

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**



**Distribución y aspectos ecológicos de *Melocactus curvispinus*
subsp. *dawsonii* (Cactaceae).**

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

JESÚS ALEJANDRO QUEZADA SOLÍS



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología

C. JESÚS ALEJANDRO QUEZADA SOLÍS
PRESENTE

Manifetamos a usted que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de TESIS E INFORMES opción TESIS con el título: "DISTRIBUCIÓN Y ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* (CACTACEA)", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo a la Dra. Hilda Julieta Arreoña Nava y como asesor al Dr. Francisco Martín Huerta Martínez.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"

"2009, Año del Bicentenario de Charles Darwin"
Las Agujas, Nextipac, Zapopan Jalisco 10 de octubre, del 2009.


DRA. GEORGINA ADRIANA QUIROZ ROCHA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA


BIOL. MARCINITO MORA NUÑEZ
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias.
Presidente del Comité de Titulación.
Licenciatura en Biología.
CUCBA.

Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad TESIS e INFORMES, opción Tesis con el título: "Distribución y aspectos ecológicos de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* (Cactacea)" que realizó el pasante Jesús Alejandro Quezada Solís con número de código B04000692 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

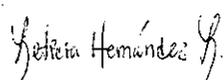
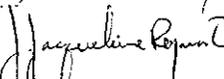
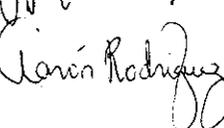
ATENTAMENTE

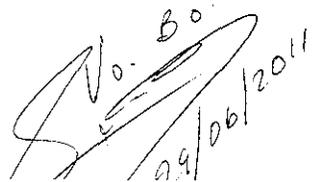
Las Agujas Nextipac, Zapopan, Jalisco, 14 de junio de 2011.


Dra. Hilda Julieta Arreola Nava

Directora de la Tesis.


Dr. Francisco Martín Huerta Martínez
Asesor.

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
M.C. Leticia López Hernández		27 Junio 11
M.C. Jesús Jaqueline Reynoso Dueñas		27 Junio 2011
Dr. Aarón Rodríguez Contreras		Junio 27, 2011


No. B0
29/06/2011

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Cactología del Instituto de Botánica del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Parte del trabajo de campo se llevó a cabo durante la estancia profesional realizada de Enero a Junio del 2009 en el Hotel Las Alamandas. Ubicado en el municipio de La Huerta, Jalisco, México.

La directora de tesis fue la Dra. Hilda Julieta Arreola Nava.

El asesor de tesis fue el Dr. Francisco Martín Huerta Martínez.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios por la vida.

A mis padres y hermanos, por su amor y todo el apoyo que me han brindado.

A mi directora de tesis, Dra. Hilda Arreola, por instruirme en este fabuloso grupo de plantas, las cactáceas. Gracias por todo lo que me ha enseñado.

A mi asesor, Dr. Martín Huerta, gracias por sus valiosos consejos y su gran voluntad.

A mis sinodales, M.C. Jaqueline Reynoso, M.C. Leticia López y Dr. Aarón Rodríguez, gracias por enseñarme sus conocimientos durante todo mi carrera universitaria.

A Jean-Marc Chalet por sus valiosos conocimientos.

A los maestros Hugo Fierros y Miguel Vásquez, por su ayuda en determinar las especies de abeja y hormiga.

A Juan Fernando Escobar, por su apoyo en la identificación de los colibríes y en la revisión de los ejemplares de herbario.

A la Sra. Isabel Goldsmith por permitirme vivir una de mis mejores experiencias personales y profesionales en el Hotel Las Alamandas.

A Natalia por leer cuantiosas veces este escrito y siempre tratar de mejorarlo.

A todas las personas que de una u otra manera me han orientado y apoyado en el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres Alejandro Quezada Gil y Blanca Marisela Solís y a mis hermanos Ofelia, María, Guadalupe y David por su cariño y comprensión.

A Natalia por darme fuerza y quererme cada día,
T'estimo a tu amb tot el meu cor, ulls de foc.

A todos los que me han ayudado en el camino.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CUADROS.	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.	x
RESUMEN.	xii
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. ANTECEDENTES.	3
3. JUSTIFICACIÓN.	6
4. OBJETIVOS.	7
4.1. Objetivo general.	7
4.2. Objetivos particulares.	7
5. ÁREA DE ESTUDIO.	8
6. MÉTODOS.	10
6.1. Distribución.	10
6.2. Caracterización morfológica.	10
6.3. Densidad poblacional.	11
6.4. Estructura de tamaños.	12
6.4.1. Estructura de tamaños de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en una población protegida.	12
6.4.2. Estructura de tamaños de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en seis poblaciones muestreadas en el área de distribución.	14
6.5. Visitantes florales y dispersores.	14
6.6. Pruebas de germinación.	15
7. RESULTADOS.	17
7.1. Distribución.	17
7.2. Caracterización morfológica.	20
7.3. Densidad poblacional.	21
7.4. Estructura de tamaños.	23
7.4.1. Estructura de tamaños de <i>M. curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en una población protegida.	23
7.4.2. Estructura de tamaños de <i>M. curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en seis poblaciones muestreadas en el área de distribución.	27

7.5. Visitantes florales.	33
7.6. Observación de dispersores.	36
7.7. Pruebas de germinación.	37
8. DISCUSIÓN.	39
8.1 Distribución.	39
8.2 Caracterización morfológica.	41
8.3 Densidad poblacional.	41
8.4 Estructura de tamaños.	43
8.5 Visitantes florales.	44
8.6 Dispersores.	46
8.7 Germinación <i>ex situ</i> .	48
9. CONCLUSIONES.	50
10. PERSPECTIVAS DE CONSERVACIÓN.	52
11. LITERATURA CITADA.	53
12. ANEXOS.	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de las poblaciones muestreadas para determinar la densidad de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i>	12
Cuadro 2. Clases de edad de acuerdo a la altura de la planta, el diámetro de la planta y el número de areolas por costilla.....	13
Cuadro 3. Clases de edad de acuerdo a la altura de la planta.....	14
Cuadro 4. Pruebas de germinación <i>ex situ</i> en dos tipos de sustrato y con o sin tratamiento pregerminativo.....	15
Cuadro 5. Poblaciones de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i>	18
Cuadro 6. Densidad relativa de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en las seis poblaciones muestreadas.....	21
Cuadro 7. Análisis de varianza de un factor entre las densidades de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> de las seis poblaciones muestreadas.....	22
Cuadro 8. Frecuencia de individuos de acuerdo a la altura en la población protegida dentro del predio Las Alamandas.....	25
Cuadro 9. Frecuencia de individuos de acuerdo al diámetro en la población protegida dentro del predio Las Alamandas.....	26
Cuadro 10. Frecuencia de individuos de acuerdo al número de areolas por costilla en la población protegida dentro del predio Las Alamandas.....	27
Cuadro 11. Estructura de tamaños en las seis poblaciones muestreadas en el área de distribución de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i>	29
Cuadro 12. Porcentajes de germinación <i>ex situ</i> de semillas de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i>	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar adulto de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> . (Quezada-Solís).....	3
Figura 2. Población de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en acantilado rocoso. (Quezada-Solís).....	19
Figura 3. Población de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> dentro de la selva mediana subcaducifolia. (Quezada-Solís).....	19
Figura 4. Gráfico de Caja y Bigotes que muestra la diferencia entre las medias de las seis poblaciones: (2.- Ejido Playitas), (5.- Ejido San Carlos), (10.- Las Alamandas, acantilado), (13.- Las Alamandas, selva mediana subcaducifolia), (19.- Isla San Panchito) y (25.- Arroyo Seco).....	22
Figura 5. Estructura de tamaños de acuerdo a la altura de los individuos de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en el predio Las Alamandas.....	25
Figura 6. Estructura de tamaños de acuerdo al diámetro de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en el predio Las Alamandas.....	26
Figura 7. Estructura de tamaños de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en el predio Las Alamandas de acuerdo al número de areolas por costilla.....	27
Figura 8. Estructura de tamaños en la población 2 de acuerdo a la altura de los individuos.....	29
Figura 9. Estructura de tamaños en la población 5 de acuerdo a la altura de los individuos.....	30
Figura 10. Estructura de tamaños en la población 10 de acuerdo a la altura de los individuos.....	30
Figura 11. Estructura de tamaños en la población 13 de acuerdo a la altura de los individuos.....	31
Figura 12. Estructura de tamaños en la población 19 de acuerdo a la altura de los individuos.....	31
Figura 13. Estructura de tamaños en la población 25 de acuerdo a la altura de los individuos.....	32
Figura 14. Estructura de tamaños de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> en las seis poblaciones muestreadas a lo largo del área de distribución.....	32

Figura 15. <i>Cynanthus latirostris</i> visitando flores de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> . (Quezada-Solís).....	34
Figura 16. <i>Amazilia rutila</i> visitando flores de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> . (Quezada-Solís).....	34
Figura 17. Frecuencia de visita de los colibríes <i>A. rutila</i> y <i>C. latirostris</i>	35
Figura 18. <i>Trigona fulviventris</i> colectando polen de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> . (Quezada-Solís).....	35
Figura 19. Hormigas <i>Aphaenogaster ensifera</i> comiendo el fruto de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> . (Quezada-Solís).....	36
Figura 20. Pruebas de germinación <i>ex situ</i> de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i> . (Quezada-Solís).....	37
Figura 21. Porcentaje de germinación <i>ex situ</i> de <i>Melocactus curvispinus</i> subsp. <i>dawsonii</i>	38

RESUMEN

Melocactus curvispinus subsp. *dawsonii* (Cactaceae) es un cactus endémico de la costa de Jalisco. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, este cactus se encuentra en categoría de Amenazada. Sin embargo, no existen estudios que definan el estado actual ni tampoco la localización geográfica de las poblaciones. Mediante exploraciones de campo, revisión de bibliografía y ejemplares de herbario se encontraron 28 poblaciones localizadas principalmente en los acantilados rocosos de los municipios de Cihuatlán, La Huerta, Tomatlán y Cabo Corrientes. Se realizó la caracterización morfológica del taxón, en la cual se consideró la variación de tamaños de 120 individuos adultos. La densidad poblacional se determinó en seis poblaciones y fue de 0.4 individuos/m² en un área de 750m², una densidad muy baja considerando otras especies amenazadas. La estructura de tamaños en cinco de las seis poblaciones está representada mayoritariamente por individuos adultos, es decir, en edad reproductiva. Sin embargo, en una población protegida se determinó que el reclutamiento de nuevos individuos es notablemente bajo, con tan sólo 15% de individuos en edad de plántula. Los visitantes florales de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* son los colibríes *Amazilia rutila* y *Cynanthus latirostris*, así como también la abeja *Trigona fulviventris*. Como agente dispersor de semillas se considera a la hormiga *Aphaenogaster ensifera*. De acuerdo a las pruebas de germinación *ex situ*, la capacidad germinativa de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es del 80 al 100%. Sin embargo, se observó la necesidad de aplicar un tratamiento pregerminativo para evitar la contaminación del sustrato y las semillas.

1. INTRODUCCIÓN.

La familia Cactaceae Juss. tiene una gran diversidad de formas de vida y agrupa de 1500 a 1800 especies (Nyffeler, 2002). Las cactáceas se han adaptado a las condiciones particulares del hábitat que ocupan por medio de modificaciones morfológicas y fisiológicas. Destacan la conversión de sus tallos en estructuras suculentas y las hojas en espinas, así como ciclos de vida largos y metabolismo CAM (Álvarez *et al.*, 2004). La mayoría de sus características están relacionadas con el uso eficiente del agua (Becerra, 2000). Los cactus se distribuyen naturalmente en las zonas áridas y semiáridas del continente Americano y sus islas, a excepción de *Rhipsalis baccifera* (J.S. Muell) Stearn, que además se encuentra en África tropical, Madagascar y Sri Lanka. En América, los cactus se distribuyen desde Canadá hasta la Patagonia, con una amplitud altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 4500 m (Anderson, 2001; Nyffeler, 2002). Las cactáceas tienen tres centros de diversificación. El primero se encuentra en la región central de Los Andes. El segundo se localiza en Brasil y la porción noroeste de Argentina, junto con algunas regiones de Paraguay y Uruguay. Por último, el tercero se ubica en México y el suroeste de Estados Unidos (Ortega-Baes y Godínez-Álvarez, 2006). México es el país con el mayor número de especies de cactus. En su territorio crecen 669 especies y 244 subespecies agrupadas en 66 géneros (Guzmán *et al.*, 2003). La mayoría crece en ambientes áridos y semiáridos, hábitat que abarca una extensión de más del 50% del territorio nacional (Arias, 1993). El endemismo de cactáceas en México asciende al 79% de los taxa (Cobos y Valladares, 2007). Guzmán *et al.* (2003), consideran 724 taxa endémicos para México, incluidos en 25 géneros con 518 especies y 206 subespecies. Por su belleza y potencial ornamental, los cactus son con frecuencia saqueados, afectando a las poblaciones por la colecta ilegal de plantas vivas y semillas. Además, influyen otras actividades humanas como el cambio de uso del suelo, tanto para fines

agrícolas como para el desarrollo de viviendas o centros turísticos (Hernández y Godínez, 1994). En la Norma Oficial Mexicana para la Protección Ambiental de Especies Nativas (NOM-059-SEMARNAT-2010) están listados 264 taxa en tres de las cuatro categorías de riesgo: en la categoría de Sujeta a Protección Especial se listan 150, en categoría de Amenazada se listan 83 y en categoría de Peligro de Extinción 31 (SEMARNAT, 2010). Los cactus es uno de los grupos de plantas más amenazados del reino vegetal, de hecho, es el que tiene el mayor número de especies en peligro de extinción en México. Generalmente, los cactus tienen límites de distribución restringidos, condicionados a ambientes muy específicos. Además, suelen ser poco abundantes dentro de su área de distribución, forman pequeñas poblaciones de baja densidad y con un bajo nivel de establecimiento de nuevos individuos (Valverde, 2001; Méndez *et al.*, 2006).

2. ANTECEDENTES.

El género *Melocactus* Link et Otto agrupa plantas globosas con costillas, caracterizado por el crecimiento de una estructura reproductiva especializada denominada cefalio. El cefalio sólo aparece en individuos que han alcanzado la edad reproductiva (figura 1).



Figura 1. Ejemplar adulto de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. (Quezada-Solís).

El género está compuesto por 24 especies y 10 categorías infraespecíficas. Es el grupo más derivado de la tribu Cereeae Salm-Dyck (Anderson, 2001; Nyffeler, 2002; Nassar *et al.*, 2007). Su distribución geográfica comprende las regiones áridas y semiáridas de las zonas tropicales y subtropicales de América (Colaço *et al.*, 2006). El centro de diversificación de *Melocactus* es Brasil con 16

taxa endémicos (Taylor, 1991). El género fue uno de los primeros en ser colectado por exploradores botánicos del siglo XV y fue representado en láminas de libros de clasificación botánica como el de Pena *et* L'Obel en *Adversaria Stirpium* (1581) (Link y Otto, 1827). En la actualidad es uno de los géneros más apreciados por los coleccionistas y centros de reproducción de cactáceas en todo el mundo (Taylor, 1991; Anderson, 2001; Nassar & Ramírez, 2004). En México, el primer trabajo para ubicar taxonómicamente las especies de *Melocactus* lo realizó Elizondo (1986), en el cual consideró a *M. ruestii* K. Schum., *M. ruestii* subsp. *oaxacensis* (Britton & Rose) Elizondo, *M. ruestii* subsp. *cintalapensis* Elizondo, *M. delessertianus* Lem., y *M. dawsonii* Bravo. Actualmente y de acuerdo al Catálogo de Cactáceas Mexicanas (Guzmán *et al.*, 2003), *Melocactus* está representado por *M. curvispinus* Pfeiffer subsp. *curvispinus* Pfeiffer y *M. curvispinus* Pfeiffer subsp. *dawsonii* (Bravo) N.P. Taylor. *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es endémico de México, con poblaciones en la costa de Jalisco, mientras que *M. curvispinus* subsp. *curvispinus* se distribuye en Venezuela, Colombia, Costa Rica, Honduras y Guatemala, introduciéndose en México en las zonas tropicales de los estados de Chiapas, Colima, Michoacán, Oaxaca y Veracruz (Elizondo, 1986; Taylor, 1991; Guzmán *et al.*, 2003). *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* fue colectado por primera vez en la bahía de Tenacatita en 1946 por E. Yale Dawson, quien lo designó como *Cactus oaxacensis* Britton & Rose (Hawkes, 2005). Bravo (1965) realizó la descripción del taxón y lo nombró como *Melocactus dawsonii*. Posteriormente, Taylor (1991) lo clasificó como *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* y es así como se considera en el Catálogo de Cactáceas Mexicanas. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Melocactus curvispinus* subsp. *curvispinus* y *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*, se encuentran listados en la norma de protección ambiental, el primero como una especie en Peligro de Extinción y el segundo como una especie Amenazada. El género *Melocactus* ha sido estudiado en diferentes aspectos. En la monografía del género *Melocactus* (Taylor, 1991) se incluyen descripciones y mapas de distribución de 34 taxa. También se incluye la

morfología de las semillas, posición sistemática y una clave de identificación, así como aspectos de la biología reproductiva, usos e importancia económica. En otras investigaciones se ha estudiado la biología reproductiva de *Melocactus curvispinus* subsp. *curvispinus* (Nassar & Ramírez, 2004), *M. schatzlii* Till & R. Gruber, *M. andinus* R. Gruber ex N.P. Taylor (Nassar *et al.*, 2007), *M. glaucescens* Buining & Brederoo, *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Colaço *et al.*, 2006), *M. ernestii* Vaupel, *M. x albicephalus* Buining & Brederoo (Santos *et al.*, 2008) y *M. conoideus* Buining & Brederoo (Cerqueira & dos Santos, 2007). Así mismo, la densidad poblacional se analizó en *Melocactus nagyii* Mézáros en Cuba (Martínez *et al.*, 2005) y *M. conoideus* en Brasil (Brito *et al.*, 2007). Otro aspecto que se investigó fue la supervivencia de plántulas en condiciones experimentales de *M. peruvianus* Vaupel (Castro *et al.*, 2006) y la influencia de la edad de la semilla y la oscuridad en la germinación de *M. curvispinus* subsp. *curvispinus* (Pasacio-Villafán y Ortiz, 2009). En contraste, no se había realizado ningún estudio de la distribución ni de aspectos poblacionales de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. Los escasos registros de colecta se hallan depositados en el Herbario Luz María Villareal de Puga del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG), en el Herbario Nacional de México de la Universidad Autónoma de México (MEXU) y el Herbario del Instituto de Ecología A.C., en Xalapa (XAL). Además, existen algunos trabajos de exploración donde citan poblaciones de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* en los acantilados rocosos de Barra de Navidad, Playa de Cuixmala, Bahía de Chamela, Playa de Careyes, Caleta de Careyitos y Punta Farallón (Sánchez-Mejorada, 1959; Elizondo, 1986; Taylor, 1991; Blanchy *et al.*, 2004).

3. JUSTIFICACIÓN.

Los estudios demográficos y poblacionales de la familia cactácea son escasos, por lo que es indispensable realizar investigaciones sobre la dinámica poblacional y los factores que influyen en el comportamiento demográfico de las especies (Valverde, 2001). En Jalisco crecen 97 especies (Arreola, 1990). De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, 11 especies se encuentran en categoría de Protección Especial y 2 en categoría de Amenazada, categoría en la cual se encuentra *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. Dicha categoría supone que las poblaciones podrían llegar a desaparecer a corto o medio plazo por el deterioro o modificación de su hábitat, provocando la disminución directa del tamaño de sus poblaciones (Sánchez *et al.*, 2007). El conocimiento de los aspectos ecológicos y la distribución geográfica de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* aportará información básica para realizar acciones de conservación para esta cactácea.

4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general.

Determinar la distribución geográfica y aspectos ecológicos de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.

4.2. Objetivos particulares.

- Realizar la caracterización morfológica de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.
- Determinar la densidad poblacional de seis poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.
- Describir y comparar la estructura de tamaños de seis poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en dos tipos de hábitat con diferente grado de accesibilidad.
- Identificar los visitantes florales y dispersores.
- Determinar el porcentaje de germinación de las semillas *ex situ*.

5. ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio abarca una extensión de aproximadamente 160 km del litoral costero de Jalisco, conocido como Costa Alegre. Las coordenadas geográficas están entre los 19° 57' 30" y 20° 59' 09" latitud Norte y los 103° 57' 54" y 105° 41' 15" longitud Oeste. Abarca los municipios de Cabo Corrientes, Tomatlán, La Huerta y Cihuatlán (SEMARNAP, 1999). El área corresponde a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, subprovincia de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima, cuyas elevaciones oscilan de los 0 a los 1200 m snm. Geológicamente se constituye principalmente de rocas ígneas de granito y rocas con alto contenido en sílice, así como por rocas sedimentarias de yesos y calizas. Los tipos de suelo predominantes son regosol eútrico, regosol calcárico y litosol (Rzedowski, 1978; Ferrusquía-Villafranca, 1993). Predominan los climas cálidos subhúmedos Aw, aunque en la región de Chamela-Cuixmala es notable un clima cálido semiseco BS1(h')w. En la mayor parte de la región, la temperatura media anual es de 24.6 °C, con un promedio anual de precipitación de 750 mm. Por lo que el clima se considera como Aw₀, el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y con una oscilación térmica de entre 7 °C y 14 °C. La humedad relativa de la atmósfera es superior al 65% durante todo el año, debido principalmente a la influencia del mar. En la región de Puerto Vallarta están presentes los climas Aw₁ y Aw₂, climas cálidos subhúmedos con una mayor precipitación y humedad (Noguera *et al.*, 2002). De acuerdo con la clasificación biogeográfica de Morróne (2001), el área de estudio pertenece a la Región Neotropical, Subregión Caribeña, provincia de la Costa Pacífica Mexicana. En base a la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie III del INEGI (2005), los tipos de vegetación presentes son la selva mediana subcaducifolia y la selva baja caducifolia. Estas dos asociaciones corresponden a lo que Rzedowski (1978), considera como bosque tropical subcaducifolio y

bosque tropical caducifolio. Los elementos comunes del paisaje son *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl., *Caesalpinia eriostachys* Benth., *Caesalpinia platyloba* S. Wats., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Hura polyandra* Baill., *Capparis incana* Kunth, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Ipomoea intrapilosa* Rose, *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britt. & Baker, *Plumeria rubra* L., *Cedrela odorata* L., *Jatropha chamelensis* Pérez-Jiménez y *Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelm.) Britton & Rose. El hábitat principal de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* se encuentra en los acantilados rocosos donde la vegetación está adaptada a condiciones de poco suelo, alta salinidad y exposición directa a los rayos solares. Las especies en este tipo de vegetación son *Stenocereus standleyi* (J.G. Ortega) Buxb., *Mammillaria mazatlanensis* K. Schum ex Gürke, *Agave colimana* Gentry, *Bursera excelsa* (HBK.) Engl. y *Capparis flexuosa* (L.) L. Con menos frecuencia se encuentra a *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* en claros dentro de la selva mediana subcaducifolia. Para determinar la densidad y la estructura de tamaños se ubicaron parcelas en seis poblaciones dentro del área de estudio. Cuatro de ellas se encontraron en acantilados rocosos y las otras dos en claros dentro de la selva mediana subcaducifolia. El grado de accesibilidad fue diferente, cuatro poblaciones se encuentran en zonas de difícil acceso, mientras que las otras dos se encuentran en zonas de fácil acceso.

6. MÉTODOS.

6.1. Distribución.

Para determinar el área de distribución de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* se realizó una revisión bibliográfica de coordenadas de colecta y avistamientos del taxón. Se consultaron los trabajos de Sánchez-Mejorada (1959), Bravo (1965), Elizondo (1986), Taylor (1991) y Blanchy *et al.* (2004). También se revisaron ejemplares botánicos depositados en los herbarios IBUG, MEXU y XAL. Por último, se realizaron exploraciones de campo en el litoral costero de Jalisco en los años 2008, 2009 y 2010. Las localidades donde se encontraron poblaciones se registraron con un GPS Garmin®. Las coordenadas se obtuvieron en unidades UTM1984 para elaborar el mapa de distribución a escala 1:1.000.000 en el programa ArcView®. Los mapas se hicieron en base a la Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie III del INEGI (2005). Además, se tomaron fotografías de los individuos para elaborar ejemplares de herbario para el IBUG.

6.2. Caracterización morfológica.

La caracterización morfológica de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* incluyó mediciones cuantitativas y cualitativas de caracteres vegetativos y reproductivos. Se midieron siete caracteres vegetativos y diez caracteres reproductivos de 120 individuos adultos. Se incluyeron los valores mínimos y máximos para considerar la variación de los individuos en altura, diámetro, número de costillas, número de areolas por costilla, distancia entre areolas, número de espinas centrales y número de espinas radiales. Para obtener los valores de los caracteres reproductivos se midió la altura y el diámetro del cefalio. Además se midieron 25 flores, 25 frutos y 100 semillas. En cada flor se midió la longitud del pericarpelo, la longitud y diámetro del tubo receptacular, la

longitud y diámetro de la cámara nectarial, así como la longitud y diámetro de los segmentos externos e internos del perianto, el número y longitud de los estambres, la longitud del estilo y el número y longitud de los lóbulos del estigma. En el fruto se midió el largo y ancho, además se consideró su forma y color. En las semillas se midió largo y ancho, para lo cual se utilizó un estereoscopio, también se consideró la ornamentación y el color de la testa.

6.3. Densidad poblacional.

En una población la abundancia y distribución de los individuos es el reflejo de la influencia ambiental. Las condiciones del hábitat son importantes en el establecimiento y dinámica de las poblaciones (Lomolino *et al.*, 2006). El método de parcelas con tamaño definido es el más utilizado para estimar la densidad poblacional en plantas. Permite censar los individuos y estimar la densidad relativa en el área muestreada (Krebs, 2001). Brito *et al.* (2007) analizó la densidad de *Melocactus conoideus*, una cactácea endémica de Brasil en peligro de extinción. De acuerdo con el autor, parcelas de 25 m² son eficaces para el análisis de densidad. Para analizar la densidad relativa de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* se delimitaron 30 parcelas de 25 m². Se seleccionaron seis poblaciones y en cada una se ubicaron 5 parcelas al azar. Las poblaciones se encuentran en dos tipos de hábitat con diferente grado de accesibilidad, la cual puede ser fácil o difícil (Cuadro 1). En cada parcela se censaron todos los individuos de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*. El área total muestreada fue de 750 m². La densidad relativa se refiere al número de individuos encontrados por unidad de área medida. Este valor se calculó en cada población y en el área total muestreada. Para estimar si existían diferencias significativas entre las densidades de cada población por el tipo de hábitat y el grado de acceso, se aplicó el método de análisis de varianza de un factor. Para establecer las poblaciones que diferían estadísticamente se utilizó una prueba de rangos múltiples con un nivel del 95% de confianza (diferencia mínima significativa LSD de Fisher). Para corroborar la diferencia entre las poblaciones se aplicó un análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis), en el cual se

comparan las medias de cada población con un nivel de confianza del 95% (Zar, 1999; Kozak *et al.*, 2008). El programa utilizado para realizar los análisis estadísticos fue STATGRAPHICS Centurion®.

Cuadro 1. Descripción de las poblaciones muestreadas para determinar la densidad de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.

Población	Coordenadas	Características de la población	Accesibilidad
2.- Ejido Playitas	20° 22' 01.89"N° 105° 41' 09.11" O	Acantilado rocoso	Difícil
5.- Ejido San Carlos	20° 07' 30" N 105° 32' 46" O	Zona plana (Selva mediana subcaducifolia)	Fácil
10.- Las Alamandas	19° 37' 18.06" N 105° 11' 18.89" O	Acantilado rocoso, propiedad privada	Difícil
13.- Las Alamandas	19° 37' 38.66" N 105° 10' 45.38" O	Zona plana (Selva mediana subcaducifolia) propiedad privada	Difícil
19.- Isla San Panchito	19° 32' 03.64" N 105° 05' 19.79"	Acantilado rocoso, isla	Difícil
25.- Arroyo Seco	19° 19' 41.63" N 104° 57' 28.82" O	Acantilado rocoso	Fácil

6.4. Estructura de tamaños.

6.4.1. Estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en una población protegida.

El predio Las Alamandas es una propiedad privada con una extensión aproximada de 600 ha. Se localiza en el municipio de La Huerta, entre los 19° 38' 15"N-105° 12' 36"O y 19° 37' 01"N-105° 10' 17"O. En esta localidad el hábitat y la población de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* están bien conservadas, por lo que se considera una población protegida. Los tipos de

vegetación presentes de acuerdo a la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie III del INEGI (2005) son la selva mediana subcaducifolia y la selva baja caducifolia. Durante los meses de enero, febrero y marzo del 2009 se hicieron recorridos dentro del predio para localizar individuos de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. Se encontraron seis subpoblaciones, cinco de los cuales se encuentran en los acantilados rocosos, separados entre sí por playas. La otra subpoblación se ubicó dentro de la selva mediana subcaducifolia, en un hábitat con suelo pedregoso y con nula o escasa materia orgánica, así como con espacios libres de vegetación arbustiva. Para describir la estructura de tamaños, en cada subpoblación se marcó una parcela de 10 m x 10 m. A continuación, se midió la altura y diámetro de los individuos encontrados, así como el número de areolas por costilla. Estos caracteres se encuentran relacionados con la etapa de desarrollo de los individuos (Eguiarte y Jiménez, 1999; Delgadillo, 2001). Con los valores mínimos y máximos se determinaron cinco clases de edad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clases de edad de acuerdo a la altura de la planta, el diámetro de la planta y el número de areolas por costilla.

Clase de edad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Número de areolas por costilla
Plántula	0.7-4.5	2-5	2-4
Joven	4.6-9	5.1-8.1	5-7
Transición joven-adulto	9.1-13.5	8.2-14.3	8-10
Adulto I	13.6-18	14.4-17.4	11-13
Adulto II	18.1-23	17.5-19	14-18

Las plántulas se diferencian de los jóvenes en que estos son más robustos y tienen todas las espinas desarrolladas. En la fase de transición joven-adulto el individuo se transforma notablemente, sus costillas se tornan más anchas y la parte apical de la planta comienza a desarrollar una masa densa de tricomas llamada cefalio terminal. El cefalio continúa creciendo hasta que muere la planta (Mauseth, 2006). Esta fase de transición termina cuando el cefalio genera la primera flor, dando paso a la fase adulta. En las clases Adulto I y Adulto II el

individuo se encuentra en estado reproductivo, es decir, genera flores y frutos. En total, se censaron 144 individuos y se generaron tablas de frecuencia para determinar la cantidad de individuos agrupados en cada rango de tamaño.

6.4.2. Estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en seis poblaciones muestreadas en el área de distribución.

Para establecer la estructura de tamaños en el área de distribución de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* se midieron 301 individuos distribuidos en las parcelas de las poblaciones 2, 5, 10, 13, 19 y 25. Los individuos se clasificaron en cinco clases de edad de acuerdo a la altura de la planta, pues esta característica define la edad del individuo (Cuadro 3). Los valores se graficaron para indicar la estructura de tamaños de cada población y la estructura de tamaños en el área de distribución.

Cuadro 3. Clases de edad de acuerdo a la altura de la planta.

Clase de edad	Altura (cm)
Plántula	0.7-4.5
Joven	4.6-9
Transición joven-adulto	9.1-13.5
Adulto I	13.6-18
Adulto II	18.1-23

6.5. Visitantes florales y dispersores.

La observación de visitantes florales y dispersores de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* se realizó en el predio Las Alamandas. Para ello se observaron doce individuos de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* en edad adulta, conformados en grupos de tres plantas. Para cada grupo se ubicaron sitios de observación a una distancia de 1 y 4 m (Nassar y Ramírez, 2004) Durante tres días consecutivos (15, 16 y 17 de abril de 2009) se observó a los individuos desde las 9:00h hasta el cierre de la flor (23:00h). A partir de la apertura de la flor

(13:00h) se realizaron observaciones durante intervalos de 60 minutos a cada grupo de individuos.

6.6. Pruebas de germinación.

La germinación y establecimiento de nuevos individuos es uno de los factores más críticos en la dinámica poblacional de las cactáceas. Por lo común, las plántulas se encuentran expuestas a condiciones ambientales extremas, por lo que el establecimiento de nuevos individuos resulta ser bajo (Álvarez y Montaña, 1997; Ruedas *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2006; Méndez *et al.*, 2006). Se evaluó la germinación *ex situ* de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el invernadero del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara. El experimento consistió en determinar el porcentaje y tiempo de germinación de 500 semillas en dos tipos de sustrato (jal y composta), así como determinar si aplicar o no un tratamiento pregerminativo tiene efectos sobre el porcentaje de germinación. Para ello se realizaron cinco pruebas con 100 semillas cada una (Cuadro 4).

Cuadro 4. Pruebas de germinación *ex situ* en dos tipos de sustrato y con o sin tratamiento pregerminativo.

Testigo	100 % jal	Sin tratamiento
Prueba 1	100% jal	Con tratamiento
Prueba 2	50 % jal-50% composta	Con tratamiento
Prueba 3	100 % jal	Sin tratamiento
Prueba 4	50% jal-50% composta	Sin tratamiento

El tratamiento pregerminativo consistió en la desinfección de las semillas en una solución de cloro al 30% durante cinco minutos y una posterior aplicación de fungicida en polvo Benlate® (Reyes, 1997). Cada sustrato se colocó en un bote de plástico hermético y transparente de 10 cm de diámetro por 7 cm de alto. Después, cada bote con sustrato se humedeció a capacidad de campo y se calentó en un horno de microondas durante tres minutos. Las condiciones ambientales de invernadero fueron de una temperatura media de 28 °C y una

humedad relativa del 60%. La siembra se realizó el día 16 de julio del 2009. La primera semana se realizaron observaciones diarias. A partir del día 24 de julio las evaluaciones fueron semanales hasta el 7 de agosto. La última evaluación se hizo el 15 de septiembre de 2009.

7. RESULTADOS.

7.1. Distribución.

Melocactus curvispinus subsp. *dawsonii* se distribuye en los municipios de Cihuatlan, La Huerta, Tomatlán y Cabo Corrientes, Jalisco. La zona corresponde a la subprovincia fisiográfica de las sierras de la Costa de Jalisco y Colima. Geográficamente se localiza entre los 20° 24'-19° 10' latitud Norte y los 105° 41'-104° 41' longitud Oeste. La revisión de la bibliografía, de ejemplares de herbario y los recorridos de exploración permitió localizar 28 poblaciones en altitudes que oscilan entre los 4 y 34 m snm. (Cuadro 5).

La población más septentrional de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* y por lo tanto del género *Melocactus*, se encuentra en el Ejido de Corrales, al extremo noroeste del municipio de Cabo Corrientes, contiguo al municipio de Puerto Vallarta. La población más meridional se localiza en el poblado de Barra de Navidad, municipio de Cihuatlán. La mayor parte del área de distribución de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* se halla en un clima cálido subhúmedo Aw_0 , el más seco de los tipo Aw , a excepción de la región de Chamela-Cuixmala donde el clima es cálido semiseco $BS1(h')w$. Cabe resaltar que en el municipio de Puerto Vallarta contiguo al municipio de Cabo Corrientes, con un clima subhúmedo Aw_1 y Aw_2 , es nula la presencia de poblaciones de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*. A lo largo del litoral costero se extienden relieves de acantilados rocosos que en algunas zonas son sustituidos por franjas de playa y esteros, donde no se encuentran individuos de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*. De acuerdo a la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie III del INEGI (2005), la mayoría de las poblaciones de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* se encuentran en un suelo regosol tipo eútrico (anexo 1) y en acantilados rocosos de difícil acceso (figura 2). Dos de las poblaciones fueron encontradas en claros dentro de la selva mediana subcaducifolia (figura 3). De acuerdo a la Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie III del INEGI (2005), la vegetación cambia

conforme asciende la altitud, de modo que el estrato comienza a ser más arbustivo dando paso a la selva mediana subcaducifolia y a la selva baja caducifolia (anexo 2).

Cuadro 5. Poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.

# de localidad	Municipio	Latitud N.	Longitud O.	Altitud m snm	Tipo de hábitat	Grado de acceso
1	Cabo Corrientes	20°24'20.60"	105°41'39.80"	17	Acantilado rocoso	Difícil
2	Cabo Corrientes	20°22'01.89"	105°41'09.11"	12	Acantilado rocoso	Difícil
3	Cabo Corrientes	20°14'53.01"	105°35'03.39"	9	Acantilado rocoso	Difícil
4	Cabo Corrientes	20°14'13.16"	105°34'28.26"	19	Acantilado rocoso	Difícil
5	Tomatlán	20°07'30"	105°32'46"	15	Selva mediana subcaducifolia	Fácil
6	Tomatlán	20°05'40"	105°32'54"	17	Acantilado rocoso	Difícil
7	Tomatlán	19°40'48.04"	105°15'51.08"	6	Acantilado rocoso	Difícil
8	La Huerta	19°37'20.33"	105°11'41.80"	15	Acantilado rocoso	Difícil
9	La Huerta	19°37'20.73"	105°11'24.82"	17	Acantilado rocoso	Difícil
10	La Huerta	19°37'18.06"	105°11'18.89"	14	Acantilado rocoso	Difícil
11	La Huerta	19°37'17.36"	105°11'13.68"	4	Acantilado rocoso	Difícil
12	La Huerta	19°37'19.48"	105°11'02.91"	6	Acantilado rocoso	Difícil
13	La Huerta	19°37'38.66"	105°10'45.38"	26	Selva mediana subcaducifolia	Difícil
14	La Huerta	19°37'24.30"	105°10'44.22"	22	Acantilado rocoso	Difícil
15	La Huerta	19°37'07.67"	105°10'38.70"	19	Acantilado rocoso	Difícil
16	La Huerta	19°37'03.88"	105°10'32.78"	8	Acantilado rocoso	Difícil
17	La Huerta	19°33'16.42"	105°05'18.58"	5	Acantilado rocoso	Fácil
18	La Huerta	19°31'37.24"	105°05'00.66"	10	Acantilado rocoso	Fácil
19	La Huerta	19°32'03.64"	105°05'19.79"	9	Acantilado rocoso	Difícil
20	La Huerta	19°31'58.87"	105°05'18.50"	6	Acantilado rocoso	Difícil
21	La Huerta	19°31'15.51"	105°04'52.52"	12	Acantilado rocoso	Difícil
22	La Huerta	19°25'43.54"	105°01'42.62"	14	Acantilado rocoso	Difícil
23	La Huerta	19°23'41.92"	105°01'47.53"	17	Acantilado rocoso	Difícil
24	La Huerta	19°19'52.35"	104°57'46.83"	12	Acantilado rocoso	Difícil
25	La Huerta	19°19'41.63"	104°57'28.82"	9	Acantilado rocoso	Fácil
26	La Huerta	19°16'51.24"	104°52'34.86"	21	Acantilado rocoso	Difícil
27	Cihuatlán	19°13'01.95"	104°42'52.67"	34	Acantilado rocoso	Difícil
28	Cihuatlán	19°10'28.53"	104°41'30.64"	25	Acantilado rocoso	Difícil

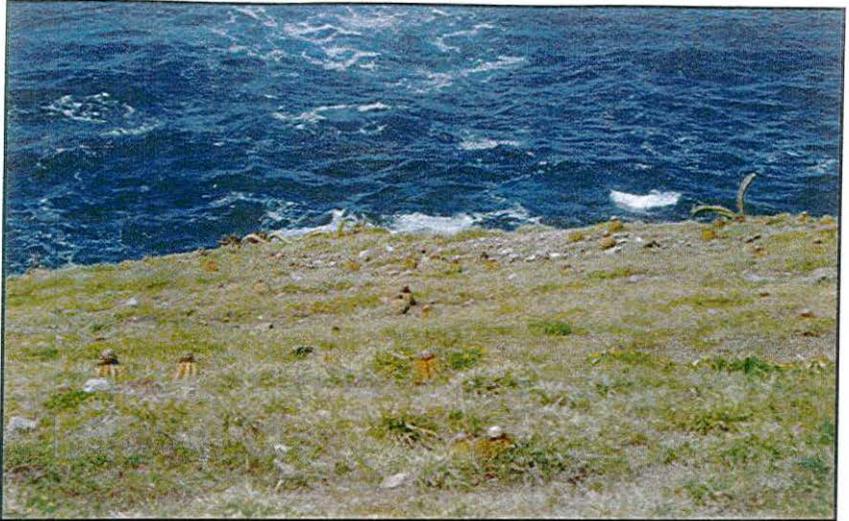


Figura 2. Población de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en acantilado rocoso. (Quezada-Solís).

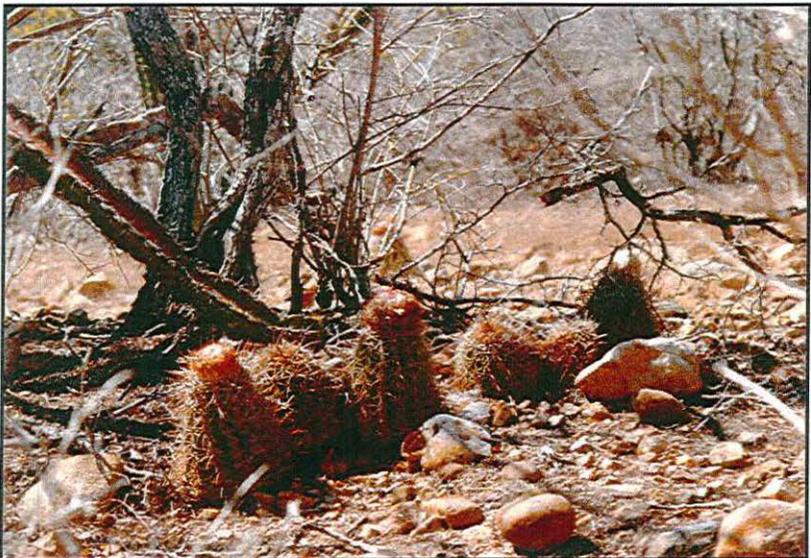


Figura 3. Población de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* dentro de la selva mediana subcaducifolia. (Quezada-Solís).

7.2. Caracterización morfológica.

En base a los valores obtenidos de la medición de 120 individuos con cefalio, se realizó la siguiente descripción morfológica.

Melocactus curvispinus Pfeiffer subsp. *dawsonii* (Bravo) N.P. Taylor

Cactus con tallo globoso-ovoide de 12 a 23 cm de altura, diámetro de 11.5 a 19 cm, de 12 a 18 costillas y de 8 a 18 areolas por costilla; distancia entre areolas de 1 a 2.5 cm; espinas centrales de 1 a 3 y de 2 a 2.5 cm de longitud; espinas radiales de 8 a 14 y de 1.5 a 3 cm de longitud. Cefalio con ápice algodonoso y cerdas rojizas; 1.5 a 11 cm de longitud; diámetro de 2.7 a 9 cm; flor de color rosa-roja, tubular, de 3 a 3.5 cm de largo incluyendo el pericarpelo; pericarpelo de 6 mm de longitud, base cónica, blanca, desnuda; tubo receptacular de 1.6 a 1.9 cm de largo y de 5 a 9 mm de diámetro, longitudinalmente estriado, desnudo, de color rosa pálido; cámara nectarial de 1 mm de largo y 3 mm de ancho; segmentos externos del perianto oblongos, con el ápice obtuso, de 5 a 10 mm de largo y de 2 mm de ancho, de color rosa intenso; segmentos internos del perianto oblongos con el ápice obtuso, de 10 mm de largo y 2 mm de ancho, de color rosa intenso, más oscuros que los externos; estambres numerosos con los filamentos de 1 mm de longitud, situados a lo largo del tubo receptacular; estilo blanco de 1.1 cm de largo; 6 lóbulos del estigma, de 2 mm de largo, de color blanco; fruto claviforme de color rojo, rosa o blanco, de 3 a 3.5 cm de largo y de 1 cm de diámetro en el ápice; semillas de 1.5 mm de longitud, de color negro con ornamentación celular, hilo basal amplio.

En general, los valores coinciden con las descripciones realizadas por Bravo (1965) y Taylor (1991). Sin embargo, en algunos individuos se presentan valores por encima de los descritos, como es el caso de la altura y el diámetro de la planta y en el número de costillas. Una característica que no consideraron Bravo y Taylor es el número de areolas por costilla. En esta descripción se encontraron individuos con cefalio que tienen de 8 a 18 areolas por costilla.

7.3. Densidad poblacional.

Se censaron un total de 301 individuos. La densidad relativa de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el área de distribución muestreada (750 m²) es de 0.4 individuos/m² (Cuadro 6).

Cuadro 6. Densidad relativa de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en las seis poblaciones muestreadas.

Población	Municipio	Área muestreada (m ²)	# de Individuos	Individuos/m ²
(2) Ejido Playitas	Cabo Corrientes	125	89	0.712
(5) Ejido San Carlos	Tomatlán	125	10	0.08
(10) Las Alamandas, acantilado rocoso	La Huerta	125	57	0.456
(13) Las Alamandas, selva mediana subcaducifolia	La Huerta	125	37	0.296
(19) Isla San Panchito	La Huerta	125	42	0.336
(25) Arroyo seco	La Huerta	125	66	0.528
Área total muestreada		750 m²	301	0.401

Los individuos se distribuyen espacialmente de manera agregada y crecen hasta cinco individuos juntos. La población con mayor densidad de individuos se encontró en el Ejido Playitas (2) con 0.712 individuos/m². Esta población se encuentra en acantilados rocosos y es de difícil acceso. En contraste, la población (5) en el Ejido San Carlos, tiene la menor densidad de individuos, con tan sólo 0.08 individuos/m². Esta población se encuentra en claros dentro de la selva mediana subcaducifolia y el grado de acceso es fácil. Estas dos poblaciones están separadas por una distancia de 30 km. La mayor distancia de separación es de 120 km entre la población 2 y 25. De acuerdo al análisis de varianza de un factor, existen diferencias significativas entre las densidades de las poblaciones (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza de un factor entre las densidades de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* de las seis poblaciones muestreadas. ANOVA de una vía=2.16795, grados de libertad= 29, P= 0.0014, nivel de significancia ($\alpha=0.05$).

Fuente de variación	Grados de libertad	Media cuadrática	F	significación (p-value)
Localidades	5	0.2341	5.64	0.0014
Error	24	0.0415		

De acuerdo al método de diferencia mínima significativa LSD de Fisher, las diferencias estadísticamente significativas se encuentran entre las densidades de las poblaciones 2-5, 2-13, 5-10 y 5-25. Aplicando el método de análisis no paramétrico Kruskal-Wallis se compararon las medias de la densidad de cada población para corroborar cuales eran estadísticamente diferentes (figura 4).

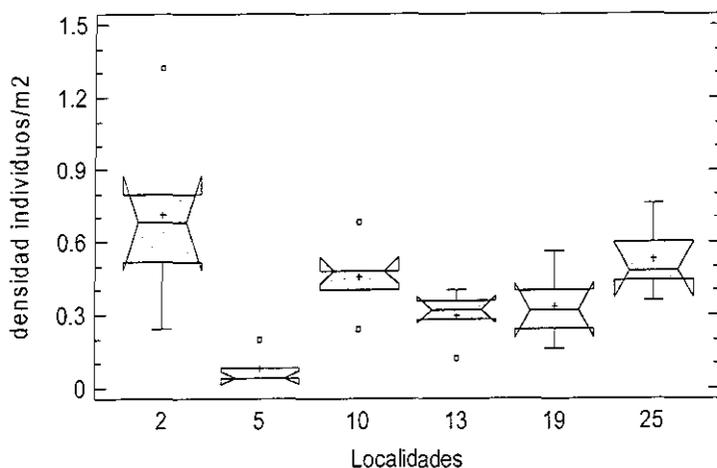


Figura 4. Gráfico de Caja y Bigotes que muestra la diferencia entre las medias de las seis poblaciones: (2.- Ejido Playitas), (5.- Ejido San Carlos), (10.- Las Alamandas, acantilado), (13.- Las Alamandas, selva mediana subcaducifolia), (19.- Isla San Panchito) y (25.- Arroyo Seco).

Los análisis estadísticos indican que las poblaciones que se encuentran en acantilados rocosos (2, 10, 19 y 25) tienen una mayor densidad de individuos en relación a las poblaciones que se encuentran en claros dentro de la selva mediana subcaducifolia (5 y 13). En cuanto a la densidad de acuerdo al grado de acceso, se obtuvo que las poblaciones de difícil acceso (2, 10, 13, 19) tienen una mayor densidad de individuos que las poblaciones de fácil acceso (5, 25). Sin embargo, la población 25 tiene una densidad de individuos elevada, aunque la mayoría son plántulas, por lo que se puede afirmar que ha sido afectada por el saqueo de individuos adultos.

7.4. Estructura de tamaños.

7.4.1. Estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en una población protegida.

Tomando en consideración la altura de la planta, la estructura de tamaños está representada por una gran cantidad de individuos adultos (figura 5). El mayor porcentaje de individuos se encuentra entre los 13.6 y 18 cm y son considerados en la clase de edad Adulto I (Cuadro 8). La altura más pequeña fue de 0.7 cm y la más grande fue de 23 cm. Con respecto al diámetro de la planta, la mayoría de individuos se encuentra en la fase de Transición joven-adulto, con un diámetro entre los 8.2 y 14.3 cm (Cuadro 9). En esta clase de edad se observan individuos que pueden o no tener desarrollado el cefalio. La clase de edad Adulto I fue la segunda con mayor cantidad de individuos (figura 6). Respecto al número de areolas por costilla, la mayoría de individuos tienen entre 11 y 13. Los individuos en este rango son considerados en la edad Adulto I (figura 7). El rango de 8-10 areolas por costilla es el segundo con mayor cantidad de individuos y se define como la fase de Transición joven-adulto, ya que hay individuos con 8-10 areolas por costilla sin cefalio, así como individuos con el mismo número de areolas por costilla que presentan cefalio. El menor número de areolas por costilla fue de dos en plántulas mientras que el mayor fue de 18 en la edad Adulto II (Cuadro 10). La estructura de tamaños en la población de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* dentro del predio Las

población de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* dentro del predio Las Alamandas presenta individuos en las cinco clases de edad. La mayoría pertenece a la clase Adulto I y le sigue en porcentaje la clase de Transición joven-adulto. La clase Plántula agrupó menos del 15% de los individuos encontrados. Si se considera que la edad de adulto agrupa dos clases Adulto I y Adulto II, y que existe una clase de Transición de joven- adulto, se puede afirmar que la mayoría de individuos en esta población están en edad reproductiva.

Cuadro 8. Frecuencia de individuos de acuerdo a la altura en la población protegida dentro del predio Las Alamandas.

Clases de tamaño por altura	Frecuencia	Porcentaje	Edad ecológica
0.7-4.5 cm	19	13.19%	Plántula
4.6-9 cm	28	19.44%	Joven
9.1-13.5 cm	26	18.06%	Transición joven-adulto
13.6-18 cm	60	41.67%	Adulto I
18.1-23 cm	11	7.64%	Adulto II

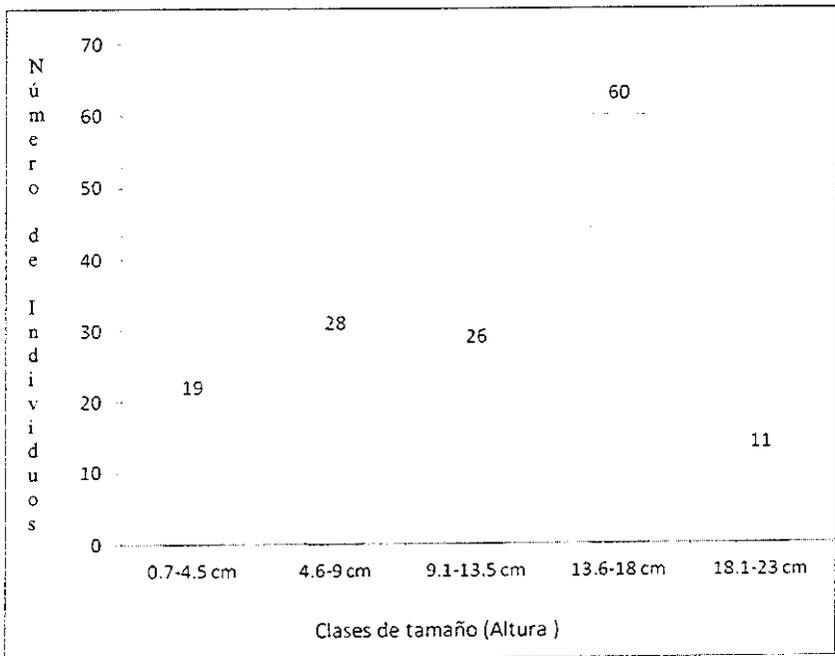


Figura 5. Estructura de tamaños de acuerdo a la altura de los individuos de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el predio Las Alamandas.

Cuadro 9. Frecuencia de individuos de acuerdo al diámetro en la población protegida dentro del predio Las Alamandas.

Clases de tamaño por diámetro	Frecuencia	Porcentaje	Edad ecológica
2-5 cm	14	9.72%	Plántula
5.1-8.1 cm	13	9.03%	Joven
8.2-14.3 cm	70	48.61%	Transición joven-adulto
14.4-17.4 cm.	39	27.08%	Adulto I
17.5-19 cm.	8	5.56%	Adulto II

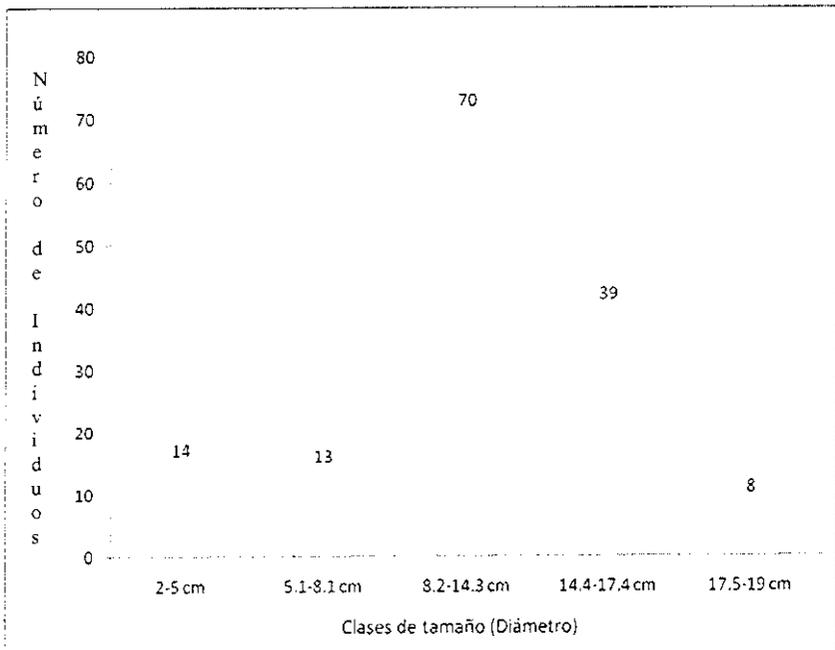


Figura 6. Estructura de tamaños de acuerdo al diámetro de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el predio Las Alamandas.

Cuadro 10. Frecuencia de individuos de acuerdo al número de areolas por costilla en la población protegida dentro del predio Las Alamandas.

Clases de tamaño según el número de areolas por costilla	Frecuencia	Porcentaje	Edad ecológica
2-4	18	12.5%	Plántula
5-7	28	19.44%	Joven
8-10	41	28.48%	Transición joven-adulto
11-13	50	34.72%	Adulto I
14-18	7	4.86%	Adulto II

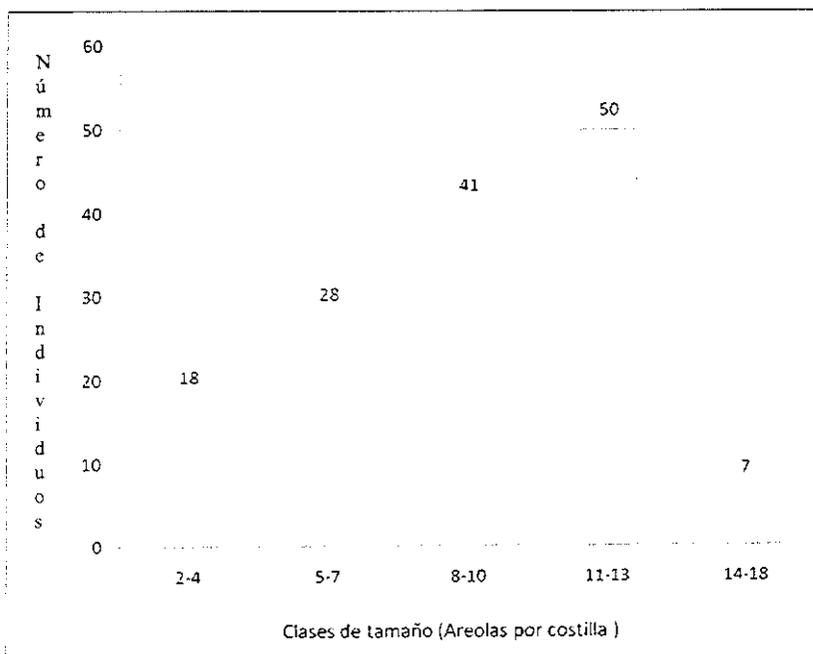


Figura 7. Estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el predio Las Alamandas de acuerdo al número de areolas por costilla.

7.4.2. Estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en seis poblaciones muestreadas en el área de distribución.

Excepto en la población 25, la estructura de tamaños en el área de distribución está representada por individuos en las cinco clases de edad. En la población 25 no se encontraron individuos en la clase Adulto II, y sólo se encontró un individuo en la clase Adulto I. Sin embargo, en esta población se encontró la

mayor cantidad de individuos en clase de edad Plántula (Cuadro 11). De acuerdo al rango de altura de la planta, entre los 9.1 y 13.5 cm los individuos se consideran en la fase de Transición joven-adulto. En esta fase se encuentran individuos que pueden tener o no desarrollo del cefalio. Los individuos que registraron alturas entre los 13.6 y 18 cm son considerados como Adulto I y los que tiene alturas mayores a los 18 cm como Adulto II. En la población 2 se encontró la mayor cantidad de individuos, en su mayoría en la edad Joven y en la fase de Transición joven-adulto (figura 8). La población 5 presentó el menor número de individuos, con tan sólo 10. En edad reproductiva, se encontraron dos individuos en clase Adulto I y un individuo en clase Adulto II. En esta población la fase de Transición joven-adulto está representada por un individuo (figura 9). La mayor cantidad de individuos en edad reproductiva se encontró en la población 10, con 20 individuos en edad Adulto I y 18 individuos en edad Adulto II. Cabe resaltar que en esta población la edad Joven agrupó menos de 5 individuos (figura 10). En la población 13 se encontraron 37 individuos, de los cuales la mayoría se encuentran en la clase de edad Joven y en la fase de Transición joven-adulto. En contraste, sólo se encontraron tres individuos en la edad de Plántula (figura 11). Esta población, junto con la 5, es la que presenta menor número de individuos en edad de Plántula. La población 19, que se halla en la Isla San Panchito, está representada por las cinco clases de edad. La mayoría de individuos se encuentran en la clase de edad Joven. Si se considera que la clase de edad adulto está representada con la clase Adulto I y Adulto II, esta población tiene un total de 19 individuos en edad reproductiva (figura 12). La población 25 es la segunda con mayor cantidad de individuos, con un total de 66 individuos. La mayoría se encuentra en edad Plántula, sin embargo, cabe destacar la ausencia de individuos en edad reproductiva (figura 13). La estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el área de distribución muestra la existencia de cinco clases de edad. Los individuos en edad Joven son los más frecuentes con 79 representantes, le sigue la edad Plántula con 74 individuos. Sin embargo, las clases en edad reproductiva Adulto I y Adulto II en conjunto, agrupan 82 individuos, por lo que la mayoría de

individuos está en edad reproductiva. Por último, la fase de Transición joven-adulto está representada por un total de 66 individuos (figura 14).

Cuadro 11. Estructura de tamaños en las seis poblaciones muestreadas en el área de distribución de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.

Clase de edad/ Población	Plántula	Joven	Transición joven-adulto	Adulto I	Adulto II	Total individuos
2	20	31	30	3	5	89
5	3	3	1	2	1	10
10	11	3	5	20	18	57
13	3	11	10	6	7	37
19	7	11	5	10	9	42
25	30	20	15	1	0	66
	74	79	66	42	40	301

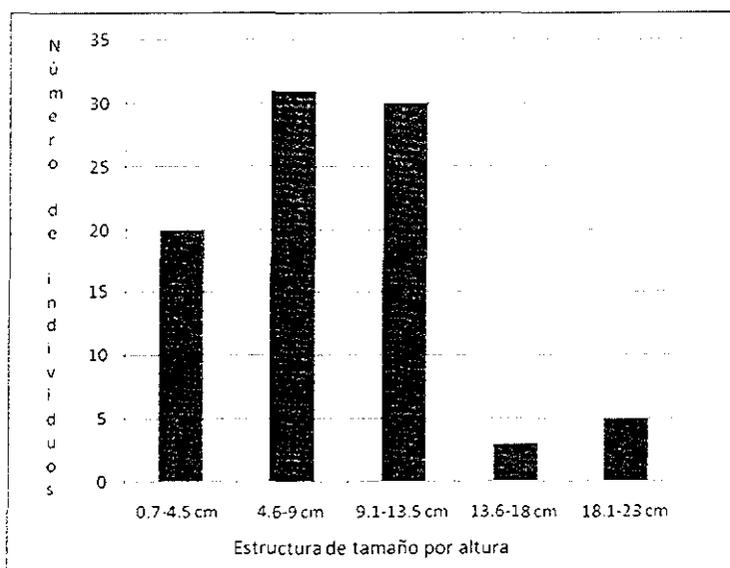


Figura 8. Estructura de tamaños en la población 2 de acuerdo a la altura de los individuos.

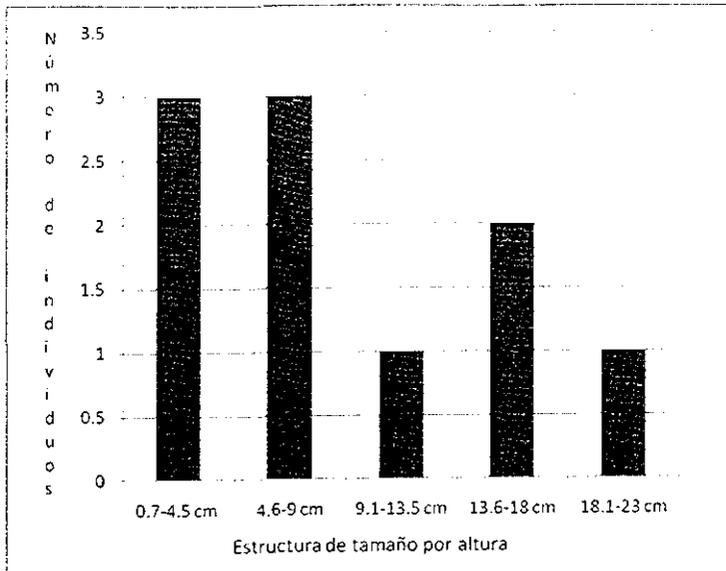


Figura 9. Estructura de tamaños en la población 5 de acuerdo a la altura de los individuos.

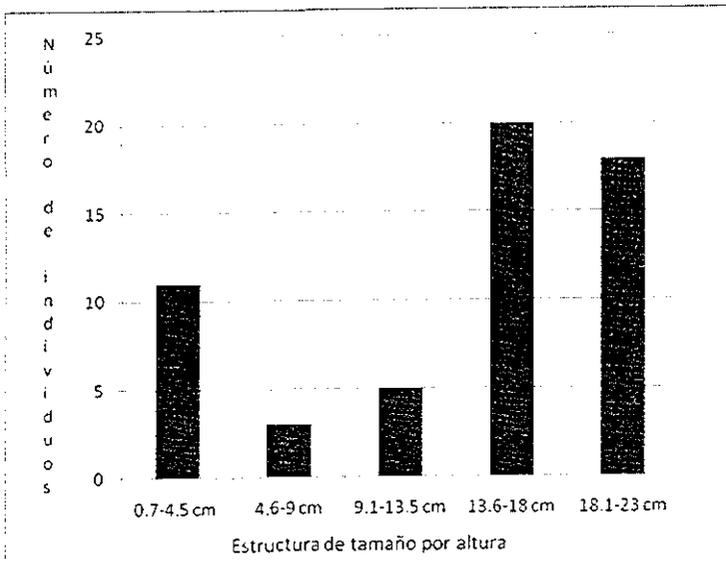


Figura 10. Estructura de tamaños en la población 10 de acuerdo a la altura de los individuos.

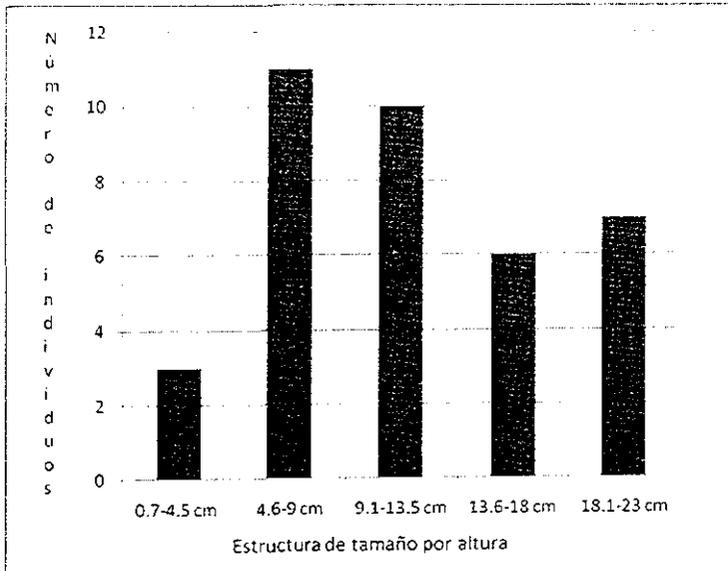


Figura 11. Estructura de tamaños en la población 13 de acuerdo a la altura de los individuos.

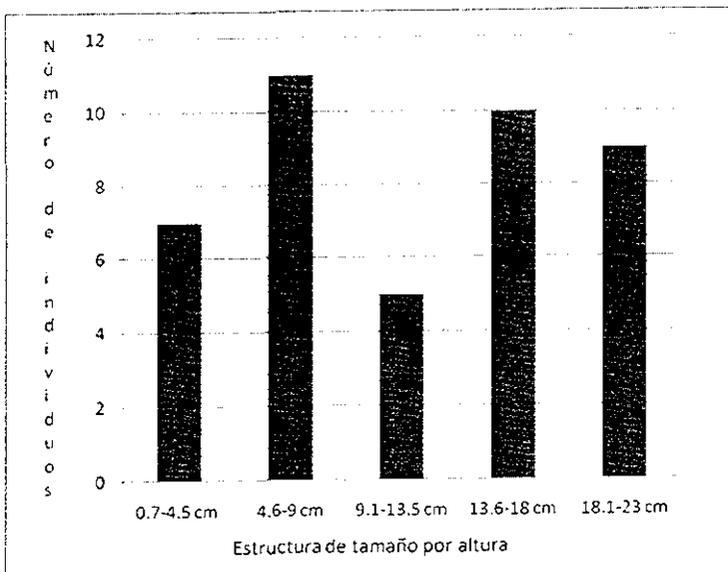


Figura 12. Estructura de tamaños en la población 19 de acuerdo a la altura de los individuos.

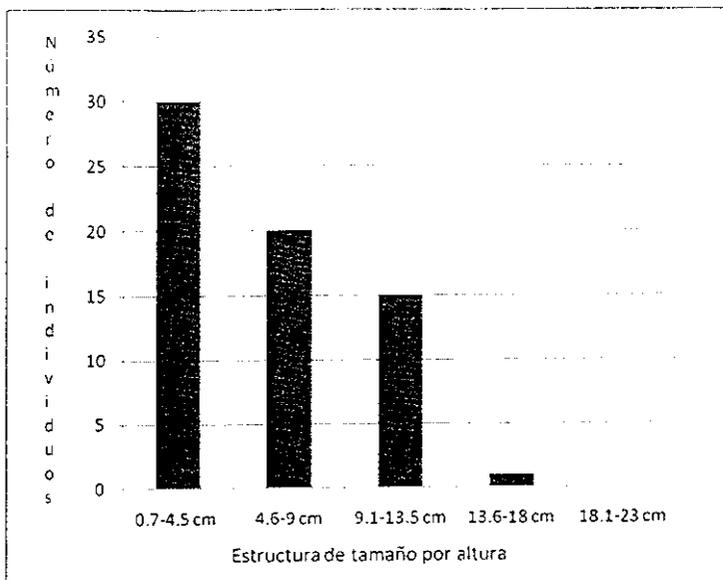


Figura 13. Estructura de tamaños en la población 25 de acuerdo a la altura de los individuos.

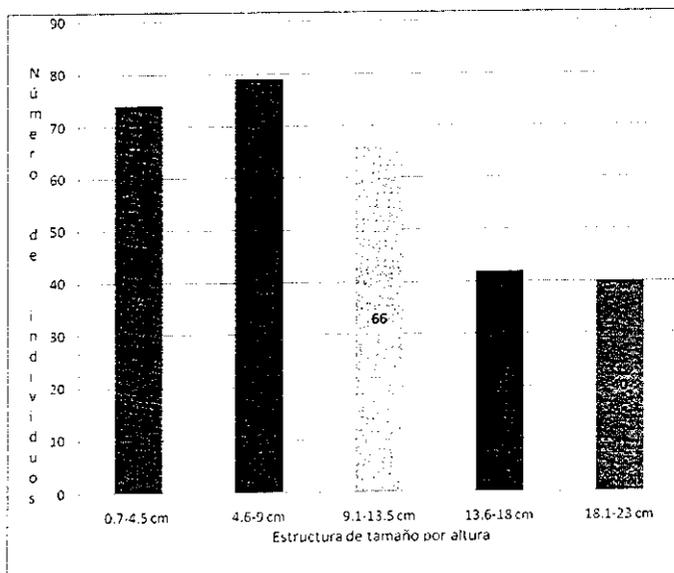


Figura 14. Estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en las seis poblaciones muestreadas a lo largo del área de distribución.

7.5. Visitantes florales.

La morfología floral de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* presenta síndrome de polinización por colibríes. La flor es tubular y de color rosa-roja y se desarrolla dentro del cefalio. Cuando la flor está lista para la polinización emerge del cefalio durante el medio día y logra su antesis alrededor de las 16:00hrs, momento en que los segmentos del perianto y los lóbulos del estigma se encuentran erectos. La flor es efímera -sólo abre un día-, la antesis dura pocas horas y cierra durante la noche. Un individuo adulto puede tener de 1 a 4 flores en antesis al mismo tiempo. Durante los tres días de observación se registró la visita de los colibríes *Cyanthus latirostris* (Swainson, 1827) (figura 15) y *Amazilia rutila* (DeLattre, 1842) (figura 16), así como también la presencia de la abeja *Trigona fulviventris* (Guérin, 1835). Ambos colibríes siguen patrones similares de forrajeo. Visitan a las plantas en floración a partir de las 16:00h. El colibrí introduce su pico en cada flor por espacio de 5 segundos. Al terminar de visitar todas las flores, espera aproximadamente 30 minutos para volver a repetir el ciclo. La última visita se observó a las 19:06h. Las flores comienzan a cerrar a partir de las 23:00h. Las visitas de *Amazilia rutila* fueron más frecuentes que las de *Cyanthus latirostris* (figura 17). En el caso de la abeja *Trigona fulviventris*, las visitas iniciaron a las 14:00h y dejó de ser perceptible a las 17:20h. La abeja puede estar de 40 a 60 minutos en una sola flor. Varias abejas pueden visitar una flor al mismo tiempo, pero sólo una domina la entrada, ahuyentando a las demás. Cuando un colibrí se acerca a la flor, la abeja se retira, pero regresa cuando el colibrí se aleja. La abeja recolecta polen con sus patas anteriores y lo coloca en las corbículas de sus patas posteriores, y por último, corta parte de las anteras con las mandíbulas (figura 18).



Figura 15. *Cynanthus latirostris* visitando flores de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. (Quezada-Solís).



Figura 16. *Amazilia rutila* visitando flores de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. (Quezada-Solís).

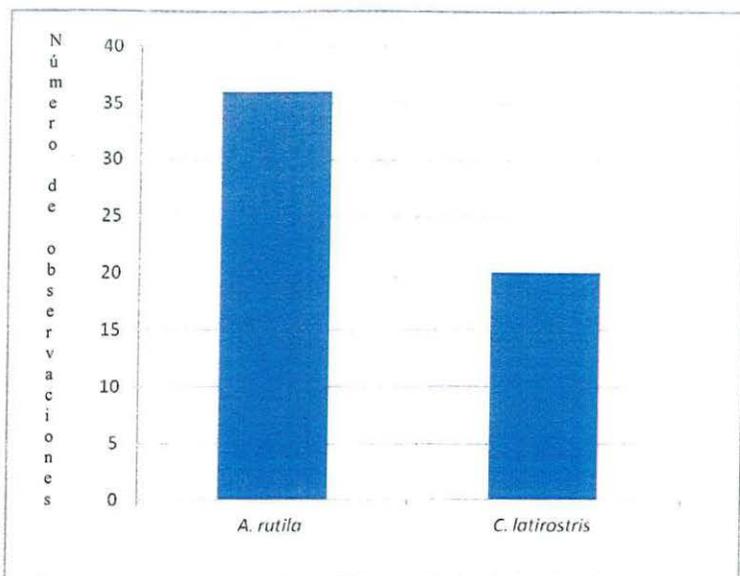


Figura 17. Frecuencia de visita de los colibríes *A. rutila* y *C. latirostris*.



Figura 18. *Trigona fulviventris* colectando polen de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. (Quezada-Solís).

7.6. Observación de dispersores.

El color del fruto de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* varía de rosa a rojo, aunque también es posible encontrarlo de color blanco. El fruto tiene abundante pulpa y puede contener desde 50 hasta 160 semillas. El fruto se desarrolla sumergido en el cefalio y cuando está maduro emerge durante el transcurso de la mañana y es visible casi totalmente a partir del medio día. En los tres días de observación se contabilizaron cuatro frutos: el primer día no se encontró ninguno, el segundo día se encontraron tres frutos y el tercer día sólo uno. El fruto, al ser visible sobre el cefalio, recibe la visita de hormigas *Aphaenogaster ensifera* (Forel, 1899). Las hormigas suben por la planta hasta llegar al fruto para comerlo (figura 19). Se observaron hormigas transportando en sus mandíbulas pedazos de fruto y semillas hasta su hormiguero. En observaciones de campo realizadas en varias poblaciones, se registraron individuos con flores y frutos a la vez, así como varios frutos en un mismo individuo. También es posible encontrar frutos que permanecen en el cefalio sin ser comidos por las hormigas, por lo tanto, las semillas se quedan entre las cerdas del cefalio.



Figura 19. Hormigas *Aphaenogaster ensifera* comiendo el fruto de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. (Quezada-Solís).

7.7. Pruebas de germinación.

El porcentaje de germinación varía entre el 80% y 100% (figura 20). Las primeras semillas germinaron a los cuatro días de su siembra, con un porcentaje entre el 40% y 60%. A los ocho días se obtuvo el 100% de germinación en la prueba 2 (Cuadro 12). La prueba 4 presentó el nivel de germinación más bajo, siendo notable la muerte de plántulas a los 41 días de su germinación (figura 21).

Cuadro 12. Porcentajes de germinación *ex situ* de semillas de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.

Sustrato	Día 1	Día 4	Día 8	Día 15	Día 22	Día 41
Testigo	0%	45%	82%	84%	86%	86%
Prueba 1	0%	43%	87%	88%	90%	92%
Prueba 2	0%	56%	100%	95%	95%	95%
Prueba 3	0%	60%	88%	90%	90%	90%
Prueba 4	0%	40%	79%	75%	68%	4%

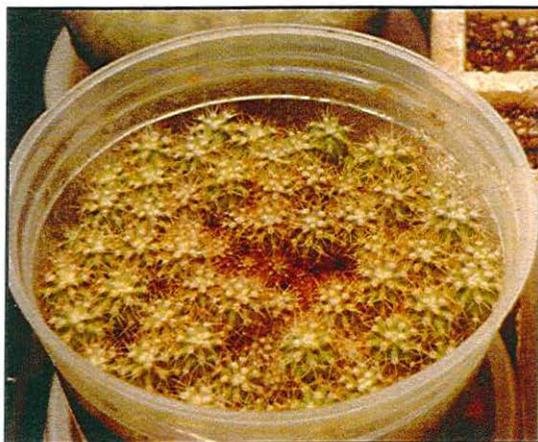


Figura 20. Pruebas de germinación *ex situ* de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. (Quezada-Solís).

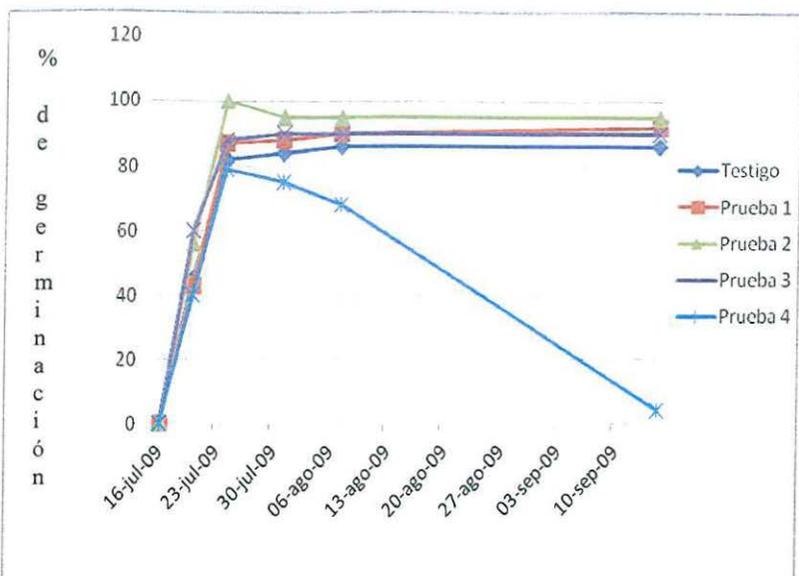


Figura 21. Porcentaje de germinación *ex situ* de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*.

8. DISCUSIÓN.

8.1. Distribución.

La distribución de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es discontinua a lo largo del litoral rocoso de Jalisco. Las coordenadas de distribución entre los paralelos 19 y 20°N coinciden con el tipo de clima predominante en la región (Aw₀). La temperatura media anual es mayor a 22 °C y el cociente de precipitación/temperatura es menor de 43.2 (García, 1988). Además, en la región de Chamela-Cuixmala está registrado un clima cálido semiseco BS1(h')w, en el cual las condiciones de humedad son menores (Noguera *et al.*, 2002). Es importante resaltar que en la bahía de Puerto Vallarta, región contigua al municipio de Cabo Corrientes, la presencia de poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es nula. En esta región están registrados los climas subhúmedos Aw₁ y Aw₂, caracterizados por una mayor precipitación y humedad relativa. Por lo tanto, puede afirmarse que *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* prefiere un hábitat con poca precipitación y alta temperatura. Estas condiciones ambientales son frecuentes en las áreas de distribución de las especies del género *Melocactus*, en donde la precipitación es baja y la temperatura es elevada (Taylor, 1991; Martínez *et al.*, 2005; Nassar *et al.*, 2007). De acuerdo a la Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie III del INEGI (2005), los tipos de vegetación predominantes en la región son la selva mediana subcaducifolia y la selva baja caducifolia. Estos tipos de vegetación son los más amenazados en México con una tasa de deforestación del 2% anual (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 2004); y corresponden a lo que Rzedowski (1978) considera como bosque tropical caducifolio. De las 28 poblaciones que se encontraron, la más septentrional en la distribución de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*, y por lo tanto del género *Melocactus* está en el municipio de Cabo Corrientes, en las coordenadas 20° latitud Norte y

105° longitud Oeste. En dicha población, el hábitat es acantilado rocoso y el acceso es difícil, por lo que la población se halla en buen estado de conservación. El Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región de la Costa de Jalisco (SEMARNAP, 1999) menciona que se deben proteger los hábitats de especies importantes. De acuerdo con las observaciones de Taylor (1991), el hábitat de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* ha sido seriamente afectado por la construcción de complejos turísticos. En la actualidad está en construcción la nueva carretera Manzanillo-Puerto Vallarta, además de las obras planeadas en el corredor turístico que comunica estas dos ciudades, incluido un aeropuerto. De no realizarse proyectos de conservación, estas obras impactarán de forma notable en las poblaciones que antes se encontraban aisladas del hombre. Las actividades antropogénicas han afectado drásticamente la supervivencia de las poblaciones de cactáceas (Navarro y Flores, 2002; Robbins, 2003; Álvarez *et. al.*, 2004). La distribución espacial de los individuos de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es de manera agregada, la más frecuente en la familia Cactaceae (Eguiarte & Jiménez, 1999; Oliveira *et. al.*, 2007). En este tipo de distribución los individuos forman grupos en lugares específicos, o bien porque allí ocurren condiciones ambientales particulares que posibilitan su supervivencia, o porque expresan comportamientos gregarios que incrementan dicha supervivencia (Rámirez-González, 2006). Como la mayoría de las especies de *Melocactus*, *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* tiende a ser un taxón heliófilo. Los individuos están expuestos a altas temperaturas y baja precipitación, crecen bajo la incidencia directa de los rayos del sol y sobre roca sin o con poco suelo. El sistema radical es superficial, por tanto, las raíces se introducen entre las hendiduras de las rocas para fijarse (Martínez *et al.*, 2005; Brito *et al.*, 2007). Esto explica que en las poblaciones 5 y 13, ambas dentro de la selva mediana subcaducifolia, *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* sólo crezca en claros donde la vegetación arbustiva es escasa y los suelos carecen de materia orgánica. La distribución de las poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en zonas desprovistas de cobertura vegetal, es similar a la distribución de las poblaciones de

Melocactus nagyii y *M. evae* en Cuba (Martínez *et al.*, 2005). Por lo que se puede afirmar, que *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* prefiere los hábitat de acantilado rocoso, en donde los individuos están expuestos a la incidencia directa de los rayos solares.

8.2. Caracterización morfológica.

La morfología de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* corresponde a la descripción de Bravo (1965) y Taylor (1991). Sin embargo, algunos individuos presentan valores superiores a los consignados por estos autores, como en el caso de la altura y el diámetro de la planta, así como en el número de costillas. Además, cabe considerar que también se encontraron frutos de color blanco, aspecto que no se considera en la descripción de Taylor. Un aporte de este estudio fue contabilizar el número de areolas por costilla. En su mayoría, los individuos con cefalio tienen de 8 a 18 areolas por costilla, y a raíz de este carácter se puede considerar que un individuo ha alcanzado la edad reproductiva cuando ha generado más de 8 areolas por costilla. Este número de areolas por costilla en individuos adultos está reportado para especies como *Melocactus glaucescens*, *M. ernestii* y *M. x albicephalus* (Lambert, *et al.*, 2006).

8.3. Densidad poblacional.

La densidad relativa de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el área total muestreada (750m²) fue de 0.401 individuos/m². Si se considera que la densidad de *Melocactus conoideus*, una de las especies más amenazadas del género es de 1.20 individuos/m² en 900 m² (Brito *et al.*, 2007), la densidad de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* es tres veces menor. En Venezuela se analizó la densidad de *Melocactus curvispinus* subsp. *curvispinus*, la cual registró 1.29 individuos/m² (Nassar *et al.*, 2001). Esto afirma que la densidad de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es baja. En cuanto a la densidad de individuos por población, se observa una gran diferencia entre las poblaciones 2 y 5. La población 2 tiene una densidad de 0.712 individuos/m². Esta población se encuentra en un acantilado rocoso de difícil acceso. Además, está lejano a vías

de comunicación y asentamientos humanos, por lo que se halla bien conservada. Sin embargo, la población 5 tiene una densidad de 0.08 individuos/m². Esta población se encuentra dentro de claros en la selva mediana subcaducifolia, su acceso es fácil, está cerca de asentamientos humanos y caminos transitados que pasan a 200 m de distancia. Además, la población ha sido afectada por el saqueo de individuos adultos, ya que tienen gran valor ornamental (com. pers. Quezada-Solís). Este fenómeno de extracción de individuos adultos para el comercio ilegal está reportado en varias especies de *Melocactus* (Taylor, 1991; Lambert *et al.*, 2006). La gran diferencia en la densidad de individuos entre las poblaciones 2 y 5, indica que los disturbios antropogénicos afectan drásticamente las poblaciones de cactáceas (Eguiarte y Jiménez, 1999; Naranjo *et al.*, 2009). En Cuba, se observó que las poblaciones de *Melocactus nagyii* que se encuentran en sitios difíciles de acceder tienen mayor cantidad de individuos que las zonas de fácil acceso (Martínez *et al.*, 2005). La población 25 se encuentra en acantilado rocoso y fue la segunda con mayor densidad con 0.528 individuos/m². Sin embargo, la población es de fácil acceso, se encuentra cercana a asentamientos humanos y los caminos llevan directamente al acantilado. En esta población se encontró únicamente un individuo en edad reproductiva, aunque en exploraciones anteriores se encontraron mayor cantidad de individuos adultos (com. pers. Quezada-Solís), por lo que se afirma que los individuos adultos han sido saqueados. Las poblaciones que se encuentran dentro del predio Las Alamandas están protegidas del saqueo, ya que el acceso es restringido. La población 10 se encuentra en acantilado rocoso y tiene una densidad de 0.456 individuos/m², mientras que la población 13 se encuentra en claros de la selva mediana subcaducifolia y tiene una densidad de 0.296 individuos/m². En la isla San Panchito, la población se encuentra en los acantilados rocosos, la densidad de individuos es de 0.336 individuos/m². Por lo tanto, con base en los análisis estadísticos, se corrobora que la densidad de individuos de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es mayor en los

acantilados rocosos que en las zonas desprovistas de vegetación arbustiva dentro de la selva mediana subcaducifolia.

8.4. Estructura de tamaños.

La estructura de tamaños permite conocer la edad, el reclutamiento de nuevos individuos y la composición poblacional (Godínez-Álvarez *et al.*, 2003; Álvarez *et al.*, 2004). Para determinar la estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en la población protegida dentro del predio Las Alamandas, se consideró la altura de la planta, el diámetro de la planta y el número de areolas por costilla. Las variables más adecuadas son la altura de la planta y el número de areolas por costilla, ya que el diámetro puede variar según el estado hídrico en el que se encuentra la planta. La edad está íntimamente relacionada con la altura y el número de areolas por costilla (Delgadillo, 2001; Mauseth, 2006). De acuerdo al rango de tamaños obtenidos, y considerando que en el género *Melocactus* ocurre una transición de joven a adulto, en la cual se desarrolla una estructura reproductiva denominada cefalio (Mauseth, 2006), se agruparon 5 clases de edad. En el predio Las Alamandas la mayoría de individuos se encuentra en edad reproductiva, con un porcentaje de casi 45% entre la clase de edad Adulto I y Adulto II. Le sigue la edad de Transición joven-adulto y la edad Joven. Por último, la edad Plántula, con menos del 15% de individuos. Estos datos suponen que la población dentro del predio Las Alamandas se encuentra en una etapa senil, ya que el mayor porcentaje de individuos se encuentran en edad adulta. Por lo que la tasa de crecimiento poblacional es negativa, ya que no existe un reclutamiento constante de nuevos individuos (Navarro y Flores, 2002). El establecimiento de nuevos individuos es escaso, de hecho, el bajo reclutamiento de nuevos individuos es frecuente en la familia Cactaceae (Álvarez y Montaña, 1997; Ruedas *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2006; Méndez *et al.*, 2006). La estructura de tamaños de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en el área de distribución agrupó 301 individuos distribuidos en cinco clases de edad. En edad reproductiva se encontraron un total de 82 individuos, con 42 en edad Adulto I y

40 en Adulto II. La edad Joven agrupó 79 individuos, seguida de la edad Plántula con 74 y finalmente la edad Transición joven-adulto con 66 individuos. La mayor cantidad de individuos adultos se encontraron en las poblaciones 10 y 19, ambas en acantilado rocoso y de difícil acceso. La población 2 tuvo la mayor cantidad de individuos en edad Joven con 31 individuos, seguido de la edad Transición joven-adulto con 30 individuos y en tercer lugar la edad Plántula con 20 individuos. El hábitat de esta población es el acantilado rocoso y su acceso es difícil, por lo que la población se encuentra bien conservada. La población 25 fue la segunda con mayor cantidad de individuos, la mayoría en edad de Plántula, registrando un total de 30 individuos, seguido de la edad Joven con 20 individuos y en tercer lugar, la edad de Transición joven-adulto con 15 individuos. Sin embargo, sólo se encontró un individuo en Adulto I y ningún individuo en Adulto II. De acuerdo a la estructura de tamaños en el área de distribución, hay una gran cantidad de individuos en etapa de reproductiva. Sin embargo, la permanencia del taxón estaría en riesgo si se ve afectada por factores externos, como la destrucción de su hábitat o el saqueo de individuos.

8.5. Visitantes florales.

La presencia de flores durante todo el año esta reportada para varias especies de *Melocactus* (Nassar y Ramírez, 2004; Colaço *et al.*, 2006; Cerqueira & dos Santos, 2007; Santos *et al.*, 2008). Las flores de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*, se desarrollan dentro del cefalio, en el momento que se encuentran maduras, emergen y son completamente visibles. La flor comienza a ser visible entre las 10:00hrs y las 12:00hrs. La antesis ocurre después del medio día, entre las 15:30hrs y 16:00hrs. Este patrón de antesis, durante el medio día y la tarde, ocurre también en *M. glaucescens*, *M. paucispinus*, *M. conoideus*, *M. schatzlii* y *M. curvispinus* subsp. *curvispinus* (Nassar y Ramírez, 2004; Colaço *et al.*, 2006; Cerqueira & dos Santos, 2007; Nassar *et al.*, 2007). A diferencia de *Melocactus andinus*, en el cual la antesis ocurre a las 19:00hrs (Nassar *et al.*, 2007). De acuerdo a la morfología floral de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*, al igual que las demás especies de *Melocactus*, tiene síndrome de

de polinización por colibríes. Por lo cual, los colibríes son considerados los polinizadores efectivos (Nassar y Ramírez, 2004; Colaço *et al.*, 2006; Nassar *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2008). En la selva baja caducifolia o bosque tropical caducifolio de Jalisco están registradas ocho especies de colibríes, de las cuales *Amazilia rutila* y *Cyananthus latirostris* son consideradas especies residentes (Noguera *et al.*, 2002). Ambos colibríes visitan las flores de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* y tienen comportamientos de forrajeo similares. Los colibrís sobrevuelan los individuos en floración e introduce el pico en cada flor, después, vuelan hacia otro individuo en floración, así hasta completar todos los individuos con flor. Cuando un individuo en floración tiene más de tres flores, el colibrí puede perchar sobre el cefalio e introducir su pico en las flores. Al terminar, se aleja del área donde se encuentran los individuos y pueden pasar hasta 30 minutos para que el colibrí regrese a visitar nuevamente las flores. Este patrón de forrajeo es similar al que realiza *Amazilia saucerrottei* De Lattre & Bourcier (1846) y *A. tzacatl* De la Llave (1833) en las flores de *Melocactus schatzlii* (Nassar *et al.*, 2007). *Amazilia rutila* se distribuye por la vertiente del Pacífico, desde México hasta Costa Rica, mientras que *Cyananthus latirostris* es considerada endémica de la costa pacífica de México (Torres-Chávez y Navarro, 2000). Sin embargo, *Amazilia rutila* es más abundante y tiene un comportamiento de territorialismo, por lo cual defiende los recursos alimenticios que se encuentran en su territorio (Arizmendi y Ornelas, 1990). Como consecuencia de esto, *A. rutila* es más frecuente en la visita a las flores de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*. Los comportamientos de defensa de flores de *Melocactus* por parte de los colibrís, está reportada en la especie *Chlorostilbon aureoventris* Boucier & Mulsant (1948). Este colibrí al igual que *Eupetomena macroura* Gmelin (1788) y *Phaethornis pretrei* Lesson & De Lattre (1839) visitan las flores de *M. glaucescens* y *M. paucispinus*, sin embargo, el comportamiento de defensa que realiza *C. aureoventris* lo hace ser más frecuente, en las visitas florales (Colaço *et al.*, 2006). Otro de los visitantes florales de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* fue la abeja *Trigona fulviventris*, que al igual que el género *Melocactus* se distribuye en la región Neotropical (Rasmussen y

Camargo, 2008). Las flores de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* constituyen uno de sus recursos alimenticios. Además de coleccionar polen, *Trigona fulviventris* tiende a cortar las anteras de las flores de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*, comportamiento que repite en flores de otras de plantas, como en la familia Melastomataceae (Renner, 1983). Este hecho puede influir en la efectiva polinización y por lo tanto en la polinización cruzada. En las flores de *Melocactus paucispinus* y *M. glaucescens* fue reportada la presencia de *Trigona spinipes* Fabricius (1793), y al igual que *T. fulviventris*, esta abeja tiende a destruir los tejidos florales durante el forrajeo, lo cual puede poner en riesgo la polinización (Colaço *et al.*, 2006). *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* es autógama y autocompatible. Esto concuerda con lo observado por Nassar y Ramírez (2004), para *M. curvispinus* subsp. *curvispinus* en poblaciones de Venezuela. En condiciones de invernadero es frecuente observar individuos que nunca han sido visitados por colibríes u otros insectos, y no obstante, desarrollan frutos, por lo cual se deduce que *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* tiene la capacidad de autopolinizarse. En el estudio fenológico de *Melocactus curvispinus* subsp. *curvispinus* en Venezuela, se comprobó dicha capacidad de autopolinización (Nassar y Ramírez, 2004). La autopolinización es reconocida en varias especies de *Melocactus*, entre las que se encuentran *M. schatzlii* y *M. andinus* (Nassar *et al.*, 2007), así como también *Melocactus paucispinus* (Colaço *et al.*, 2006). Por este tipo de estrategias que le garantizan la reproducción bajo diferentes condiciones ambientales, *Melocactus* es considerado el género más derivado de la tribu Cereeae (Nassar y Ramírez, 2004).

8.6. Dispersores.

La dispersión de semillas es fundamental para el establecimiento de nuevas poblaciones (Martínez-Orea *et al.*, 2009). Aunque se ha mencionado a los reptiles como importantes dispersores de semillas en el género *Melocactus* (Sanz y Nassar, 2007), en el presente trabajo nunca se observó la presencia de reptiles visitando ó comiendo frutos. Las características de los frutos del género

Melocactus son compatibles con el síndrome de dispersión por lagartos, y se considera la saurocoria como el principal mecanismo de dispersión de semillas de varias especies de *Melocactus* (Cortes *et al.*, 1994; Taylor, 1991; Nassar y Ramírez, 2004; Santos *et al.*, 2008; Casado y Soriano, 2010). Sin embargo, los resultados de este trabajo mostraron que los frutos de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* atraen a las hormigas *Aphaenogaster ensifera*. Estas hormigas transportan pedazos de fruto a su hormiguero, por lo que suelen quedar semillas dispersas en el sitio. De hecho, en varias poblaciones crecieron individuos sobre antiguos hormigueros. De acuerdo a algunos autores que asumen el rol ecológico en la dispersión de semillas por parte de las hormigas (Colaço *et al.*, 2006; Leal *et al.*, 2007), la mirmecoria es típica en ecosistemas secos, e involucra a semillas que posean elaiosomas (Leal *et al.*, 2007). Las semillas de las especies del género *Melocactus* son similares en cuanto a morfología, tamaño y color (Taylor, 1991; Barthlott & Hunt, 2000). Estas carecen de estrofiolo, arilo o carúncula, sin embargo, la naturaleza suculenta del material funicular puede ser de interés a las hormigas (Taylor, 1991). La mirmecoria es frecuente en la familia Cactaceae (Bravo, 1978), pero no ha sido estudiada a detalle. En cuanto a la ecología de *Aphaenogaster ensifera*, poco se sabe de ella, su distribución en México está restringida a los bosques secos de la vertiente del pacífico, desde Guerrero hasta Jalisco. *A. ensifera* juega un papel importante en la dispersión local de semillas de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. La interacción de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* y *A. ensifera*, garantiza la dispersión de las semillas a distancias más grandes dentro del acantilado rocoso y el bosque tropical. Ya que la dispersión a corta distancia se efectúa cuando el fruto se deshidrata sobre el cefalio y las semillas quedan dispersas en la periferia de la planta madre. Este proceso puede explicar la agregación de individuos jóvenes alrededor de un ejemplar maduro. En otros casos, las semillas pueden germinar sobre el cefalio, dando lugar a plántulas que con el tiempo se deshidratan. Es necesario realizar más investigaciones para determinar si los restos funiculares en las semillas de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* funcionan como eleosomas y es a causa de eso que las

hormigas *A. ensifera* son las dispersoras de las semillas de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*. Santos *et al.* (2008), determinaron cuatro especies de hormigas como dispersoras de semillas de *Melocactus paucispinus*, sin embargo, consideraron a la lagartija *Tropidurus torquatus* Wied (1820) como el principal dispersor.

8.7. Germinación *ex situ*.

En la familia Cactaceae los frutos generalmente producen muchas semillas y el porcentaje de germinación suele ser elevado (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). Sin embargo, el establecimiento de nuevos individuos resulta ser muy bajo y la tasa de crecimiento muy lenta (Ruedas *et al.*, 2000). Los frutos de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii* tienen entre 50-160 semillas. Esta cantidad no es muy elevada, pero se compensa con la cantidad de frutos que un individuo puede producir en una temporada. En el experimento de germinación *ex situ* se obtuvieron porcentajes de germinación superiores al 80%. Las semillas germinaron en 4 días, logrando el mayor porcentaje a los ocho días. Esta capacidad germinativa es similar a la que presentó *M. curvispinus* subsp. *curvispinus* en condiciones experimentales (Pascacio-Villafán y Ortiz, 2009). Para *Melocactus actinacanthus* Areces, Matos *et al.* (2005) reportan porcentajes de germinación superiores al 80% y periodos de germinación menores a ocho días. Estos mismos autores no observaron diferencias significativas en la germinación de esta especie en dos sustratos diferentes. Los anteriores resultados concuerdan con los resultados obtenidos para *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* en cuanto a porcentajes de germinación, tiempo de germinación y preferencia de sustrato. Las semillas de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* son fotoblásticas positivas (Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997; Rojas-Aréchiga *et al.*, 2001; Sánchez-Soto *et al.*, 2010) y como muchas otras cactáceas, germinan bajo las condiciones de humedad y temperatura adecuadas. Sin embargo, la restricción que tienen sus poblaciones es el hábitat seco, expuesto a la intensidad lumínica, donde los arbustos del matorral costero y las rocas del acantilado proporcionan nodrizaje a las plántulas. Sánchez-Soto

et al. (2010) destacan el rol de las rocas en los hábitats costeros, ya que éstas funcionan como micrositios que reúnen las condiciones necesarias de luz y temperatura, en donde se genera un menor estrés hídrico, lo que favorece la germinación de tres cactáceas en el desierto costero de Sinaloa. En otro estudio de germinación, en el cual se evaluó la germinación de *M. curvispinus* subsp. *caesius* (Wendland) N.P. Taylor, se comprobó que al lavar las semillas se obtiene un porcentaje de germinación del 100% (Arias & Lemus, 1984). En la germinación de las semillas de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*, la presencia de materia orgánica, así como de residuos de mucilago y tejido en las semillas, pueden contribuir a que las plántulas se contaminen. Ya sea por hongos o bacterias que vivan en la testa, o por que favorecen la retención de humedad en el suelo y propiciar su pudrición. De acuerdo a los resultados de este trabajo, un sustrato rico en materia orgánica influye negativamente en la supervivencia de las plántulas, ya que la mayoría de especies de cactus están adaptadas a suelos pobres en materia orgánica (Castro *et al.*, 2006). Por lo cual es recomendable aplicar tratamientos pregerminativos para que la supervivencia de las plántulas no se vea afectada.

9. CONCLUSIONES.

Melocactus curvispinus subsp. *dawsonii* se distribuye en la costa de Jalisco. Su hábitat principal son los acantilados rocosos en los municipios de Cihuatlán, La Huerta, Tomatlán y Cabo Corrientes. En este último, se encuentra la población más septentrional del taxón y por lo tanto del género *Melocactus*. Las coordenadas geográficas entre los 19 y 20 °N corresponden con el clima tropical Aw₀, el más seco de los tipos subhúmedos.

Los individuos adultos miden de 12 a 23 cm de altura y tienen diámetros desde los 11.5 hasta los 19 cm. El número de costillas es de 12 a 18 y tienen de 8 a 18 areolas por costilla. La flor es de color rosa-rojo y logra su antesis a las 16:00 h. El fruto varía de color rojo a rosa, e incluso se pueden encontrar frutos de color blanco.

La densidad es baja en la zona de estudio. Las poblaciones que crecen en los acantilados rocosos presentan la mayor densidad de individuos. Así mismo, las poblaciones con difícil acceso tienen mayor densidad individuos que las poblaciones con fácil acceso. Sin embargo, la transformación del hábitat y el saqueo de individuos afectan considerablemente las poblaciones tanto de difícil como de fácil acceso.

La estructura de tamaños en el predio Las Alamandas está representada por una gran cantidad de individuos en edad reproductiva. En contraste, la edad de Plántula está representada por un bajo porcentaje de individuos, lo que indica que el establecimiento de nuevos individuos resulta difícil. En cuanto a la estructura de tamaños en el área de distribución, hay individuos en las cinco categorías de edad. Sin embargo, el continuo deterioro del hábitat de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* dificulta el establecimiento de nuevos individuos y amenaza el futuro de las poblaciones.

Los colibríes *Amazilia rutila* y a *Cyananthus latirostris* son los polinizadores de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. La abeja *Trigona fulviventris* es un visitante floral importante que colecta el polen, y debido a que corta parte de las anteras, influye en el proceso de polinización. Las hormigas *Aphaenogaster ensifera* son las dispersoras de semillas de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*. *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* produce una gran cantidad de semillas que poseen un alto porcentaje de germinación. Sin embargo, el ambiente puede ser un importante factor limitante para su germinación y establecimiento.

10. PERSPECTIVAS DE CONSERVACIÓN.

El hecho de que la mayoría de poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* se encuentren en sitios inaccesibles ha permitido que tengan un alto grado de conservación. Sin embargo, el cambio de uso de suelo para desarrollar un corredor turístico en la zona pone en riesgo la estabilidad del taxón. Los alcances de esta investigación fueron la definición del área de distribución de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*, así como determinar la variación de tamaños entre individuos. Para ello se incorporó el número de areolas por costilla como una característica importante, ya que está estrechamente relacionada con la edad de la planta. Otros alcances de suma importancia fueron conocer la densidad relativa de algunas poblaciones y la estructura de tamaños, así como la identificación de los visitantes florales y el porcentaje de germinación *ex situ*. Las limitaciones del trabajo fueron la dificultad para acceder a las poblaciones, primero, por lo accidentado del terreno; y segundo, porque una gran cantidad de poblaciones se encuentran en propiedades privadas donde el acceso no está permitido. Además los recursos económicos no fueron suficientes para realizar trabajos en campo que abarcaran la mayor cantidad de poblaciones. Este trabajo puede completarse con estudios fenológicos más detallados que incorporen aspectos del comportamiento de los visitantes florales y su efectividad como polinizadores. Así mismo, la realización de estudios poblaciones de al menos dos años permiten obtener información más detallada acerca de la dinámica poblacional de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*. Es de suma importancia definir estrategias que contemplen la conservación de *M. curvispinus* subsp. *dawsonii*. Por ejemplo, en el predio Las Alamandas se protege el hábitat de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii*, lo que favorece la conservación de las poblaciones. Es necesario establecer cuáles son y donde están las poblaciones

con mayor densidad de individuos para proponerlas como áreas protegidas y así lograr mantener el intercambio genético entre las poblaciones a lo largo de la distribución. Además, sería interesante informar a los propietarios de los predios donde crece *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* acerca de su gran valor ecológico e involucrarles en las acciones de conservación y propagación. Estas propuestas, en el marco de un proyecto de gran alcance, garantizarán la conservación del hábitat y por lo tanto de las poblaciones.

11. LITERATURA CITADA.

- Álvarez, M.G. y C. Montaña. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: Implicaciones para su conservación. *Acta Botánica Mexicana*. 40:43-58.
- Álvarez, R., H. Godínez-Álvarez, U. Guzmán y P. Dávila. 2004. Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 75: 7-16.
- Anderson, E.F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, Oregon, USA.
- Arias, I. & L. Lemus. 1984. Interaction of light, temperatura and plant hormones in the germination of sedes of *Melocactus caesius* Went (Cactaceae). *Acta Científica Venezolana*. 35: 151-155.
- Arias, M.S. 1993. Cactáceas: conservación y biodiversidad en México. En *Diversidad Biológica de México* (eds. R. Gío-Argáez & R. López Ochoterena), pp. 109-116. Sociedad Mexicana de Historia Natural. México, D.F.
- Arizmendi, M. y J. Ornelas. 1990. Hummingbirds and their resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica*. 22:172-180.
- Arreola, H. 1990. Inventario de las cactáceas de Jalisco y su distribución. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 35: 3-12.
- Barthlott, W. & D. Hunt. 2000. *Seed-diversity in the Cactaceae subfamily Cactoideae*. Remous Ltd. England.
- Becerra, R. 2000. Las Cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. *Biodiversitas*. 32: 2-5.
- Blanchy C., J.M. Chalet y G. Delanoy. 2004. *Melocactus curvispinus* ssp. *dawsonii*. Barra de Navidad (Jalisco). *Cactus & Co*. 1: 18-31.

- Bravo, H. 1965. Una nueva especie de *Meloactus*, *Melocactus dawsonii*, *sp.nov.* *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 10: 27-29.
- Bravo, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Brito. K.S., H.M.F. Oliveira., J.R.F. Melo., C.G. Morais., R.J. Sá-Neto y M.M. Correa. 2007. *Efeito da densidade da cobertura vegetal na população de Melocactus conoideus (Cactaceae) no parque municipal de Serra do Periperi*. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu.
- Casado, R. y P. Soriano. 2010. Fructificación, frugivoría y dispersión en el cactus globular *Melocactus schatzlii* en el enclave semiárido de Lagunillas, Mérida, Venezuela. *Ecotrópicos*. 23: 18-36.
- Castro, V., R. Eyzaguirre. y A. Ceroni. 2006. Supervivencia de plántulas de *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Haageocereus pseudomelanostele* subsp. *aureispinus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza, en condiciones experimentales. Cerro Umarcata, Valle del Río Chillón, Lima. *Ecología Aplicada*. 5:61:66.
- Cerqueira, C. y D. dos Santos. 2007. Fenología Reproductiva de *Melocactus conoideus* Buin. & Bred.: Espécie Endêmica do Município de Vitória da Conquista, Bahia-Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 5:1095-1097.
- Cobos, F.N. y H. Valladares. 2007. La cooperación Internacional como estrategia reguladora de Cactáceas en peligro de extinción. [En línea] TURevistaDigi.U@TMayo 2007. Vol.1 (4) [12/04/2009]. www.turevista.uat.edu.mx.
- Colaço, M., R. Fonseca., S. Lambert., C. Costa., C. Machado y E. Borba. 2006. Biología reproductiva de *Melocactus glauscescens* Buining & Brederoo e *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Cactaceae), na Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 29: 239-249.
- Cortes, F., J. Vasconcellos-Nieto., J. Alice & A. Teixeira. 1994. Saurocory in *Melocactus violaceus* (Cactaceae). *Biotropica*. 26: 295-301.

- Delgadillo, J. 2001. Estatus poblacional de *Ferocactus viridiscens* y *Echinocereus lindasy* en el estado de Baja California, México. Proyecto CONABIO R179. Universidad Autónoma de Baja California.
- Eguiarte, L. y C. Jiménez. 1999. Análisis de la distribución y estructura de las poblaciones de *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Instituto de Ecología, U.N.A.M. México.
- Elizondo, J.L. 1986. El género *Melocactus* Link et Otto en México y Centroamérica. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 31: 27-32, 51-57.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of Mexico: a synopsis. Pp. 3-107 (T.P. Ramammorthy, R.Bye, A. Lot, y J. Fa, eds.) The biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford Univ. Press, New York.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptado a las condiciones de la Republica Mexicana. Offset Larios. 4a. ed. México.
- Godínez-Álvarez, H., T. Valverde y P. Ortega-Baes. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review*. 69:173-203.
- Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. UNAM. CONABIO. 315 pp. Proyecto AP003. México, D.F.
- Hawkes, M. 2005. In Search of Cacti and Seaweeds on desert shores: E. Yale Dawson (1918-1966), Botanist. *Haseltonia*. 11:126-137.
- Hernández, H. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26: 33-52.
- Kozak, A., R. Kozak., C. Staudhammer., S. Watts. 2008. Introductory Probability & Statistics: Applications for Forestry & The Natural Sciences. CAB International. London. UK.
- Krebs, C.J. 2001. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. 5ed., San Francisco, Benjamin Cummings.

- Lambert, S., E. Borba y M. Machado. 2006. Allozyme diversity and morphometrics of the endangered *Melocactus glaucescens* (Cactaceae), and investigation of the putative hybrid origin of *Melocactus x albicephalus* (*Melocactus ernestii* x *M. glaucescens*) in north-eastern Brazil. *Plant Species Biology*. 21: 93-108.
- Leal, I., R. Wirth., M. Tabarelli. 2007. Seed dispersal by Ants in the Semi-arid Cattinga of North-east Brazil. *Annals of Botany*. 99: 885-894.
- Link, F. y F. Otto. 1827. Ueber die Gattungen *Melocactus und Echinocactus*. Berlin.
- Lomolino, M.V., B.R. Riddle & J. H. Brown. 2006. Biogeography. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts. U.S.A.
- Martínez, E., O. Reyes., N. Viña., L. Viña., O. Pacheco., F. Acosta y H. Ferret. 2005. Características ecológicas y poblacionales de *Melocactus nagyii* Mészáros (Cactaceae) en Cuba. *Foresta Veracruzana*. 7: 25-30.
- Martínez-Orea, Y., S. Castillo y P. Guadarrama. 2009. La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. *CIENCIAS*. 96: 38-41.
- Matos, J., L. González-Torres., A. Palmarola., F. Areces., R. Mederos y D. Ballate. Manejo *ex situ* de *Melocactus actinacanthus*. 2005. Memorias del taller Conservación de Cactus Cubanos. Jardín Botánico Nacional, Universidad de la Habana. Ed. Feijóo, Santa Clara.
- Mauseth, J. 2006. Structure-Function Relationships in Highly Modified Shoots of Cactaceae. *Annals of Botany*. 98: 901-926.
- Méndez, M., A. Dorantes., G. Dzib., J. Arguez y R. Durán. 2006. Germinación y establecimiento de plántulas de *Pterocereus gaumeri*, una cactácea columnar, rara y endémica de Yucatán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 79: 33-41.
- Morrone J.J. 2001. Biogeografía de América Latina y el Caribe. Manuales y Tesis SEA, vol. 3 Zaragoza.

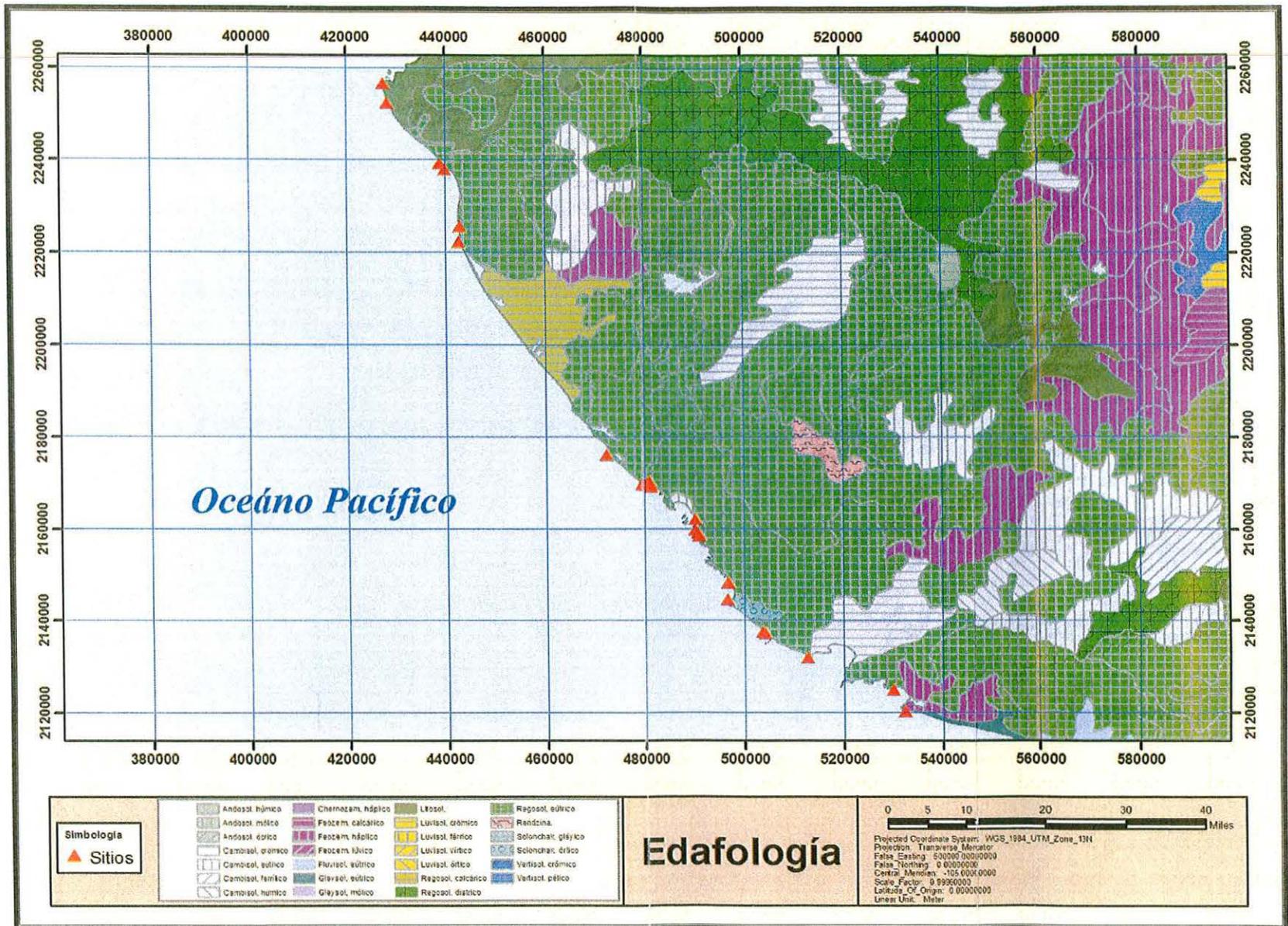
- Naranjo, E.J., R. Dirzo., J.C. López., J. Rendón., A. Reuter., O. Sosa-Nishizaki. 2009. Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 247-276.
- Nassar, J.M., J.L. Hamricks., T.H. Fleming. 2001. Genetic variation and population structure of the mixed-mating cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). *Heredity*. 87: 69-71.
- Nassar, J.M. y N. Ramírez. 2004. Reproductive biology of the melon cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). *Plant Systematics and Evolution*. 248: 31-44.
- 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: 29-38.
- Navarro, C y A. Flores. 2002. Aspectos demográficos de *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* (Cactaceae) en el municipio de Chignahuapan, Puebla. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*. 47 (2): 24-32.
- Nyffeler, R. 2002. Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from *TRNK/MATK* and *TRNL-TRNF* sequences. *America Journal of Botany*. 89: 312-326.
- Noguera, F., J. Vega, A. García., M. Quesada. 2002. *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología. UNAM. México.
- Oliveira, H.M.F., K.S. Brito., C.G. Morais., J.R. Melo., M.M. Correa & R.J. Sá-Neto. 2007. *Padrao de distribuicao espacial de Melocactus conoideus* (Cactaceae) no Parque municipal Serra do Periperi, Vitória da Conquista, Bahia. *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*. Caxambu.

- Ortega-Baes, P. y H. Godínez-Alvarez. 2006. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation*. 15: 817-827.
- Pascacio-Villafán y Ortiz. 2009. Influencia de la edad de la semilla y la oscuridad en la germinación de *Melocactus curvispinus* Pfeiff. subsp. *curvispinus*. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*. 54: 17-27.
- Ramírez-González, A. 2006. *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Ed. Pontificia, Universidad Javeriana. Bogotá.
- Rasmussen, C. y J. Camargo. 2008. A molecular phylogeny and the evolution of nest architecture and behavior in *Trigona* s.s. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie*. 39:102-118.
- Renner, S. 1983. The Widespread Occurrence of Anther Destruction by *Trigona* Bees in Melostomataceae. *Biotropica*. 15:251-256.
- Reyes, S. J. 1997. Cultivo y propagación como plantas de ornato. 69-77 en: Anónimo. *Suculentas Mexicanas, Cactáceas*. Publicaciones CVS, CONABIO, SEMARNAP, UNAM. México, D. F.
- Robbins, C. S. 2003. *Prickly Trade: Trade and Conservation of Chihuahuan Desert Cacti*. Por Christopher S. Robbins y Rolando Tenoch Bárcenas Luna. Norteamérica. Washington D.C.: Fondo Mundial para la Naturaleza.
- Rojas-Aréchiga, M., A. Orozco-Segovia y C. Vázquez-Yanes. 1997. Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán Valley in Puebla, México. *Journal of Arid Environments*. 36: 571-578.
- Rojas-Aréchiga, M. y C. Vázquez-Yanes. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*. 44: 85-104.
- Rojas-Aréchiga, M., A. Casas y C. Vázquez-Yanes. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of Arid Environments*. 49: 279-287.

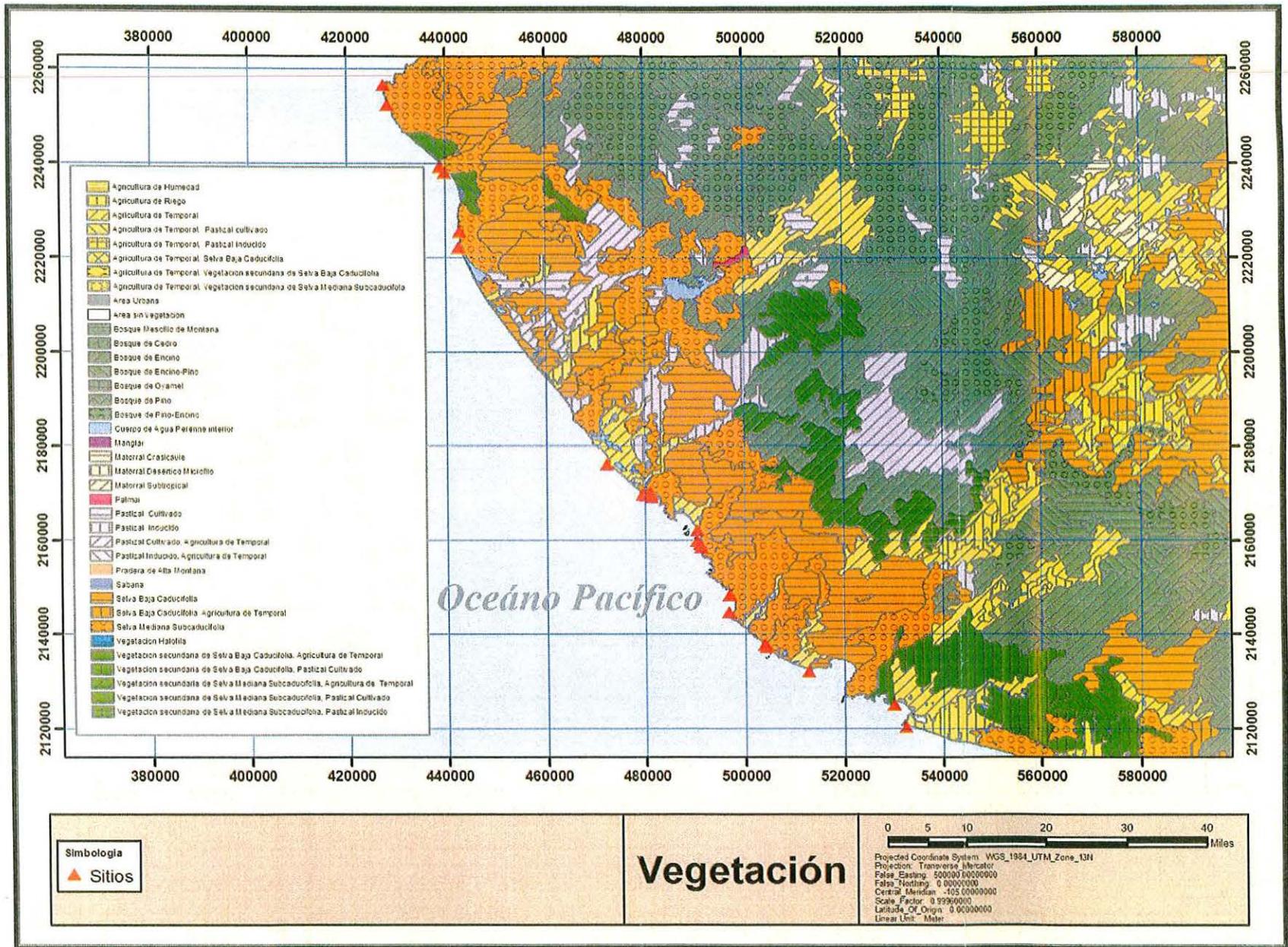
- Ruedas, M., T. Valverde y S. Castillo. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 66:25-35.
- Rzedoswki, J. 1978. Vegetación de México. LIMUSA. México.
- Sánchez-Mejorada, H. 1959. Relación de una Excursión a las costas de Jalisco. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*. 4: 82-87.
- Sánchez-Soto, B., Á. Reyes-Olivas, E. García-Moya y T. Terrazas. 2010. Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. *INTERCIENCIA*. 35: 299-305.
- Santos, R., L. Silveira., E. Leite. 2008. Reproductive phenology of *Melocactus* (Cactaceae) species from Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Botanica*. 31: 237-244.
- Sanz, V. y J. Nassar. 2007. Ecología de la dispersión de semillas de *Melocactus curvispinus*. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*. 4: 6.
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1999. Ordenamiento Ecológico de la región Costa de Jalisco. Gobierno del Estado de Jalisco.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. NOM-059-ECOL-2010. Diario Oficial. Segunda Sección.
- Taylor, N.P. 1991. The Genus *Melocactus* (Cactaceae) in Central and South America. *Bradleya*. 9: 1-80.
- Torres-Chávez, M. y A. Navarro. 2000. Los colibríes de México, brillo de la biodiversidad. *Biodiversitas*. 5: 1-6.
- Valverde, V, T. 2001. Dinámica poblacional de *Mammillaria crucigera* y *Neobuxbamia macrocephala* en la región de Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No.R129. México, D.F.
- Villers-Ruiz, L. & I. Trejo-Vázquez. 2004. El Cambio climático y la Vegetación en México. *Atmosfera*. 17: 59-64

Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Inc. United States of America.

12. ANEXOS



Anexo 1. Distribución de las poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* de acuerdo al tipo de suelo.



Anexo 2. Distribución de las poblaciones de *Melocactus curvispinus* subsp. *dawsonii* según el tipo de vegetación.