, M. A. y E. J. dos Reis Dias. 2015. First record of the Brazilian restinga lizard *Tropidurus hygomi* ingesting a fruit of *Melocactus violaceus* (Cactaceae). *Herpetology Notes* 8: 437-438.
- Zamith, L. R., D. D. Cruz y B. T. T. Richers. 2013. The effect of temperature on the germination of *Melocactus violaceus* Pfeiff. (Cactaceae), a threatened species in resting sandy coastal plain of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85(2): 615-622. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000200010>