Informe final* del Provecto HK026 Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas

Responsable: Dra. Cecilia Jiménez Sierra

Institución: Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Departamento de Biología

Dirección: San Rafael Atlixco # 186, Vicentina, Iztapalapa, de México, D.F., 09340

Correo electrónico: ceci@xanum.uam.mx

Teléfono, fax 58044696

Fecha de inicio: Octubre 29, 2010 Fecha de término: Octubre 6, 2014

Principales

Informe final, hojas de cálculo. resultados:

Forma de citar** el Jiménez-Sierra, C. L. y M. L. Matías-Palafox. 2015. Dinámica poblacional de informe final v otros resultados:

cactáceas amenazadas. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa, Informe final SNIB-CONABIO, provecto No. HK026. México D.F.

Resumen:

Este trabajo presenta los resultados de las primeras investigaciones sobre la biología general, la distribución y dinámica poblacional de seis especies de cactáceas endémicas de México, las cuales se encuentran en alguna categoría de riesgo. Los estudios poblacionales se llevaron a cabo dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Las especies estudiadas fueron: 1) Astrophytum ornatum; 2) Cephalocereus senilis; 3) Echinocactus platyacanthus; 4) Mammillaria longimamma; 5) Turbinicarpus horripilus y 6) Turbinicarpus pseudomacrochele. Para cada especie se presentan: a) Información taxonómica, descripción de la especie y estatus de conservación; b) Distribución geográfica: original (histórica) y actual y c) Características ambientales: clima, vegetación, suelos y factores de disturbio. Los estudios poblacionales presentan para una población seleccionada por especie (dos para el caso de E. platyacanthus) y dos años de observación: a) La demografía; b) La dinámica poblacional, en donde se incluyen los ciclos de vida y las estimaciones de las tasas finitas de crecimiento poblacional (?) a través del uso de matrices de transición, así como la determinación de la importancia relativa de las categorías de tamaño y de los procesos demográficos (Permanencia (P), Crecimiento o Regresiones (C) y Fecundidad (F)) a través del uso de matrices de elasticidad. Se presentan también simulaciones que nos permiten estimar los cambios en el tamaño de las poblaciones considerando diversos escenarios de cambios numéricos en las entradas de las matrices: c) Aspectos de la Biología reproductiva y d) Propuesta MER plantas 2010. La información obtenida a través de este estudio, logra proporcionar un panorama general del estado de estas cactáceas, las cuales constituyen parte del patrimonio biológico de nuestra nación y que para su prevalencia requieren de medidas de protección tanto de los ejemplares presentes en las poblaciones silvestres como de los ambientes en donde se desarrollan de manera natural.

^{*} El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx

^{**} El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL PROYECTO HK026

Dinámica Poblacional de Cactáceas Amenazadas

RESPONSABLE: Cecilia Leonor Jiménez-Sierra

COAUTOR: María Loraine Matias-Palafox

Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa Ciencias Biológicas y de la Salud Departamento de Biología TEL: 5804-4600 ext. 2796; 3919

22 de septiembre, 2014.

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de las primeras investigaciones sobre la biología general, la distribución y dinámica poblacional de seis especies de cactáceas endémicas de México, las cuales se encuentran en alguna categoría de riesgo. Los estudios poblacionales se llevaron a cabo dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Las especies estudiadas fueron: 1) Astrophytum ornatum; 2) Cephalocereus senilis; 3) Echinocactus platyacanthus; 4) Mammillaria longimamma; 5) Turbinicarpus horripilus y 6) Turbinicarpus pseudomacrochele. Para cada especie se presentan: a) Información taxonómica, descripción de la especie y estatus de conservación; b) Distribución geográfica: original (histórica) y actual y c) Características ambientales: clima, vegetación, suelos y factores de disturbio. Los estudios poblacionales presentan para una población seleccionada por especie (dos para el caso de E. platyacanthus) y dos años de observación: a) La demografía; b) La dinámica poblacional, en donde se incluyen los ciclos de vida y las estimaciones de las tasas finitas de crecimiento poblacional (λ) a través del uso de matrices de transición, así como la determinación de la importancia relativa de las categorías de tamaño y de los procesos demográficos (Permanencia (P), Crecimiento o Regresiones (C) y Fecundidad (F)) a través del uso de matrices de elasticidad. Se presentan también simulaciones que nos permiten estimar los cambios en el tamaño de las poblaciones considerando diversos escenarios de cambios numéricos en las entradas de las matrices; c) Aspectos de la Biología reproductiva y d) Propuesta MER plantas 2010. La información obtenida a través de este estudio, logra proporcionar un panorama general del estado de estas cactáceas, las cuales constituyen parte del patrimonio biológico de nuestra nación y que para su prevalencia requieren de medidas de protección tanto de los ejemplares presentes en las poblaciones silvestres como de los ambientes en donde se desarrollan de manera natural.

PALABRAS CLAVE: Cactácea, Especie amenazada, Especie en peligro de extinción, Especie endémica, Especie sujeta a protección especial, Matriz de transición, Método de evaluación del riesgo (MER), Tasa finita de crecimiento poblacional.

CONTENIDO

1 Introducción	3
2 Objetivos	5
3 Especies Seleccionadas	6
4 Metodología	7
5 Resultados	
1 Astrophytum ornatum	21
2 Cephalocereus senilis	55
3 Echinocactus platyacanthus	89
4 Mammillaria longimamma	137
5 Turbinicarpus horripilus	169
6 Turbinicarpus pseudomacrochele	205

1.- INTRODUCCION

Las cactáceas constituyen elementos estructurales relevantes de las comunidades vegetales de las zonas áridas y semiáridas de México. Nuestra nación es el centro más importante de concentración de cactáceas en el mundo, con un total de 48 géneros y 563 especies (Hunt, 1992) y posee un alto índice de endemismo, tanto de géneros (73%) como de especies (78%) (Guzmán *et al.*, 2003).

En las últimas décadas muchas especies de cactáceas han experimentado la reducción de sus poblaciones naturales (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada 1978; 1991a; 1991b; Sánchez-Mejorada, 1982; Anderson et al., 1994; Oldfield, 1997; Arias et al., 2005). Esto se debe tanto a la colecta directa de ejemplares en el campo, como a la pérdida progresiva de hábitats naturales donde habitan las poblaciones naturales. Se sabe que la extracción y comercialización ilegal de cactáceas es una práctica cotidiana; así por ejemplo, Toledo (1988) estimó que al menos 100 000 ejemplares de cerca de 5.5 millones de cactáceas que se introdujeron a Estados Unidos en 1979 debieron haber provenido de los desiertos mexicanos. Por otro lado, se estima que la tasa de pérdida de hábitats naturales en México es del orden de 1.5 millones de hectáreas por año (Toledo, 1988; Maass et al., 2003). Aunado a la colecta y destrucción del hábitat debe tomarse en cuenta la limitada habilidad de las cactáceas para recuperar el tamaño de sus poblaciones después de algún evento de perturbación, debido a su lento crecimiento y sus largos ciclos de vida (Hernández y Godínez, 1994; Martínez-Avalos et al., 2004; Carrillo Ángeles et al., 2005; Matias-Palafox y Jiménez-Sierra, 2006; Valverde y Zavala-Hurtado, 2006; Jiménez-Sierra et al., 2007).

Dada la situación anterior, la familia completa de las cactáceas ha sido incluida en el Apéndice II de la Convención Internacional sobre el Tráfico de Especies Silvestres y de Flora y Fauna Amenazadas (CITES, 2011). Hernández y Godínez (1994) han listado 197 especies de cactáceas en peligro de extinción, lo que representa cerca del 35% de las especies presentes en nuestro país. La NOM-059-ECOL-2001 incluye 285 especies de cactáceas en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT, 2002). Sin embargo, al actualizar esta lista tomando en

cuenta la lista base de Guzmán y colaboradores (2003), el número de especies en riesgo se reduce a 239 especies más 16 subespecies (Arias *et al.*, 2005). La Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN o IUCN por sus siglas en Inglés) incluye sólo 66 especies en riesgo (UICN, 2011), mismas que al ser homologadas con la lista base antes citada conforman 59 especies más seis subespecies (Arias *et al.*, 2005). Es interesante observar que sólo 47 taxones (especies y subespecies) son comunes a las listas de la UICN y la NOM-059-ECOL-2001. Esto se debe a que los criterios y la información para asignar el estado de conservación de las especies difieren entre los organismos evaluadores, lo que aunado a los problemas taxonómicos y de nomenclatura complica los procedimientos para proteger las especies en riesgo.

En general se desconocen las historias de vida y los procesos reproductivos que se presentan en las poblaciones de las cactáceas en peligro (Godínez-Álvarez $et\ al.$, 2003). Esto se debe a que los estudios de este tipo requieren de periodos largos de observación y son más costosos que el simple registro puntual de la presencia y densidad de las poblaciones. Sin embargo, el conocimiento de la reproducción sexual y de las variables demográficas, ayudan a determinar la importancia relativa de los principales procesos demográficos (permanencia, crecimiento y fecundidad) y son indispensables para estimar el impacto de la perdida de individuos de diferentes tamaños o edades sobre la tasa de crecimiento poblacional (λ) en tiempo próximo, así como para realizar proyecciones con modelos de simulación (Caswell, 2000; Esparza-Olguín $et\ al.$, 2002 y 2005; Jiménez-Sierra $et\ al.$, 2007).

Este trabajo pretende conocer la dinámica poblacional y lograr un acercamiento a los procesos reproductivos de las especies seleccionadas. La información obtenida es de gran importancia para determinar con mayor exactitud el estatus de conservación de cada especie, así como para sustentar las estrategias de uso sustentable o de protección de estos recursos que forman parte de la riqueza biológica de nuestro país.

2.- OBJETIVOS

a) General

Conocer las características de historia de vida de las especies seleccionadas y con base en la información existente aplicar el Método de Evaluación de Riesgo de extinción (MER).

b) Particulares

- -Describir la *historia natural* de las especies seleccionadas.
- -Determinar la *distribución histórica y actual* de las especies a partir de registros bibliográficos, de herbarios y de observaciones en el campo.
- -Describir el *ambiente* (tipo de clima, vegetación y características edafológicas) en donde se desarrolla cada especie.
- -Describir la densidad y tamaño poblacional (abundancia).
- -Conocer la *biología reproductiva* de las especies (comportamiento floral; visitantes florales; sistema reproductor y éxito reproductivo: fruit set y seed set).
- -Determinar la *demografía y dinámica poblacional* mediante el uso de matrices de transición de Lefkovitch y matrices de elasticidad.
- -Realizar modelos de simulación para predecir el cambio en las variables demográficas sobre la dinámica poblacional.
- -Determinar los principales *factores de riesgo* que amenazan a las poblaciones.
- -Elaborar el Método de Evaluación de Riesgo de extinción (MER).
- -Elaborar recomendaciones para la conservación de las especies.
- -Transmitir los conocimientos a las comunidades de la zona.

3. ESPECIES SELECCIONADAS

- 1.- Astrophytum ornatum "liendrilla"; Especie Amenazada (A) y endémica; Especie Vulnerable (VU) por la UICN (2014).
- Cephalocereus senilis "Viejito", Especie Amenazada (A), endémica y Especie Prioritaria; Especie en Peligro (EN) por la UICN (2014).
- 3.- Echinocactus platyacanthus "biznaga dulce", Especie Sujeta a protección especial (Pr); Especie Casi Amenazada (NT) por la UICN (2014).
- 4.- *Mammillaria longimamma* "biznaga dedos largos": Amenazada (A), endémica; Especie Vulnerable (VU) por la UICN (2014).
- 5.- Turbinicarpus horripilus Especie no contemplada en la norma, micro endémica señalada en CITES I; Especie En Peligro (EN) por UICN (2014).
- 6.- Turbinicarpus pseudomacrochele "turbinita": En peligro de extinción (P), endémica; Especie Prioritaria. Especie en Peligro (EN) por la UICN (2014).

4.- METODOLOGÍA

Para cada especie seleccionada se desarrollaron los siguientes puntos:

1.- Información taxonómica y descripción de la especie

Con base en la revisión bibliográfica se reporta la clasificación taxonómica: Reino, División, Clase, Orden, Familia, Género, AutorAnioGenero, Especie, AutorAnioEspecie, nombre científico, sinonimias, nombres comunes.

Se presenta una breve descripción de la especie, incluyendo imágenes y se presenta el estatus de conservación otorgado para la especie por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES); la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Norma Oficial Mexicana sobre la Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres (NOM-059-SEMARNAT-2010).

2.- Distribución geográfica original y actual

La distribución original (histórica) se determinó a partir de la información georreferenciada contenida en las fichas de colecta de los ejemplares del Herbario Nacional MEXU (IBUNAM) y en la bibliografía. Para determinar la distribución actual de cada especie, durante la realización de este proyecto (2011-2012), se realizaron visitas a las localidades georreferenciadas con la finalidad de constatar la persistencia actual de las poblaciones. A partir de estos datos con la ayuda del programa Arc View (versión 9.3), se elaboraron mapas de la distribución histórica y actual de cada especie.

3.- Características ambientales

Para tratar de conocer las características de las localidades donde se presenta la especie, con la ayuda del programa Arc View (Versión 9), se superpusieron los datos de las localidades georreferenciadas de cada especie a la cartografía de clima, vegetación y suelo, utilizando para ello las siguientes capas:

- a) Clima; García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- b) Vegetación: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie IV (Conjunto Nacional). México;
- c) Suelo: Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1995). 'Edafología'. Escalas 1:250000.
- d) Características edafológicas: Además, se realizó al análisis de las características físico-químicas de una muestra compuesta del suelo de dos localidades por especie (una en el caso de *T. pseudomacrochele*). Para ello se colectó un Kg de suelo superficial (de entre 15 a 20 cm de profundidad). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Central del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Las características analizadas y la metodología seguida para determinar los parámetros fueron: a) Características físicas: 1) Color, por medio de tablas de Munsell; 2) Textura, por el método de Hidrómetro de Bouyoucos; 3) Densidad, por medio del icnómetro; g/cm³; 4) pH, por el método potenciométrico relación sueloagua 1:2; b) Características químicas: 1) Materia orgánica, por el método de Walkley y Black (%); 2) Fósforo asimilable por el método de Bray P-1*Olsen; mg/kg; 3) Nitrógeno total, determinado por arrastre de vapor: Kjeldahl; (%); 4) Sodio y Potasio intercambiables, extraídos en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama, y 5) Calcio y Magnesio intercambiables, extraídos en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.

4.- Estado actual de las poblaciones

En las visitas a las localidades georreferenciadas se estimaron:

a) Densidades poblacionales y extensión de las localidades:

Las densidades poblacionales (individuos/unidad de área) fueron estimadas en una parcela de 50 m por 50 m, por localidad. La extensión del área ocupada por la localidad se estimó directamente de las observaciones de campo.

b) Factores de riesgo

En los sitios visitados se registraron los factores de perturbación: urbanos, de infraestructura (carreteras, torres de alta tensión, presas), deterioro natural del hábitat, ganadero y agrícola.

5.- Demografía

a) Población seleccionada

Se seleccionó una población de cada especie para realizar un estudio detallado sobre la demografía, dinámica poblacional y la biología reproductiva. Las poblaciones fueron seleccionadas por la abundancia de individuos.

b) Densidad y distribución intrapoblacional

En la población seleccionada se establecieron cuadrantes permanentes de observación (medidas señaladas para cada especie). Todos los individuos de la especie en estudio que se encontraron dentro de los cuadrantes fueron etiquetados y se elaboraron mapas con su ubicación. A partir de estos datos se determinaron tanto las densidades como el patrón de distribución espacial de los organismos, utilizando para ello el Índice de Dispersión Espacial (ID). Donde el ID = la varianza de la frecuencia/ promedio de individuos por subcuadrante. Valores obtenidos iguales a la unidad señalan una distribución aleatoria; valores menores a uno, indican una distribución uniforme y los valores mayores a uno indican una distribución espacial agregada (Ludwing & Reynolds, 1988). Mediante la prueba de T, se determinó la significancia de los resultados.

c) Estructura poblacional

La estructura poblacional, representa el porcentaje de individuos presente por categoría de tamaño. Las categorías de tamaños en cada población se establecieron con diferentes criterios tomando en cuenta la forma de crecimiento de los vegetales y estos fueron: alturas, diámetros o áreas basales.

6.- Dinámica poblacional

a) Ciclo de vida

Los ciclos de vida representan de manera gráfica la forma en que los individuos de una especie distribuyen sus recursos a través del tiempo. Dicha distribución da origen a las distintas estrategias de vida (Caswell, 2000; 2001).

Los diagramas de ciclo de vida, son diagramas de casillas y flechas, donde cada nodo o casilla (variables de estado), representa una fase de la vida de los individuos, mientras que las flechas (variables de transición) representan la probabilidad de tránsito de los organismos entre nodos en un periodo de tiempo determinado.

En los estudios de dinámica poblacional de especies vegetales con ciclos de vida largos (varios años) cuyos tallos no forman anillos de crecimiento, resulta difícil determinar las edades de los organismos. Es por ello que se ha convenido en establecer categorías con base en el tamaño de los individuos, para ello se pueden utilizar diversas variables como la altura, el diámetro, el área basal o la biomasa. Aunque, la determinación de clases de tamaño, es un cuanto arbitraria, se procuró considerar también el desarrollo fisiológico de los organismos (madurez reproductiva). De esta manera, las poblaciones vegetales se dividieron en plántulas, juveniles y adultos, aunque estas últimas a su vez pueden ser subdivididas.

b) Edades estimadas

Para tener una idea de las edades probables de los individuos, se tomaron en cuenta los incrementos de los individuo en la variable considerada (altura, diámetro o área) al año en relación a su categoría.

c) Dinámica poblacional

La tasa intrínseca de crecimiento poblacional (λ) e importancia relativa de los procesos demográficos se obtuvieron a partir de la información recabada en tres censos anuales consecutivos y las observaciones fenológicas de un año, lo cual permitió la construcción de matrices anuales de transición de Lefkovitch por población estudiada. En estas matrices, en la diagonal principal se presentan las probabilidades de que los individuos de cada categoría permanezcan en su misma clase durante el año de estudio (estasis o permanencia, P). Los valores por encima de la diagonal representan las probabilidades de que los organismos de una clase regresen a una inferior (R), lo cual puede darse por la pérdida de biomasa (Caswell, 2001). Las transiciones hacia categorías superiores (C) se encuentran por debajo de la diagonal principal. El cálculo de las tasas de crecimiento poblacional finita (λ), así como la estructura estable de edades (w), y el valor reproductivo por categoría (v), se obtuvieron con la ayuda del programa PopTools 3.2.3 (Hood; 2010) y Excel, y los valores de los intervalos de confianza se obtuvieron mediante el método analítico (Caswell, 2001).

A partir de las matrices de transición, se elaboraron las matrices de elasticidad las cuales permitieron determinar la importancia relativa de las categorías de tamaño y de los procesos demográficos (permanencia (P), crecimiento (C) y fecundidad (F)) al valor de λ. Estos valores permiten hacer comparaciones entre organismos con distintas estrategias de vida (de Kroon *et al.*, 2000; Caswell, 2001; Silvertown *et al.*, 1996; 1993).

d) Simulaciones

Utilizando las proyecciones de las matrices de transición en el tiempo, con la ayuda del programa PopTools para Excel, se realizaron proyecciones del

crecimiento poblacional a 50 años (o 100 años). Estas proyecciones se hicieron primero tomando los valores originales de las matrices y luego, modificando las entradas de las matrices originales. Una vez realizado el cambio señalado, se recalculó el valor de lambda y se hicieron proyecciones del cambio del tamaño poblacional a través del tiempo. Los resultados obtenidos se muestran de manera gráfica y nos permiten visualizar el futuro de la población en el tiempo ante diversos escenarios de manejo o uso de los recursos.

7.- Reproducción sexual

a) Fenología reproductiva

A partir de los censos mensuales fenológicos en la población de estudio se realizaron histogramas de la presencia de las estructuras reproductivas a través del año de observación.

b) Morfometría floral (florimetría)

Se realizaron colectas de flores y en el laboratorio se determinaron diversas variables morfométricas: longitud de las flores, diámetro del perianto, amplitud del tubo floral, separación estigma-anteras, longitud del estilo, longitud de los lóbulos del estigma, número de los lóbulos del estigma, altura de la cámara nectarial, diámetro ecuatorial y polar del ovario, número de óvulos, número de estambres, número de granos de polen por antera y total de granos de polen por flor (Dafni, 1992.)

c) Marcha floral

Se realizaron observaciones en el campo, de las flores en antesis a intervalos de tiempo regulares. En cada observación se registró la temperatura ambiental, el diámetro del perianto y la apertura de los lóbulos del estigma, así como la dehiscencia de las anteras. Se presentan también algunos datos para algunas especies de la presencia de visitantes florales (Dafni, 1992.).

d) Sistema de cruza

Los sistemas de cruza determinan el modo de transmisión de los genes de una generación a otra. Se reconocen tres tipos de cruzas: i) la entrecruza, en donde los gametos de organismos distintos se unen para formar un cigoto; ii) la autocruza, en donde los gametos del mismo individuo se unen para originar un cigoto y iii) Sistema mixto, en donde se presentan los dos sistemas anteriores (Wyatt, 1983). Para conocer los sistemas de cruza se realizaron experimentos de polinización controlada. Estos se ajustaron para cada especie dependiendo de la cantidad de flores disponibles, pero se procuró contar con los siguientes tratamientos: 1) control (flores no manipuladas); 2) polinización cruzada manual (artificial), en la que con la ayuda de un pincel se llevó polen de otras flores a las flores blanco; 3) autopolinización natural, donde permanecieron las flores aisladas y éstas no fueron manipuladas y 4) autopolinización manual, donde a flores aisladas se les colocó polen de ellas mismas sobre su estigma. Al terminar la antesis, las flores de todos los tratamientos se mantuvieron embolsadas para evitar la depredación. Los frutos maduros de estos experimentos fueron cosechados y a partir de ellos se evaluó el éxito reproductivo en términos de fruit set (proporción de flores que pasan a fruto) y de seed set (proporción de óvulos que pasan a semillas) por tratamiento.

e) Sistema de apareamiento

Los sistemas de apareamiento (xenógamo, xenógamo facultativo, endógamo facultativo, endógamo y cleistógamo) fueron determinados a través del índice de entrecruza de Cruden (OCI), y de la proporción polen:óvulo por flor (Cruden, 1977; Cruden y Miller-Warb, 1981). El OCI es la sumatoria de tres parámetros a los cuales, se les asigna valor numérico: 1) Diámetro de la corola (valores de 1 a 4; donde 1 corresponde a las corolas de menor tamaño); 2) Separación estigma y anteras (0-1; donde 1 corresponde a separación espacial) y 3) sincronía de la función femenina y masculina (0-1; donde cero corresponde a sincronía). En lo que se refiere a la proporción polen:óvulo, la cantidad de polen por óvulo dentro de cada flor se incrementa desde las especies cleistógamas que son las que

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

requieren menor cantidad de polen hasta las xenógamas obligadas, teniendo valores medios las endógamas.

d) Germinación

Para determinar el porcentaje de germinación de las semillas, se colectaron frutos en el campo, y se obtuvieron las semillas las cuales fueron sembradas en agar bacteriológico bajo condiciones de laboratorio especificando el tratamiento seguido para cada especie (Rojas, 1995). Cuando las semillas obtenidas fueron escasas, no se realizaron los experimentos de germinación.

8.- Propuesta MER plantas 2010

Tomando en cuenta la información obtenida, se evaluó el riesgo de extinción de cada especie aplicando el Método de Evaluación del Riesgo, MER para Plantas 2010 (SEMARNAT, 2010). Este método asigna valores numéricos a diversos parámetros y la sumatoria de los mismos permite obtener un valor, el cual señala la categoría de riesgo en la que se encuentra la especie considerada (NOM-059-SEMARNAT-2010 MER PLANTAS). Esta evaluación considera diversos aspectos, los cuales conforman cuatro criterios: A: Características de la distribución geográfica; B: Características del hábitat; C: Vulnerabilidad biológica intrínseca y D: Impacto de la actividad humana.

Las categorías de riesgo consideradas son:

En peligro de extinción (P): Puntaje mayor o igual a 2, aunque también puede determinarse directamente: 1) Cuando en las características de la distribución geográfica, el área de distribución sea menor o igual a un km²; 2) Cuando demográficamente, el número total de individuos sea igual o menor que 500; 3) Cuando el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón, el hábitat remanente no permite la viabilidad de las poblaciones existentes, y 4) Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de un individuo cada 5 ha o menor; y que además la sumatoria del criterio D sea mayor que 0.4

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

Amenazada (A): Con puntaje mayor que 1.7 y menor que 2, o por vía directa cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor, y que la sumatoria del criterio D sea mayor que 0.3 y menor que 0.4.

Sujetas a protección especial (Pr): Con un puntaje mayor o igual a 1.5 y menor que 1.7 o cuando el puntaje sea mayor o igual a 1 y menor a 1.5 y que la sumatoria del criterio D sea igual o mayor que 0.3.

9. Bibliografía de la Introducción y Metodología

- Anderson, E.F., S. Arias Montes y N.P Taylor. 1994. Threatened Cacti of Mexico. Succulent Plant Research 2. London, U. K: Royal Botanical Gardens, Kew.
- Arias, S., U. Guzmán, M.C. Mandujano, M. Soto Galván y J. Golubov.
 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. I.
 Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México), La lista Roja (UICN) y CITES. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 50(4): 100-125.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1978. Las cactáceas de México.
 Tomo I. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991a. Las cactáceas de México. Tomo II. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991b. Las cactáceas de México. Tomo III. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Carrillo-Ángeles, I.G., J. Golubov, M. Rojas-Aréchiga y M. C. Mandujano.
 2005. Distribución y estatus de conservación *de Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton et. Rose. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 50(2): 36-55
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses:
 Their roles in conservation biology. Ecology 81:619-627.

- Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.
- Caswell, H., 2001. Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, Sinauer, Sunderland, MA, USA.
- CITES, 2011. http://www.cites.org/eng/app/E-1104277.pdf
- Cruden R. W. 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution (31): 32-46.
- Cruden R.W. y S. Miller-Ward. 1981. Pollen-ovule ratio, pollen size, and the ratio of stigmatic area to the pollen bearing area of the pollinator: an hypothesis. Evolution 35 (5): 964-974.
- Dafni, A., 1992. Pollination Ecology. A Practical Approach. The Practical Approach Series. Oxford University Press. New York. 201pp.
- de Kroon, H., J. Van Groenendael y J. Ehrlén. 2000. Elasticity: a review of methods and model limitations. Ecology 81(3): 607-618.
- Esparza-Olguín, L. T. Valverde & E. Vilchis-Anaya. 2002. Demographic analysis of rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, México. Biological Conservation 103: 349-359.
- Esparza-Olguín, L., T. Valverde y M.C. Mandujano. 2005. Comparative demographic analysis of three *Neobuxbaumia* species (Cactaceae) with differing degrees of rarity. Population Ecology 47: 229-245.
- García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- Godínez-Álvarez, H. T. Valverde. P. Ortega-Baes 2003. Demographic trends in the cactaceae. The Botanical Review 69: 173-203.
- Gómez-Hinostrosa, C., Sánchez, E. & Guadalupe Martínez, J. 2013.
 Turbinicarpus pseudomacrochele. In: The IUCN Red List of Threatened
 Species. Version 2014.2. Disponible en
 http://www.iucnredlist.org/details/40983/0> Consultada el 8 de agosto
 de 2014

- Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.
- Gómez-Hinostrosa, C., Sánchez, E., Guadalupe Martínez, J. & Bárcenas Luna, R. 2013. *Mammillaria longimamma*. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/152004/0. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Guadalupe Martínez, J., Fitz Maurice, W. A. & Fitz Maurice, B. 2013.
 Turbinicarpus horripilus. In: The IUCN Red List of Threatened Species.
 Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/40977/0>. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Guadalupe Martínez, J., Sánchez, E. & Bárcenas Luna, R. 2013. Cephalocereus senilis. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/152158/0>. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Guzmán, U., S. Arias M. y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 pp.
- Hernández, H. N. y H. Godínez A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana 26: 33-52.
- Hernández, Н. M., Cházaro, M. & Gómez-Hinostrosa, C. 2013. Echinocactus platyacanthus. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/152537/0. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Hood, G.M. 2010. PopTools. Version 3.2.3. http://www.poptools.org

- Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.
- Hunt, D. 1992. CITES. Cactaceae checklist. Royal Botanic Gardens,
 Kew. Surrey, UK.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie IV (Conjunto Nacional). México.
- Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias
 (INIFAP) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1995). 'Edafología'. Escalas 1:250000.
- Jiménez-Sierra, C., M.C. Mandujano y L.E. Eguiarte. 2007. Are populations of the candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus*) in the Desert of Tehuacán, México at risk? Population projection matrix and Life Table Response Analysis. Biological Conservation 135: 278-292.
- Ludwing, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley, Nueva York, 325pp.
- Maass, J.F., A. Velázquez, J.L. Palacio y G. Bocco. 2003. Cartographie et inventaire forestier au Mexique. Bois et Forêts des Tropiques. 275(1), 5-16.
- Martínez-Avalos, J.G., M.C. Mandujano, J. Golubov, M. Soto y J.
 Verhulst. 2004. Análisis del Método de Evaluación de Riesgo (MER) del "Falso Peyote" (Astrophytum asterias Zucc. Lem.) en México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 49: 118-127.
- Matías-Palafox, M.L. y C. Jiménez-Sierra. 2006. Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha, cactácea endémica de la Barranca de Metztitlán, México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas
- Oldfield, S. (Comp.) 1997. Cactus and succulent plants-status survey and conservation action plan. IUCN/SSC. Gland.

- Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.
- Rojas, A. M. 1995. Estudios sobre la germinación de cactáceas del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología) Facultad de Ciencias. UNAM. 125 pp.
- Sánchez-Mejorada, H. 1982. Problemas en el control del comercio de las cactáceas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 27: 27-32.
- Sánchez, E., Guadalupe Martínez, J. & Bárcenas Luna, R. 2013.
 Astrophytum ornatum. In: The IUCN Red List of Threatened Species.
 Versión 2014.2. Disponible en: http://www.iucnredlist.org/details/151912/0>. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 6 marzo: 1-85.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNT-2010, protección ambientalespecies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 26 de noviembre 2010.
- Silvertown, J., M. Franco y E. Menges. 1996. Interpretation of elasticity matrices as an aid to management of populations for conservation. Conservation Biology 10: 591-597.
- Silvertown, J., M. Franco, I. Pisanty y A. Mendoza. 1993. Comparative plant demography relative importance of life cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. Journal of Ecology 81: 465-476.

- Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.
- Toledo, V.M. 1988. La diversidad Biológica de México. Ciencia y Desarrollo. núm. 81, año XIV: 17-30pp.
- Valverde, P. L. y A. Zavala-Hurtado. 2006. Assessing the ecological status of *Mammillaria pectinifera* Weber (Cactaceae), a rare and threatened species endemic of Tehuacán-Cuicatlán Region in Central Mexico. Journal of Arid Environments 64: 193-208.
- Wyatt, R. 1983. Pollinator-Plant interactions and the evolution of breeding systems. En: Pollination Biology. Lesly Real (ed.) Academic Press. New York.

1.- Astrophytum ornatum DC.

1.1.- Información taxonómica y descripción de la especie

a) Taxonomía y sinonimias

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Caryophyllales Familia: Cactaceae

Género: Astrophytum

AutorAnioGenero: Lemaire, 1839 (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991)

Especie: Astrophytum ornatum

AutorAnioEspecie: (De Candolle) Weber ex Britton et Rose, 1922 (Bravo-

Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

Nombre científico: Astrophytum ornatum (De Candolle) Weber ex Britton et

Rose (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

-Nombre científico: *Astrophytum ornatum* (DC)

-Sinonimias: Astrophytum ornatum strongylogonum Backeb., 1961; Astrophytum ornatum glabrescens (F. A. C. Weber ex K. Schum.) Krainz 1965; Echinocactus ornatus glabrescens F. A. C. Weber ex K. Schum., 1898; Astrophytum ornatum mirbelii (Lem.) Krainz, 1965; Echinocactus mirbelii Lem., 1838; Echinocactus ornatus DC., 1928 (Sánchez, 2006).

b) Nombres Comunes

Biznaga, algodoncillo y liendrilla (SEMARNAT, 2010).

c) Descripción de Astrophytum ornatum

Tallo al principio esférico, después **columnar** (corto), de 30 a 35 cm de altura y 12 a 15 cm de diámetro, llegando a medir hasta cerca de 2 m de altura; ápice hundido con algo de lana blanca o amarillenta, sobrepasado por las espinas

de las aréolas jóvenes; epidermis de color verde claro, oscuro o grisáceo, con estigmas más o menos abundantes en las plantas jóvenes, que cubren más o menos la superficie o faltan completamente. Costillas 8, rectas o algoespiraladas, altas y agudas, de unos 5 a 6 cm de altura o más. Aréolas distantes entre sí 1.5 a 2.05 cm, elípticas, de cerca de 8 mm de longitud, con lana blanco amarillenta, al final caduca. **Espinas radiales** 6 a 8 o 10, gruesas, rígidas, erectas o algo curvas, de 2 a 4 cm de longitud, amarillas, cuando jóvenes con la base rojiza, extendidas horizontalmente. Espinas centrales generalmente 1, a veces 2, parecidas a las radiales, solamente algo más gruesas y largas. Flores cercanas al ápice, infundibuliformes, de 7 a 9 cm de longitud; pericarpelo globoso, con escamas lineares, acuminadas, de color castaño, con la punta más clara, llevando en las axilas lana blanca o amarillenta; cavidad del ovario elíptica; tubo receptacular igualmente escamoso; segmentos exteriores del perianto lanceolados, amarillentos con la punta color castaño, largamente acuminada; segmentos interiores del perianto espatulados, acuminados, con el margen dentado, de color amarillo canario; estambres en dos grupos: filamentos de color amarillo azufre; anteras de color amarillo cromo hasta anaranjado claro; estilo amarillento; lóbulos del estigma 7, del mismo color de los filamentos. Fruto globoso de 2.5 a 3 cm de longitud. **Semillas** de 2.5 a 3 mm de longitud con testa negra y brillante (Britton & Rose, 1963; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Anderson, 2001; Sánchez, 2006; Sánchez et al., 2013) (Figuras 1.1 a-d).

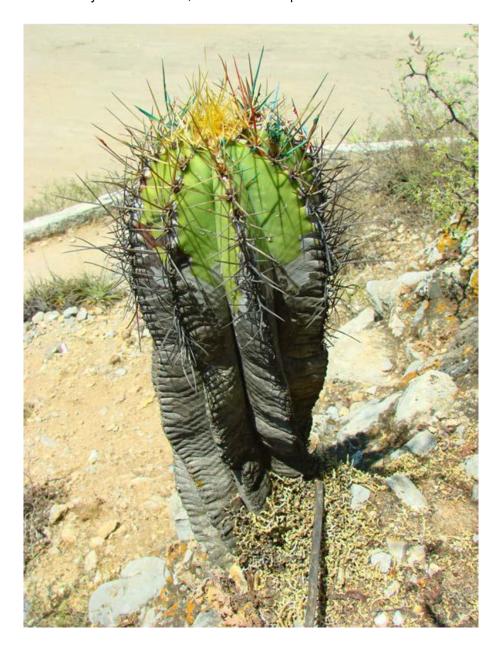


Figura 1.1a. *Astrophytum ornatum* en Metztitlán (Hgo.), donde se aprecia el característico crecimiento helicoidal de sus costillas (Foto: E. Vázquez).



Figura 1.1b. *Astrophytum ornatum* en floración (Metztitlán, Hidalgo) (Foto: E. Vázquez)



Figura 1.1c. Flor de Astrophytum ornatum en antesis (Foto: E. Vázquez).



Figura 1.1d. Agrupación de *Astrophytum ornatum* (Foto: E. Vázquez).

d) Estatus de conservación

A. ornatum se encuentra en el **Apéndice II de CITES**, en donde se incluyen las especies que no necesariamente se encuentran en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia.

La especie se encuentra señalada como **Vulnerable B1ab (iii, iv, v)** en la **Lista Roja** de la UICN (2014) donde se incluyen especies con poblaciones con bajo intercambio genético, poblaciones fragmentadas (a) o en continuo decremento (b) tomando en cuenta tanto su área (iii); el número de subpoblaciones (iv) y el número de individuos adultos (v) (Gómez-Hinostrosa *et al.*, 2013; Scheinvar, 2014).

La legislación mexicana ha considerado a *A. ornatum* como **Especie Amenazada (A)** (NOM-059-SEMARNAT-2001 y NOM-059-SEMARNAT-2010) (SEMARNAT 2002 y 2010). En esta categoría se encuentran aquellas especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones (Tabla 1.1).

Instancia Categoría/Apéndice Referencia Consultado **CITES** CITES, 2013 26/05/2014 NOM-059-SEMARNAT-2001 A (Amenazada) SEMARNAT, 2002. 26/05/2014 NOM-059-SEMARNAT-2010 SEMARNAT, 2010. 26/05/2014 A (amenazada) UICN Especie Vulnerable 25/06/2014 Gómez-Hinostrosa et al., 2013. B1ab(iii, iv, v)

Tabla 1.1. Estatus de conservación de *A. ornatum*.

1.2.- Distribución geográfica: Histórica y actual

A. ornatum, es una especie endémica de México, distribuida en los estados del centro del país: Hidalgo, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí (Guzmán et al., 2003). En Guanajuato, la especie ha sido colectada en los municipios de San

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

Luis de la Paz, Victoria y Xichú; en Hidalgo en Cardonal, Metztitlán y Zimapán; en Querétaro en los municipios de Cadereyta de Montes, Peñamiller, Pinal de Amoles y Tolimán y en San Luis Potosí en Rioverde y Santa María del Río.

Existen 89 registros de los cuales solo 32 están geo-referenciados (27 de colectas (Figura 1.2) y 5 nuevas observaciones). Tomando en cuenta los datos de las 32 localidades georreferenciadas (bibliográficas y de herbario) y las visitas a estos sitos se elaboró el mapa de la distribución histórica y actual (Programa Arc View, Versión 9.3) (Figura 1.3).

Se visitaron 25 localidades de *A. ornatum* y en 10 de ellas (40%) la especie ha desparecido: dos de Guanajuato (por la construcción de una presa), seis de Querétaro (por infraestructuras) y dos de San Luis Potosí (por factores agrícolas y ganaderos). En las 15 localidades donde la especie prevalece se observó la presencia de disturbios. En ocho localidades se presentan diversos disturbios, en las localidades con un disturbio dominan los factores ganaderos, seguido de los agrícolas y de infraestructura.





Figura 1.2. Ejemplares herborizados de *Astrophytum ornatum* (Herbario MEXU).

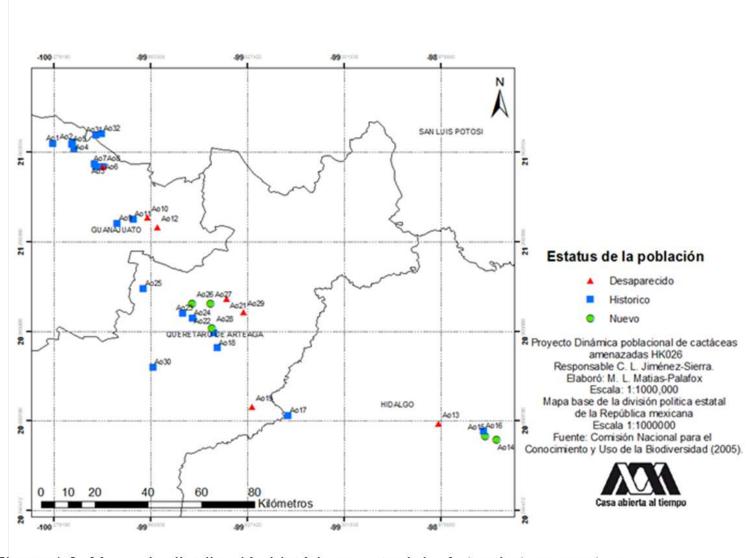


Figura 1.3. Mapa de distribución histórica y actual de Astrophytum ornatum

La especie se distribuye desde los 850 msnm (Xichú, Gto.) hasta los 1,930 msnm (Victoria, Gto.), lo que representa un rango de distribución altitudinal de 1,080 m. Las localidades límites de distribución de la especie se presentan en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Localidades limítrofes en la distribución de *A. ornatum*.

	Coordenadas	Localidades limítrofes	Estado
Norte	21.62666667N	Santa María del Río	San Luis Potosí
Sur	20.61527778N	Metztitlán (Cerro Mogote Partido)	Hidalgo
Este	-98.8275	Metztitlán (Cerro Mogote Partido)	Hidalgo
Oeste	-100.2816667	San Luis de la Paz	Guanajuato

1.3.- Características ambientales

a) Clima

La distribución de las 32 localidades georreferenciadas, por clima es la siguiente: El 46.87% en clima BS1hw, Semiárido semicálido con lluvias en verano e invierno; el 31,25% en clima BS1(h')w, Semiárido cálido con lluvias de verano e invierno; el 9,37% en clima Bsohw, Árido semicálido con lluvias en verano e invierno; el 6,25% en clima BS1kw, Semiárido templado con lluvias de verano e invierno; el 3,12% en clima BS1(h')w, Semiárido cálido con lluvias de verano e invierno y el 3,12% en clima (A)C(wo), Semicálido subhúmedo con lluvias en verano e invierno.

b) Vegetación

La distribución de las localidades por tipo de vegetación fue:

El 46.87% en Matorral submontano, el 9.37% en Matorral crasicaule, el 9.37% en Agricultura de riego anual, el 9.37% en Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, el 9.37% en Matorral desértico rosetófilo; el 6.25% en vegetación secundaria herbácea de selva baja caducifolia; el 3.12% en Pastizal inducido; el 3.12% en Matorral desértico micrófilo y el 3.12% en vegetación secundaria arbustiva de matorral submontano.

c) Suelo

El 65.62% de las localidades se encuentran en suelos de Tipo I, Litosol; el 9.37% en Tipo Lc, Luvisol cromico; el 6.25% en tipo Re. Regosol eutrico; el 6.25% en tipo Je, Fluvisol eutrico; el 6.25% de tipo E, Rendzina; el 3.12% de tipo Rc, Regosol calcarico y el 3.12% de tipo Hh, Feozem haplico.

d) Características edafológicas

En la Tabla 1.3 se presentan las características físico-químicas del suelo de dos localidades de *A. ornatum.* Donde puede apreciarse que en las dos muestras analizadas los suelos son de textura franca con gran cantidad de Calcio.

Tabla 1.3. Características físicas y químicas del suelo de dos localidades donde se encuentra *Astrophytum ornatum*.

Localidad	Santuario	Victoria	Promedio	DE	EE
Municipio	Metztitlán	Victoria			
Longitud	98°45.468′	21°34.4'			
Latitud	20°35.318"	100°11'			
Altitud	1294 msnm	920 msnm			
Estado	Hidalgo	Hidalgo			
Municipio	Metztitlán	Victoria			
Vegetación	Matorral Xerófilo	Matorral Xerófilo			
Características Físicas					
Color de Suelo	10YR 5/3 Café	5YR 7/3 Rosaceo			
Densidad relativa (tm ⁻³)	2.33	2.51	2.42	0.127	0.127
Textura	Franco	Franco arenoso			0.000
Arena %	50.8	61.5	56.15	7.566	7.566
Limo %	28	31.3	29.65	2.333	2.333
Arcilla %	21.2	7.2	14.20	9.899	9.899
рН	8.17	8.48	8.33	0.219	0.219
Características Químicas					
Materia Orgánica %	8.47	0.13	4.30	5.897	5.897
Nt mgKg ⁻¹	0.42	0.01	0.22	0.290	0.290
P mgKg ⁻¹	9.88	7.41	8.65	1.747	1.747
K mgKg ⁻¹	246	430	338	130.108	130.108
Ca mgKg ⁻¹	6153	6604.8	6378.9	319.471	319.471
Mg mgKg ⁻¹	171	107	139	45.255	45.255
Na mgKg ⁻¹	106	170	138	45.255	45.255

1.4.- Estado actual de las poblaciones

a) Densidades poblacionales y extensión de las localidades

Las densidades poblacionales de *A. ornatum* en las localidades visitadas van de 769 a 8 individuos/ha (N=17) y para el 82% de ellas, este valor es inferior a 200 individuos/ha (Figura 1.4a).

La extensión o área de las localidades *A. ornatum* visitadas van desde 30 ha hasta 0.08 ha. Aunque el 88% de ellas presentan una extensión menor a 5 ha. Esto se debe a que los ambientes naturales han sido modificados con fines agrícola, urbanos o de infraestructura (carreteras y presas) (Figura 1.4b).

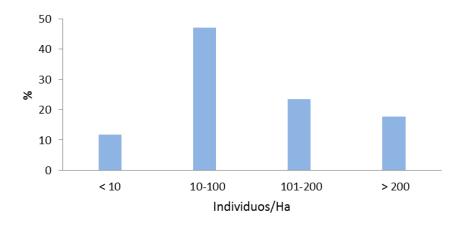


Figura 1.4a. Localidades de *A. ornatum* por densidad (N=17).

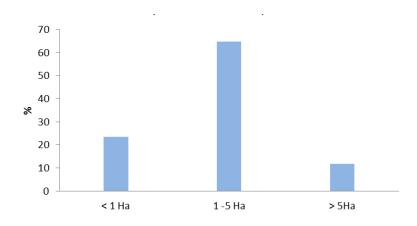


Figura 1.4b. Extensiones de las localidades de *Astrophytum ornatum* (N=15 localidades).

b) Factores de disturbio

De las 27 localidades históricas visitadas, en siete de ellas (25.9%), la especie ha desparecido: tres de Guanajuato, una de Hidalgo y tres de Querétaro. En Guanajuato la desaparición se debió a la construcción de una presa. En Querétaro, por la ampliación de las carreteras y en Hidalgo debido a factores agrícolas y ganaderos. Las 20 localidades restantes donde la especie prevalece presentan disturbio por factores múltiples dominando factores ganaderos, por infraestructura, agrícolas, urbanos, y deterioro del hábitat y por deterioro natural del hábitat.

1.5.- Demografía

a) Población de estudio

Los estudios de demografía, dinámica poblacional y de biología reproductiva se realizaron en la población de *A. ornatum* de "Santuario", ubicado en el Jardín Botánico Natural Santuario de Cactáceas, (Metztitlán, Hidalgo). Se escogió esta población, debido a que es una de las poblaciones conocidas con mayor densidad (Figura 1.5a).



Figura 1.5a. Localidad "Santuario" (Metztitlán, Hgo.) (Foto: C. Jiménez).

El sitio se ubica en las coordenadas 98°45.468' W y 20°35.318'N, y a 1,294 msnm, en una ladera con orientación SW y una pendiente promedio de 60°. El clima es semiseco templado, con régimen de lluvias en verano (BS1kw), y la vegetación es un matorral xerófilo con crasicaules (Matias-Palafox, 2007) (Figura 1.5b). Esta población no está georreferenciada en los ejemplares de herbario y probablemente forma parte de la localidad referida por Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) como "Laderas de la barranca de Metztitlán". La población de *A. ornatum*, en este sitio ocupa una extensión aproximada de 1,800m².

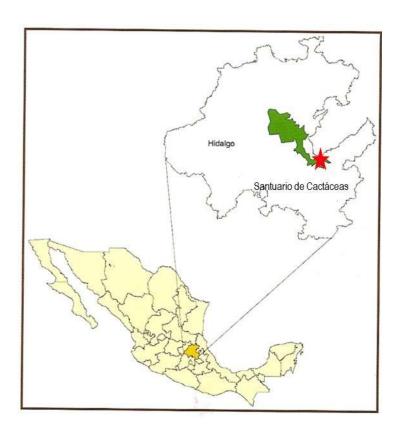


Figura 1.5b. Ubicación de la población de *A. ornatum* "Santuario", en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (Hgo.) (M.L. Matias-Palafox, 2007).

b) Densidad poblacional y distribución intrapoblacional

En el 2008 se establecieron parcelas permanentes de observación de 25m², donde se realizaron tres censos (2008, 2009 y 2010) de la población *de A. ornatum*. Se registraron para cada individuo: la altura, diámetro, número de costillas y número de estructuras reproductoras. El área total muestreada fue 1,275 m², donde se registraron 108 individuos en 2008, por lo que la densidad poblacional fue de 0.085 individuos/m². La distribución intrapoblacional es agregada (El ID= 4.508; T= 8.18; p<0.005).

c) Estructura poblacional

La estructura poblacional (Tabla 1.4) se determinó con base a las alturas de los individuos. En el primer censo se midió la altura total de los individuos y se marcaron las espinas apicales. En los censos sucesivos se midió solo el incremento en longitud del tallo a partir de estas espinas. Todos los individuos fueron monopódicos y las alturas totales registradas variaron desde uno a 122.5 cm. La distribución de tamaños es bimodal y ésta se mantuvo constante a través del tiempo (Figura 1.6)

Tabla 1.4. Categorías de alturas consideradas para *A. ornatum* y número de individuos por categoría y año.

Categoría	Altura (cm)	N ₂₀₀₈	N ₂₀₀₉	N ₂₀₁₀
Plántulas (P)	0-5	6	10	7
Juveniles (J)	5.1-15	3	2	5
Adulto 1 (A1)	15.1-30	7	4	3
Adulto 2 (A2)	30.1-45	16	12	9
Adulto 3 (A3)	45.1-60	21	18	14
Adulto 4 (A4)	60.1-75	22	20	24
Adulto 5 (A5)	75.1-90	16	18	18
Adulto 6 (A6)	>90	17	15	18
	total	108	97	98

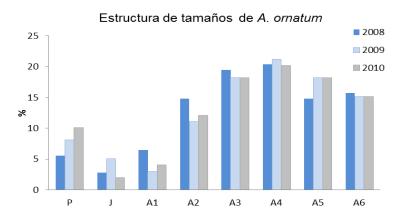


Figura 1.6. Estructura poblacional de *A. ornatum*.

En todos los años se observó reclutamiento y los individuos del primer intervalo (plántulas) constituyeron entre el 6 y 10% del total de la población. La clase con menor abundancia relativa fueron los Juveniles (3-2%), seguida de A1 (3-6%) y la categoría más abundante fue la de A4 para los tres años.

1.6.- Dinámica poblacional

a) Ciclo de vida

Se realizaron tres censos (2008, 2009 y 2010). En cada censo, se registraron para cada individuo de *A. ornatum*: altura, número de costillas y diámetro. La altura de los individuos se utilizó para categorizar a la población (Tabla 1.4) y el diagrama del ciclo de vida se encuentra en la Figura 1.7.

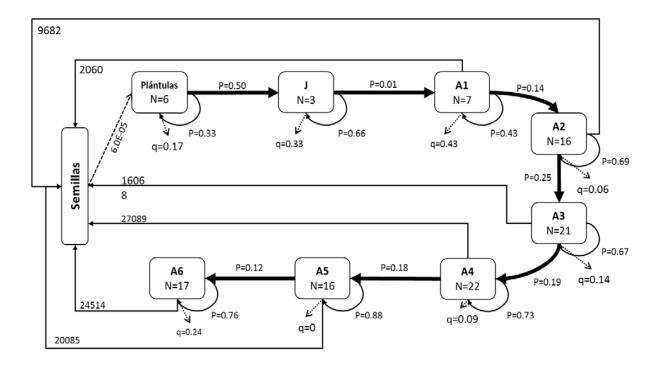


Figura 1.7. Ciclo de vida de *A. ornatum* (2008-2009). Los rectángulos representan las categorías (N=número de individuos); las flechas que retornan a la misma casilla representan las probabilidades de permanencia (P); las flechas que unen casillas diferentes, indican las probabilidades tránsito de un estadio a otro o de crecimiento (C); q = probabilidad de muerte. La fecundidad (F) está representada por la producción de semillas por intervalo.

b) Edades estimadas

Para tener una idea de las edades probables de los individuos, se calcularon los incrementos de altura por individuo al año en relación a su categoría (Tabla 1.5).

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

Tabla 1.5. Edades estimadas para *A. ornatum* por intervalo de tamaño

	Crecimiento	Tiempo medio para transitar	Tiempo medio para llegar a
Categoría	cm2/año	en la categoría (años)	la categoría (años)
Plántula	4	4	
Juvenil	5.6	9.6	4
Adulto I	4.77	14.37	9.6
Adulto 2	4.19	18.56	14.37
Adulto 3	4.13	22.69	18.56
Adulto 4	4.17	26.86	22.69
Adulto 5	4.12	30.98	26.86
Adulto 6	4.3		30.98

c) Dinámica poblacional

Con la información recabada en los tres censos anuales y las observaciones fenológicas, se construyeron las matrices de transición de Lefkovitch (Caswell, 2000; 2001), correspondientes a los años 2008-2009 y 2009-2010 (Tabla 1.6).

Las lambdas (λ) obtenidas para ambos años aunque inferiores a la unidad, no difieren significativamente de ésta (Tabla 1.6 y 1.7). Existen diferencias significativas entre la estructura estable de tamaños (w) y la observada. Los mayores valores reproductivos (v) se encontraron para el primer año en la categoría A2, mientras que para el segundo año en A6 (Tabla 1.6).

Tabla 1.6. Matrices de transición de Lefkovitch para *A. ornatum* en Santuario (Metztitlán, Hgo.). Estadios considerados: Semilla, Plántula, Juvenil y Adultos (A1, A2, A3, A4, A5 y A6). La diagonal principal indica las probabilidades de permanencia de los individuos en cierta clase (P). Los valores por debajo de la diagonal indican el crecimiento (C). El primer renglón indica la aportación anual de semillas por categoría. Se presentan las tasas finitas de crecimiento, lambdas (λ±2DE); la estructura de tamaños: estable (w) y observadas y los valores reproductivos por categoría (*v*).

Matriz de t	Matriz de transición 2008-2009 λ=0.875±0.1654								Estructura de	Tamaños		Diferencia		
Categoría	S	Р	J	A1	A2	A3	A4	A5	A6	w	Observada	x ²	significtiva	V
Semillas	0	0	0	2060	9682	16068	27089	20085	24514					2.4725E-13
Plántula	6.0303E-05	0.33333333	0	0	0	0	0	0	0	26.6647	5.5556	16.7111	P<0.001	3.5877E-09
Juvenil	0	0.5	0.66667	0	0	0	0	0	0	63.9951	2.7778	58.5601	P<0.001	3.8866E-09
A1	0	0	0	0.42857143	0	0	0	0	0	1.29014E-06	6.4815	3.26E+07	P<0.001	0.0900
A2	0	0	0	0.14285714	0.6875	0	0	0	0	9.82963E-07	14.8148	2.23E+08	P<0.001	0.2812
А3	0	0	0	0	0.25	0.66666667	0	0	0	1.17956E-06	19.4444	3.21E+08	P<0.001	0.2109
A4	0	0	0	0	0	0.19047619	0.72727273	0	0	1.52089E-06	20.3704	2.73E+08	P<0.001	0.2306
A5	0	0	0	0	0	0	0.18181818	0.875	0	4.3781	14.8148	2.49E+01	P<0.001	0.1874
A6	0	0	0	0	0	0	0	0.125	0.76471	4.9621	15.7407	2.34E+01	P<0.001	5.4956E-08

Matriz de ti	ransición 2009-2	2010	λ=0.9999 ±0.	.0002						Estructura est	table de edade	S	Diferencia	
Categoría	S	Р	J	A1	A2	А3	A4	A5	A6	W	Observada	x ²	significtiva	V
Semillas	0	0	1648	927	7519	11742	28428	21115	21630					1.4242E-13
Plántula	8.6013E-05	0.375	0	0	0	0	0	0	0	52.26523562	10.1010	34.0154	P<0.001	1.6558E-09
Juvenil	0	0.125	0.8	0	0	0	0	0	0	32.66576276	2.0202	2.88E+01	P<0.001	8.2 7 88E-09
A1	0	0	0	0.66667	0	0	0	0	0	8.81977E-07	4.0404	1.85E+07	P<0.001	0.15789
A2	0	0	0	0.33333	0.72727	0	0	0	0	1.07797E-06	12.1212	1.36E+08	P<0.001	0.15789
A3	0	0	0	0	0.27273	0.61111111	0	0	0	7.5598E-07	18.1818	4.37E+08	P<0.001	0.15789
A4	0	0	0	0	0	0.38889	0.80952	0	0	1.54346E-06	20.202	2.64E+08	P<0.001	0.15789
A5	0	0	0	0	0	0	0.19048	0.77778	0	1.32296E-06	18.1818	2.50E+08	P<0.001	0.15789
A6	0	0	0	0	0	0	0	0.16666667	0.9999999	15.06899604	15.1515	4.52E-04		0.21053

Año	Lambda (λ)	Intervalos de confianza
2008-2009	0.875	±0.1654
2009-2010	0.9999	±0.0002

0.93745

Promedio

Tabla 1.7. Valores de lambda obtenidas para *A. ornatum*

Las tasas de mortalidad (*q*) por categoría y año se presentan en la Figura 1.8. El riesgo de muerte entre las diversas categorías varió entre años. Para el primer año, los Juveniles y A1, fueron las categorías con más altas tasas de mortalidad (posiblemente por extracción de individuos). En el segundo año, las tasas de mortalidad más altas correspondieron a las plántulas y juveniles.

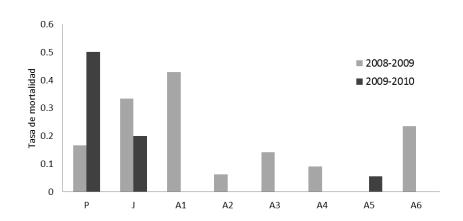


Figura 1.8. Tasas de mortalidad "q", por intervalo de tamaño y año, para A. ornatum de Santuario.

En la Tabla 1.8, se presentan las matrices de elasticidad (de Kroon et al., 1986) para los dos años de estudio. La permanencia es el proceso demográfico más importante, seguido por el crecimiento o transiciones y no se observaron regresiones. El proceso con menor importancia relativa es la reproducción o fecundidad (F). En cuanto a la importancia relativa de las categorías, en el primer año, A5 fue la más importante. Durante ese año, se presentó una alta mortalidad

en las otras categorías de adultos (A1, A3 y A6), algunos de los cuales desaparecieron, posiblemente por extracción. En el segundo año, la mortalidad de adultos fue menor, pero se incrementó la mortalidad de plántulas y en este periodo la categoría con mayor valor correspondió a adultos (A6).

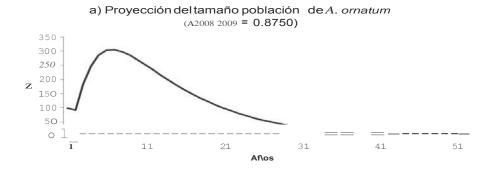
Tabla 1.8 Matrices de elasticidad e importancia de los procesos demográficos

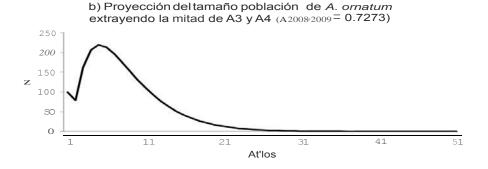
Matriz de	Elasticidad		2008-2009							Importancia Relativa	
	S	Р	J	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Procesos Demográficos	%
Semilla	0	0	0	9.1539E-16	3.278E-15	6.528E-15	1.419E-14	3.02873E-08	4.18963E-08		
Plántula	7.218E-08	4.4421E-08	0	0	0	0	0	0	0	Permanencia (P)	0.9999994
Juvenil	0	7.2184E-08	2.3099E-07	0	0	0	0	0	0	Crecimiento (C)	4.75E-07
A1	0	0	7.2184E-08	6.9296E-08	0	0	0	0	0	Fecundidad (F)	7.22E-08
A2	0	0	0	7.2184E-08	2.6467E-07	0	0	0	0	Total	1
A3	0	0	0	0	7.2184E-08	2.3099E-07	0	0	0		
A4	0	0	0	0	0	7.2184E-08	3.5537E-07	0	0		
A5	0	0	0	0	0	0	7.2184E-08	0.999997894	0		
A6	0	0	0	0	0	0	0	4.18963E-08	2.90493E-07		
Matriz de	Elasticidad		2009-2010							Importancia Relativa	
	S	Р	J	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Procesos Demográficos	%
Semilla	0	0	2.4167E-09	3.6704E-17	3.6386E-16	3.985E-16	1.9698E-15	1.25404E-15	1.46323E-08		
Plántula	1.705E-08	1.0229E-08	0	0	0	0	0	0	0	Permanencia (P)	0.9999999
Juvenil	0	1.7049E-08	6.8196E-08	0	0	0	0	0	0	Crecimiento (C)	1.05E-07
A1	0	0	1.4632E-08	2.9265E-08	0	0	0	0	0	Fecundidad (F)	1.46E-08
A2	0	0	0	1.4632E-08	3.902E-08	0	0	0	0	Total	1
A3	0	0	0	0	1.4632E-08	2.2994E-08	0	0	0		
A4	0	0	0	0	0	1.4632E-08	6.2187E-08	0	0		
A5	0	0	0	0	0	0	1.4632E-08	5.1213E-08	0		
A6	0	0	0	0	0	0	0	1.46323E-08	0.99999578		

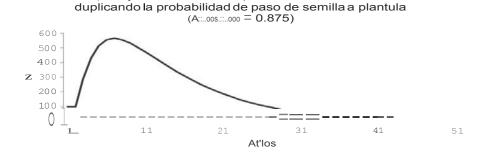
d) Simulaciones

En la Figura 1.9a y 1.9b, se presentan las proyecciones del tamaño poblacional a 50 años considerando los valores originales de las matrices anuales y luego, modificando algunas de sus entradas.

De acuerdo a esto, la población no podría mantenerse viable por mucho tiempo si las condiciones del primer año de estudio continuaran (pérdida de adultos). En el segundo año, en el cual la mortalidad de adultos disminuyó, la población permanece viable por tiempo indefinido. Además, puede notarse que la extracción de semillas, no tiene un impacto importante sobre los valores de lambda. Si existe interés no sólo de conservar a la población a mediano plazo, sino incrementar su número, sería necesario incrementar las probabilidades de paso de juveniles a adultos, las cuales actualmente son muy bajas (cercanas a cero) como puede verse en la matriz de transición (Tabla 1.6)







e) Proyección del tamaño población de A. ornatum

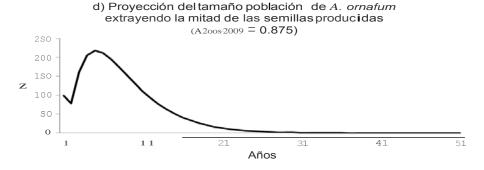


Figura 1.9a. Proyecciones del tamaño poblacional bajo diferentes condiciones, tomando como base los datos de la matriz 2008-2009.

Jiménez-Sierra y 1VBtias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

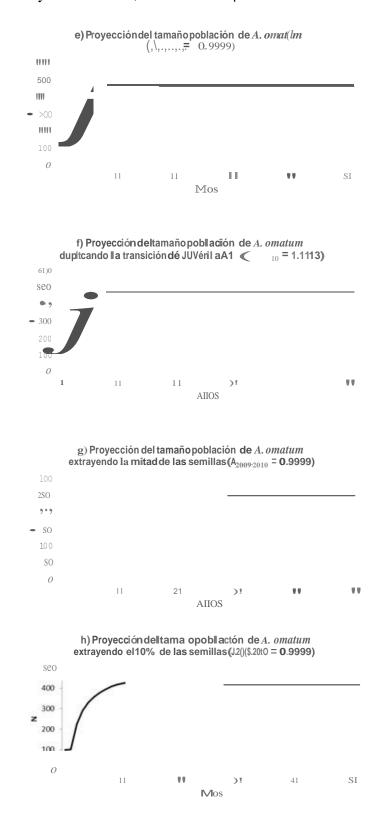


Figura 1.9b. Proyecciones del tamaño poblacional bajo diferentes condiciones, tomando como base los datos de la matriz 2009-2010 (baja mortalidad de adultos)

1.7.- Reproducción sexual

a) Fenología reproductiva

La floración de *A. ornatum* es muy sincrónica. Se cuenta con la información puntual de censos fenológicos durante los meses de marzo de tres años consecutivos (2007, 2008 y 2009). En estos censos se registró la presencia de botones, flores y frutos en los individuos (Figura 1.10a).

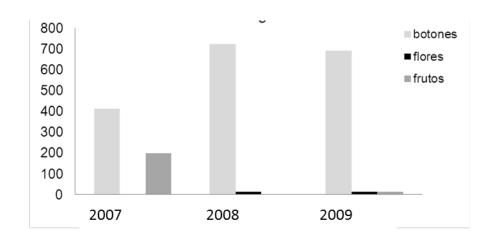


Figura 1.10a. Fenología *de A. ornatum* en la población Santuario (marzo 2007-2009).

De mayo de 2007 a abril de 2008, se realizaron censos mensuales, en 110 individuos. El 92% de los organismos de *A. ornatum* presentaron estructuras reproductoras. Se presentaron botones florales durante todo el año pero se observó un aumento en la producción de estos en el mes de marzo. La producción de flores comienza en noviembre y la máxima cantidad de ellas se observó de enero a abril. Se presentaron dos épocas con gran número de frutos, una en octubre y otra en mayo, siendo esta última la más intensa (Figura 1.10b). Los frutos persisten en la planta durante algunas semanas y sus semillas son generalmente removidas por hormigas.

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

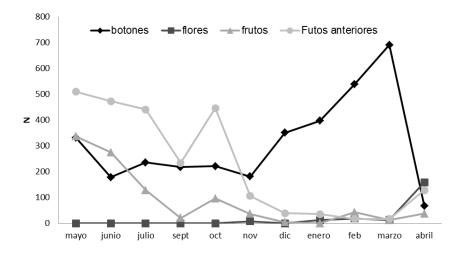


Figura 1.10b. Fenología reproductiva de *A. ornatum* en Santuario (N=110 individuos).

b) Florimetría

Se colectaron quince flores en antesis y se determinaron 13 variables morfométricas. Los parámetros tomados en cuenta para el análisis se encuentran señalados en la Figura 1.11 y en la Tabla 1.9 se presentan los resultados.

- 1.- Diametro del perianto
- 2.- Amplitud del tubo floral
- 3.- Altura de la flor
- 4.-Separacion estigma-anteras
- 5.- Longitud del estilo
- 6.- Longitud lóbulos del estilo
- 7.- Número de lóbulos del estigma
- 8.- Altura de la cámara nectarial
- 9.- Diámetro ecuatorial del ovario
- 10.- Diámetro polar del ovario
- 11.- Número de óvulos
- 12.- Número de estambres
- 13.- Número de granos de polen

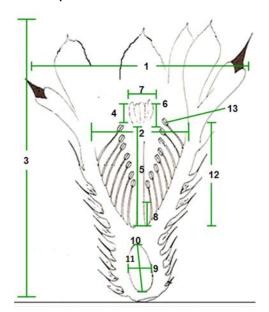


Figura 1.11 Esquema de la flor de *A. ornatum* y parámetros estudiados (Modificado de Bravo Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

Tabla 1.9. Morfometría floral de *A. ornatum*

Variables	Promedio		D. E.
Altura de la flor	66.35	±	6.73
Ancho de la flor	24.93	±	3.325
Diámetro del Perianto	33.45	±	10.61
Longitud de anteras	25.81	±	3.94
Longitud del estilo	132.39	±	4.43
Longitud de los lóbulos del estigma	7.66	±	1.21
Número de lóbulos del estigma	7	±	1.59
Distancia entre anteras y estigma	-1.13	±	1.58
Diámetro polar de la cámara nectarial	2.42	±	0.61
Diámetro ecuatorial de la cámara nectarial	2.7	±	0.88
Diámetro polar de la cámara ovárica	7.65	±	1.6
Diámetro ecuatorial de la cámara ovárica	18.21	±	65.85
Número de óvulos	115	±	31
Número de estambres	660	±	128
Número de granos de polen por antera	306	±	67
Relación polen/óvulo	<u>1756:1</u>	<u>-</u>	<u>-</u>

c) Marcha floral

En abril de 2011 se hizo el seguimiento de 20 flores en antesis. Las flores son diurnas, abren a las 11:30 hrs y empiezan a cerrar a las 16hrs. La máxima apertura del perianto se presentó de las 13:30 hrs a las 16:00 hrs, lo cual coincide con el incremento en temperatura ambiental 38°C. La máxima apertura de los lóbulos del estigma se alcanza desde las 11:30 y es simultánea con el desprendimiento del polen (Figura 1.12). No se tuvo éxito en la colecta de néctar y durante el muestreo se observaron abejas y avispas solitarias pequeñas (*Perdita* spp) visitando las flores. Las flores solamente abrieron durante un día.

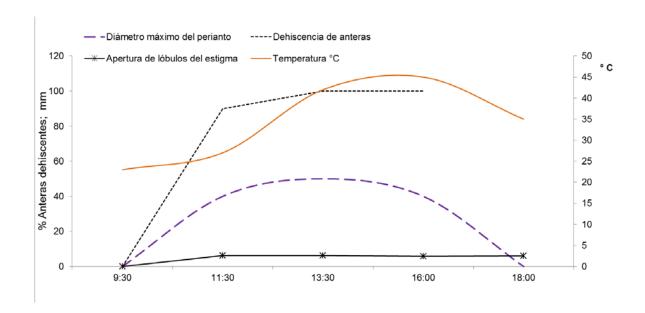


Figura 1.12. Marcha floral de *A. ornatum* (Santuario) abril 2011, donde puede apreciarse que la dehiscencia de las anteras coincide con la apertura de los lóbulos del estigma.

d) Sistema de cruza

Para determinar el sistema de cruza de *A. ornatum*, se realizaron experimentos de polinización controlada. Los tratamientos contaron con 20 repeticiones y fueron: control, entrecruza artificial, autocruza artificial, autocruza manual, geitonogamia (polinización entre flores de la misma planta) y apomixis (aislamiento del pistilo). Sólo se obtuvieron frutos, en los tratamientos control y en los de entrecruza artificial. El fruit set obtenido en las flores control fue un poco más bajo que en la entrecruza artificial (55 vs 75%), sin embargo, esta diferencia no fue significativa. El número de semillas/fruto fue un poco menor en el control que la entrecruza artificial pero la diferencia no fue significativa. Estos resultados indican que la especie requiere de polinización cruzada (Tabla 1.10).

Tabla 1.10. Resultados de los experimentos de polinización

		Frutos			
Tratamiento	N	obtenidos	Fruit set	semillas/fruto	seed set
Control	20	11	0.55	36±3	0.31
Entrecruza artificial	20	15	0.75	41±8	0.36
Autocruza artificial	20	0	0	0	0
Autocruza natural	20	0	0	0	0
Geitonogamia	20	0	0	0	0
Apomixis	20	0	0	0	0

e) Sistema de apareamiento

El sistema de apareamiento (mating system) se determinó a través del índice de Cruden (OCI) y de la proporción por flor de polen:óvulo (Cruden 1977; Cruden y Millar-Ward, 1981). En la Tabla 1.11, se presentan los valores de estos parámetros. Los datos señalan que la especie es **xenógama facultativa**, lo que concuerda con el sistema de entrecruza, encontrado a través de los experimentos de polinización.

Tabla 1.11. Sistema de apareamiento (mating system) de *A. ornatum*

Parámetro	Evaluación	Valor asignado
Diámetro del perianto	3.45 cm	3
Hercogamia (separación espacial)	Ausente	0
Dicogamia (separación en el tiempo)	Homogamia	0
OCI	Xenógama facultativa	3

En lo que se refiere a la proporción polen:óvulo, ésta es de 1,756:1, lo que corresponde a un valor intermedio entre el sistema xenógamo facultativo, y el xenógamo obligado. Sin embargo, los experimentos de polinización señalan la necesidad de entrecruza, por lo que la especie quizás se comporta más como xenógama obligada que facultativa.

f) Germinación

Se colectaron frutos de *A. ornatum* en junio de 2009 y las semillas se extrajeron de los frutos siete meses después. Estas fueron almacenadas a temperatura ambiente en bolsas de papel estraza hasta que fueron puestas a germinar. Para la siembra, las semillas fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito al 10% y se sembraron en cajas Petri con agar al 10 %. Se colocaron 30 semillas por caja y se realizaron seis repeticiones. Las cajas fueron mantenidas en una cámara de germinación a 25°C y fotoperiodo de 12 hrs de luz/obscuridad. La germinación comenzó al tercer día de la siembra y terminó a los 12 días. El tiempo medio de germinación (T₅₀) fue de 4.43 días y el porcentaje acumulado de germinación fue de 40% (Figura 1.13).

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

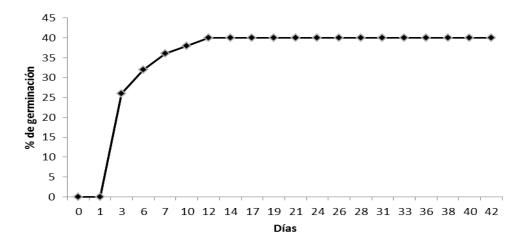


Figura 1.13. Curva de germinación acumulada de *A. ornatum*.

1.9. Bibliografía

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber press. Portland, Oregon.
 776 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 404 p.
- Britton N.L. & J.N. Rose. 1963. The cactaceae descriptions and illustrations of plantas of the cactus family. Vol. III al IV. Dover publications, Inc. New York. 318 pp.
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses:
 Their roles in conservation biology. Ecology 81:619-627.
- Caswell, H., 2001. Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, Sinauer, Sunderland, MA, USA.
- CITES, 2013. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 12 de junio de 2013.
 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Maison internationale de l'environnement. Ginebra, Suiza. 47 pp. Disponible en:
 - http://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdfhttp://www.cites.org/eng/app/E-1104277.pdf
- Cruden, R.W., 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31: 32-46.
- Cruden R.W. y S. Millar-Ward. 1981. Pollen-ovule ratio, pollen size, and the ratio of stigmatic area to the pollen bearing area of the pollinator: An hypothesis. Evolution 35 (5), 964-974.
- de Kroon, H., A. Plaisier, J. van Groenendael y H. Caswell. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. Ecology 67: 1427-1431.

- Guzmán, U., S. Arias M. y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 p.
- Ludwing, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley, Nueva York, 325pp.
- Matias-Palafox, Ma. L. 2007. Estructura poblacional y biología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha (Cactaceae). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- Sánchez, E. 2006. Ficha técnica de Astrophytum ornatum. Apuntes técnicos para el conocimiento de la situación de conservación de especies de la familia Cactaceae en el estado de Querétaro. Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío" Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCyTEQ). Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. CK016. México. D.F.
- Sánchez, E., Guadalupe Martínez, J. & Bárcenas Luna, R. 2013.
 Astrophytum ornatum. In: The IUCN Red List of Threatened Species.
 Version 2014.2. Disponible en: http://www.iucnredlist.org/details/151912/0. Consultada el 8 de agosto de 2014
- SEMARNAT, 2002. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002.
- SEMARNAT, 2010. NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación Segunda Edición 30 de diciembre de 2010.
- Scheinvar L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 392 pp.

Referencias de los registros de la especie

- Anderson E. F. 2001. The cactus family. Timber press. USA. 776 pp. Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada H. 1991. Las cactáceas de México. Vol. II. México. 404 pp.
- Britton N.L. & J.N. Rose. 1963. The cactaceae descriptions and illustrations of plantas of the cactus family. Vol. III al IV. Dover publications, Inc. New York. 318 pp.
- Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas.
 Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el
 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 315 pp.
- Sánchez E. 2006. Ficha técnica de Astrophytum ornatum. Apuntes técnicos para el conocimiento de la situación de conservación de especies de la familia Cactaceae en el estado de Querétaro. Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro-(CONCyTEQ). Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. CK016. México. 12 pp.
- Sánchez, E., Guadalupe Martínez, J. & Bárcenas Luna, R. 2013.
 Astrophytum ornatum. In: The IUCN Red List of Threatened Species.
 Version 2014.2. Disponible en: http://www.iucnredlist.org/details/151912/0. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Scheinvar L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 392 pp.

1.10.- Créditos

Colaboradores en el estudio de Astrophytum ornatum

Autor Jiménez-Sierra, Cecilia Leonor

Autor abreviado Jiménez-Sierra, C.L.

Coautor Matias-Palafox, Ma. L.

Correo electrónico ceci@xanum.uam.mx

Institución Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad

Iztapalapa

Responsable del proyecto Jiménez-Sierra, C. L.

Número de referencia HK026

Título Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas

Año de término 2014

Mapa Jiménez-Sierra, C.L.

Matias-Palafox, M.L.

Fotografías Vázquez-Díaz, E.

Hidalgo-Rosas, Y. (Revisión de ejemplares)

Morón-Vázquez, M. A. (Revisión de ejemplares)

Otros colaboradores Arroyo-Pérez, E. (Análisis de datos)

Brito Castrejón K.D. (Redacción)

Camacho Santa Cruz, L. (Trabajo de campo)

Castro Rodríguez, T.I. (Trabajo de campo)

García-Manjarrez, J. (Demografía)

Reves-Martínez, J. (Germinación)

Vázquez-Díaz, E. (Captura de datos)

2.- Cephalocereus senilis Haw. Pfeiff.

2.1.- Información taxonómica y descripción de la especie a) Taxonomía y sinonimias

Cephalocereus senilis Haw. Pfeiff. 1838.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: Cephalocereus

AutorAnioGenero: Pfeiff. 1838 (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978).

Especie: senilis

AutorAnioEspecie: Haw. Pfeiff. 1838 (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada,

1978).

-Nombre científico: *Cephalocereus senilis* Haw. Pfeiff.

-Sinonimias: Cactus senilis Haw. 1824; Cactus bradypus Lehm. 1826; Cereus senilis DC. 1828; Cephalocereus senilis Lem. 1839; Echinocactus senilis Beaton 1839; Echinocactus staplesiae Tate 1840; (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978). Cactus senilis Haw. 1824; Cereus senilis Haw. 1828; Pilocereus senilis Haw. 1839 (Anderson, 2001). Cactus senilis Haw. 1824; Cereus senilis Haw. 1828; Cephalophorus senilis Haw. Lem. 1838; Pilocereus senilis Haw. Lem. 1839 (Guzmán et al., 2003). Cactus senilis Haw. 1824; Cactus bradypus Lehm. 1826; Cereus senilis DC. 1828; Cephalophorus senilis Lem. 1839; Pilocereus senilis Lem. 1839; Echinocactus senilis Beaton 1839; Echinocactus staplesiae Tate 1840 (Britton and Rose, 1963).

b) Nombres Comunes

Viejo, bunny cactus, old man cactus, old man of México, white persian cat cactus, viejito y órgano viejo real (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Anderson, 2001; SEMARNAT, 2010).

c) Descripción de Cephalocereus senilis

Plantas de 6 a 10 y aun 15 m de altura, columnares, simples o rara vez con algunas ramificaciones, al principio color verde claro, después grisáceo (Figura 2.1a). Costillas numerosas, 12 a 15 al principio, después 30 o más, poco prominentes, redondeadas, surcos angostos. Aréolas próximas, grandes, circulares, ligeramente prominentes, provistas cuando jóvenes de 20 a 30 cerdas blancas, de 12 a 30 cm de largo o más, que en las plantas viejas casi desaparecen. Espinas 1 a 5, amarillas, en las aréolas jóvenes e 1 a 2 cm de largo y en las viejas como de 5 cm. Cefalio semi-periférico y lateral, en el ápice de los tallos, con abundante lana color beige claro y espinas setosas de 4 a 6 cm de largo. Flores nocturnas, de 5 a 9 cm de largo y como 6 cm de ancho, parcialmente ocultas en el cefalio, de color rosa claro (Figura 2.1b); podarios del pericarpelo algo numerosos, con escamas muy pequeñas que llevan algo de pelos cortos; segmentos del perianto cortos y algo carnosos, color rosa; ovario amplio con óvulos numerosos insertos en funículos ramificados; cavidad nectarial amplia, cerrada parcialmente por la curvatura de la base de los estambres primarios: estilo grueso; lóbulos del estigma corto. Fruto ovoide, de 3 cm de largo y 2 a 2.5 cm de ancho, provisto de escamas distantes, diminutas, que llevan algo de lana, color rosa claro cuando frescos, después, ya seco, adquiere una coloración moreno obscura, está capitado por las base seca del perianto seco. Semillas muy numerosas, en forma de gorro-casco, de 2.5 mm de largo y 2 mm de ancho, testa negra, brillante son ornamentación celular y con puntuaciones (Britton & Rose, 1963; Bravo-Hollis v Sánchez-Mejorada, 1978; Anderson, 2001).



Figura 2.1a. *Cephalocereus senilis* en su hábitat natural en Rancho Alegre, Metztitlán (Hgo.) (Foto: M.L. Matias-Palafox).



Figura 2.1b. Individuo de *C. senilis* con flores en Rancho Alegre Metztitlán Hidalgo (Foto: M.L. Matias-Palafox).

d) Estatus de conservación

- C. senilis se encuentra incluida en:
- 1) El **Apéndice II de CITES**, al igual que todas las especies de la familia Cactaceae (CITES, 2012). En este Apéndice figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio.
- 2) La NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002) y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) como Especie Amenazada (A) (Tabla 2.1).
- 3) La Especie se encuentra señalada como Especie en Peligro (EN), (Endangered B1ab(iii,v)), en la **Lista Roja de la IUCN**. En esta categoría se incluyen a especies conformadas con poblaciones con bajo intercambio genético o fragmentadas (a) y en continuo decremento (b) tomando en cuenta su área (iii) y el número de individuos adultos presentes (v) (Gómez-Hinostrosa, 2013; Martínez, et al., 2013).

Tabla 2.1. Estatus de conservación de C. senilis

Instancia	Categoría/Apéndice	Referencia	consultado
CITES	II	CITES, 2013	26/06/2014
NOM-059-SEMARNAT-2001	A (Amenazada)	SEMARNAT, 2002.	26/03/2012
NOM-059-SEMARNAT-2010	A (Amenazada)	SEMARNAT, 2010.	26/03/2012
UICN	En Peligro (Endangered	Gómez-Hinostrosa (2013)	27/06/2014
	B1ab(iii,v))		

2.2.- Distribución geográfica: Histórica y actual

C. senilis es una especie endémica de México, reportada en los estados de Hidalgo y Veracruz (Guzmán *et al.*, 2003). Tomando en cuenta los datos de las localidades georreferenciadas, bibliográficas y de herbario (Figura 2.2) así como las visitas a estos sitios se elaboró con ayuda del programa Arc View (Versión 9.3) el mapa de la distribución histórica y actual de la especie (Figura 2.3).

Se obtuvieron 34 registros para la especie, de los cuales solo 9 cuentan con geo-referencias (2 de colectas y 7 son nuevos registros).



Figura 2.2 Ejemplares de *C. senilis* en el herbario MEXU (Foto: M.A. Morón-Vázquez).

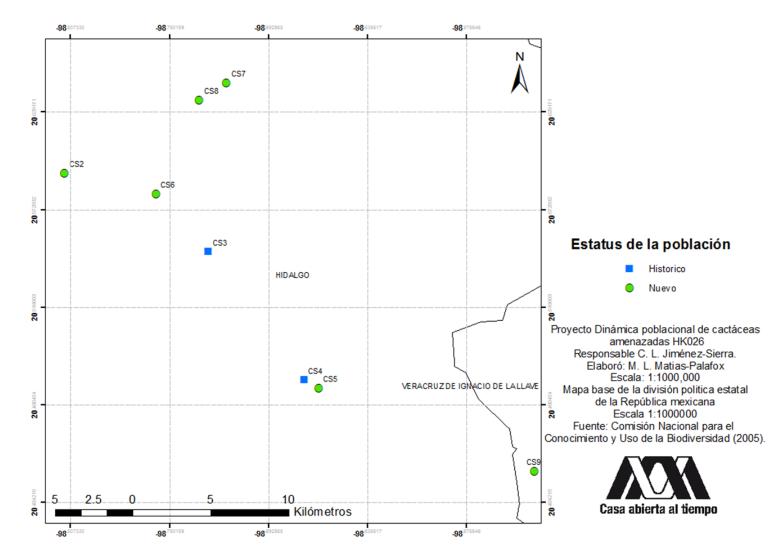


Figura 2.3. Mapa de distribución histórica y actual de Cephalocereus senilis

C. senilis presenta un rango de distribución altitudinal de 1,000 msnm en la Barranca de Metztitlán (Hgo.) hasta 2,730 en Huayacocotla (Ver.). Las localidades limítrofes de la amplitud de distribución geográfica de la especie se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Localidades limítrofes de la distribución geográfica de C. senilis.

	Latitud	Longitud	Localidad	Estado
Norte	20°39′01.82″	-99°00′09.7"	Tolantongo balneario	Hidalgo
Sur	20°25′18.5″	-98°32′22.9″	Huayacocotla	Veracruz
Este	-98°32′22.9″	-98°32′22.9″	Tolantongo balneario	Hidalgo
Oeste	20°25′18.5″	-98°32′22.9″	Huayacocotla	Veracruz

2.3.- Características ambientales

a) Clima

La distribución de las nueve localidades georreferenciadas, por tipo de clima es el siguiente: El 33.33% se presenta en clima BSohw, Árido semicálido con Iluvias en verano e invierno; el 33.33% en clima C(w1), Templado subhúmedo con Iluvias en verano e invierno; el 22.22% en clima BSokw, Árido templado con Iluvias en verano e invierno y el 11.11% en clima Cb'(w2), Semifrío subhúmedo con Iluvias en verano.

b) Vegetación

La distribución de las nueve localidades georreferenciadas por tipo de vegetación es: El 33.33% se encuentran en vegetación de agricultura de riego anual; el 22.22% en matorral desértico rosetófilo; 11.11% en vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule; 11.11% en agricultura de temporal anual y permanente; 11.11% en matorral submontano y el 11.11% en agricultura de temporal anual.

c) Suelo

La distribución de las nueve localidades georreferenciadas por tipo de suelo es: el 33.33% en suelo Je, Fluvisol eutrico; 33.33% en Rc, Regosol calcarico; 11.11% en I, Litosol; 11.11% en E, Rendzina y el 11.11% en Be, Cambisol eutrico.

d) Características edafológicas

En la Tabla 2.3, se presentan las características físico-químicas del suelo de dos sitios donde se encuentran poblaciones de *C. senilis*. Los suelos son de textura arcillosa con gran cantidad de calcio.

Tabla 2.3.- Características físicas y químicas del suelo de dos localidades donde se encuentra *C. senilis* en la barranca de Metztitlán, Hidalgo.

Localidad	Tesisco	Rancho Alegre			
Estado	Hidalgo	Hidalgo			
Municipio	Metztitlán	Metztitlán			
Longitud W	-98°48´44"	-98°39′50.9"			
Latitud N	20°39′55.9"	20°28′10.8"			
Altitud msnm	1295	1391			
Vegetación	Matorral Xerófilo	Matorral Xerófilo			
Características Físicas			Promedio	DE	±ΕΕ
Color de Suelo seco	5Y 5/3 Color olivo	5Y 5/3 Olivo grisáceo			
Densidad relativa (tm ⁻³)	1.17	1.09	1.13	0.06	0.06
Textura	Franco Arcilloso Arenoso	Arcilla			
Arena %	48.2	18.2	33.2	21.21	21.21
Limo %	26	28	27	1.41	1.41
Arcilla %	25.8	53.8	39.8	19.80	19.80
pH	8.34	8.73	8.535	0.28	0.28
Características Químicas					
Materia Orgánica (%)	5.38	3.23	4.305	1.52	1.52
Nt (mgKg ⁻¹)	0.27	0.16	0.215	80.0	80.0
P (mgKg-1)	4.34	9.77	7.055	3.84	3.84
K (mgKg-1)	320	190	255	91.92	91.92
Ca (mgKg-1)	6870	5860	6365	714.18	714.18
Mg (mgKg-1)	351	285	318	46.67	46.67
Na (mgKg-1)	92	64	78	19.80	19.80

2.4.- Estado actual de las poblaciones

a) Densidades poblacionales y extensión de las localidades

Las extensiones de cubierta vegetal de las comunidades en donde se encuentra *C. senilis* (Cardonales) van desde parches pequeños (0.5 ha en Zoquizoquipan 1 y 2), hasta extensiones más o menos grandes (50 ha en Tolantongo). Sin embargo, dominan las localidades con extensiones < 2.5 ha.

Las densidades observadas presentan grandes variaciones, que van desde tres individuos por ha (San Juan Camino a Metnoztla (Hgo.), hasta 1,183 ind/ha (Rancho Alegre, Metztitlán (Hgo.). La alta densidad de *C. senilis* en esta zona, ha hecho que el "viejito" se convierta en la especie emblemática de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Sin embargo, en la mayoría de las localidades las densidades encontradas son < 50 ind/ha.

b) Factores de disturbio

Las dos localidades georreferenciadas anteriormente a este estudio (La Colmena y Acalome) aún persisten. De los nueve sitios en total con geo-referencias, en tres de ellos se observaron factores de disturbio: a) en Tolantongo por la construcción de caminos y la presencia del balneario; b) en Acolome por la presencia del poblado del mismo nombre y c) en La Colmena se observó erosión natural debido a la fuerte pendiente de la ladera.

2.5.- Demografía de Cephalocereus senilis

a) Población estudiada

Los estudios de demografía, dinámica poblacional y biología reproductiva se realizaron en la localidad denominada "Rancho Alegre" (Metztitlán, Hgo.). Se escogió esta localidad, debido a que en ella se encuentra la más alta densidad de "viejitos" hasta ahora reportada. (Figura 2.4). La población se ubica en las coordenadas 98°39′50.9″W; 20°28′10.8″N y a 1391 msnm, en una ladera con orientación Noreste y pendiente de 60°.



Figura 2.4. Localidad "Rancho Alegre" en la Barranca de Metztitlán (Hgo.) (Foto: C. Jiménez).

b) Densidad poblacional y distribución intrapoblacional

En 2007 se estableció una parcela permanente de observación de 600m². Tomando en cuenta el número de individuos encontrados en 2007, la densidad poblacional es de 1,367 ind/ha.

La distribución intrapoblacional según el índice de distribución espacial, ID (Ludwing & Reynolds, 1988) = 1.46 (T= 10.61; p<0.05) indica una distribución intrapoblacional **agregada.**

c) Estructura poblacional

La estructura poblacional tomando como base las "longitudes totales de los individuos", (o sea la suma de las longitudes de las ramas que conforman a cada individuo) se presenta en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Categorías de tamaño de *C. senilis* con base en las longitudes acumuladas de las ramas que conforman a cada individuo y número de individuos por categoría y año.

			%		
Categoría	Longitud en cm	2007 (N=82)	2008 (N=81)	2009 (N=71)	2012 (N=63)
P (Plántula)	1-10	15.9	22.2	9.9	7.9
J (Juvenil)	11-100	8.5	2.5	4.2	1.6
A1 (Adulto 1)	101-500	12.2	8.6	8.5	6.3
A2 (Adulto 2)	501-1000	15.9	18.5	19.7	15.9
A3 (Adulto 3)	1001-2000	23.2	22.2	28.2	38.1
A4 (Adulto 4)	2001-3000	14.6	14.8	16.9	19.0
A5 (Adulto 5)	<3001	9.8	11.1	12.7	11.1
	Total	100	100	100	100

La distribución de tamaños de la población es bimodal. Esta distribución se mantuvo más o menos constante a través del tiempo a pesar de la alta mortalidad registrada en el periodo 2009-2012. El porcentaje más alto de individuos se encuentra en la categoría A3, seguido por las plántulas (P) (Figura 2.5a y 2.5b).

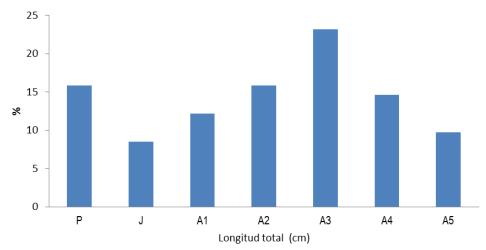


Figura 2.5a. Estructura poblacional de *C. senilis* (2007; N=82).

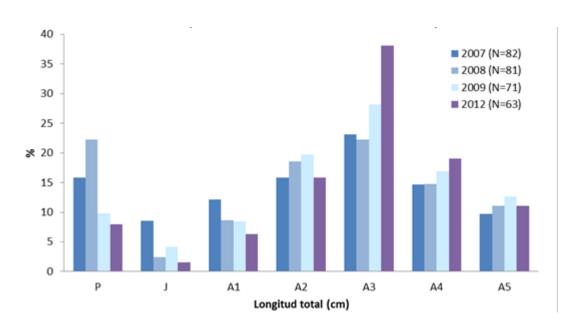


Figura 2.5b. Estructura poblacional de *C. senilis* a través del tiempo.

Los individuos presentaron desde una rama hasta 17 y la distribución de individuos en relación a su ramificación se presenta en la Figura 2.5c.

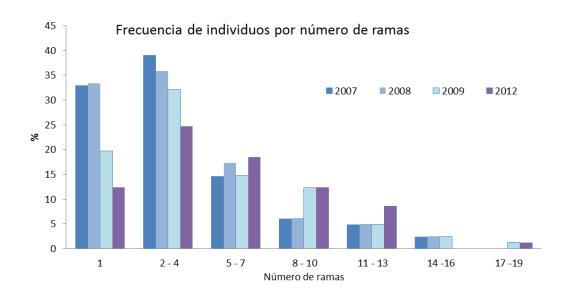


Figura 2.5c.Frecuencia de individuos de *C. senilis* por número de ramas.

2.6.- Dinámica poblacional

a) Ciclo de vida

Se realizaron cuatro censos de la población de *C.* senilis (2007, 2008 y 2009 y 2012). En cada censo se registraron para cada individuo: la altura máxima, el número de ramas y su longitud y diámetro, así como el número de estructuras reproductivas. La categorización de los individuos se hizo con base a las longitudes totales o sea la suma de las longitudes de todas sus ramas (Tabla 2.4). Con base en la estructura poblacional y los datos de los censos se obtuvo el diagrama del ciclo de vida (Figura 2.6).

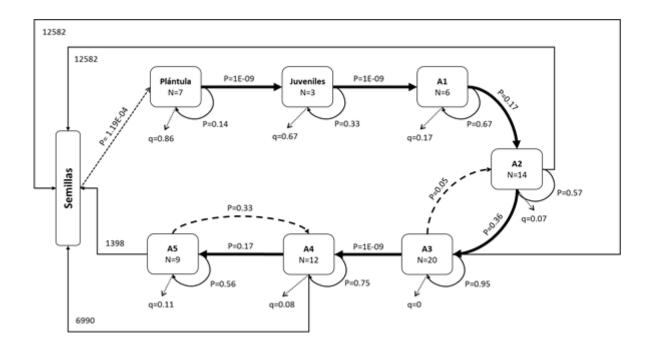


Figura 2.6. Diagrama del ciclo de vida de C. senilis (2009-2012). Los rectángulos representan las categorías (N=número de individuos). Las flechas que regresan a la misma casilla representan las probabilidades de permanencia o estasis (P); las flechas hacia categorías superiores representan las probabilidades de crecimiento o transición (C); las flechas hacia categorías menores representan las regresiones (R); q = probabilidad de muerte. La fecundidad (F) está representada por la producción de semillas por categoría.

b) Edades estimadas

Las edades estimadas para los individuos por intervalo de tamaño, se calcularon a partir de los incrementos en longitud registrados al año por categoría (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Edades estimada para *C. senilis* por intervalo de tamaño.

	Longitud		N de ramas	Incremento	Tiempo para	Tiempo acumulado
Categoria	total (cm)	N	promedio	promedio/año (cm)	transitar (años)	años
Р	1.5 - 10	10	1	2.07	4.83	4.8
J	10 - 100	4	1	2.125	42.35	47.2
A1	100.1 - 500	19	1.75 (1-4)	50.85	7.87	55.1
A2	500.1 - 1000	39	3.375 (1-8)	51.73	9.67	64.7
A3	1000.1 - 2000	51	4.26 (3-10)	80.43	12.43	145.1
A4	2000.1 a 3000	32	7.03 (4-12)	101.20	9.88	246.3
A5	3000.1 a 5000	19	10.6 (5 -17)	109.63	18.24	

La especie es de muy lento crecimiento y es probable que sea una de las especies más longevas dentro de la familia Cactaceae. Una situación que merece ser resaltada es el tiempo que los individuos tardan en sobrepasar el primer metro de altura, el cual es casi de 50 años, lo cual hace evidente la vulnerabilidad de los individuos en las primeras etapas de su ciclo de vida.

c) Dinámica poblacional

Con la información recabada en los cuatro censos y las observaciones fenológicas, se construyeron las matrices de transición de Lefkovitch (Caswell, 2000; 2001), correspondientes a tres periodos: 2007-2008; 2008-2009 y 2009-2012) (Tabla 2.6).

Tabla 2.6. Matrices de transición de Lefkovitch para la población de *C. senilis* en Rancho Alegre (Metztitlán, Hgo.). Categorias:S= Semilla; P= Plántula; J=Juvenil; A= Adulto.

a) 2007-	2008	S Lambda (λ) = 0.9999±1.4E-05							Estructura de tan	naños	Diferencia	Valor reproductivo	
N=82	S	Р	J	A 1	A2	A3	A4	A5	Esperada (w)	Observada	X ²	significativa	(v)
S	0	0	0	0	8388	19572	29358	46134					1.143E-22
P	0.0	0.4	0	0	0	0	0	0	74.130	13	50.41019973	P<0.001	9.098E-19
J	0	0.0	0.2857	0	0	0	0	0	1.04E-07	7	472140750.7	P<0.001	5.599E-10
A1	0	0	1E-09	0.7	0	0	0	0	3.46E-16	10	2.89066E+17	P<0.001	0.3999
A2	0	0	0	0.2	1	0	0	0	7.34E-04	13	230153.4595	P<0.001	0.5999
A3	0	0	0	0	1E-09	0.9	0	0	1.39E-11	19	2.58782E+13	P<0.001	5.68E-05
A4	0	0	0	0	0	0.1	0.9	0	8.81E-12	12	1.63441E+13	P<0.001	5.68E-05
A5	0	0	0	0	0	0	0.1	1	7.869	8	0.002186501		5.68E-05

b) 2008-2009 Lambda (λ)= 0.9999±2.8E-05									Estructura de	Diferencia	Valor reproductivo		
N=81	s	Р	J	A 1	A2	A3	A4	A5	Esperada (w)	Observada	X ²	significativa	(v)
s	0	0	0	0	13980	30756	11184	4194					5.20E-15
Р	7E-05	0.2	0	0	0	0	0	0	38.468	18	10.89	P<0.005	7.82E-11
J	0	0.1	0.5	0	0	0	0	0	8.549	2	5.02	P<0.03	5.86E-10
A 1	0	0	1E-09	0.7	0.1	0	0	0	4.49E-08	7	1.09E+09	P<0.001	0.2932
A2	0	0	0	0.3	8.0	0	0	0	6.41E-08	15	3.51E+09	P<0.001	0.2932
A3	0	0	0	0	0.1	1	0	0	9.81E+00	18	6.84	P<0.01	0.2932
A4	0	0	0	0	0	1E-09	1	0	11.257	12	0.05		0.0955
A5	0	0	0	0	0	0	1E-09	1	12.917	9	1.19		0.0250

c) 2009	c) 2009 - 2012 Lambda(λ)= 0.9924 ±0.1218								Estructura de ta	amaños		Diferencia	Valor reproductivo
N=71	S	J	Р	A1	A2	A3	A4	A5	Esperada (w)	Observada	X ²	Significativa	(v)
S	0	0	0	0	12582	12582	6990	1398					4.08E-23
Р	1E-04	0.1	0	0	0	0	0	0	45.452	7	32.53031149	P > 0.001	3.40E-19
J	0	1E-09	0.3	0	0	0	0	0	6.90E-08	3	130505162.4	P > 0.001	2.89E-10
A1	0	0	1E-09	0.7	0	0	0	0	2.12E-16	6	1.70048E+17	P > 0.001	0.1902
A2	0	0	0	0.2	0.6	0.1	0	0	2.71E+00	14	46.97978933	P > 0.001	0.3717
A3	0	0	0	0	0.4	0.9	0	0	2.28E+01	20	0.352109819		0.4381
A4	0	0	0	0	0	1E-09	8.0	0.3	1.98E-07	12	726743950.1	P > 0.001	2.6E-18
A5	0	0	0	0	0	0	0.2	0.6	7.56E-08	9	1071517061	P > 0.001	2.1E-18

Existen diferencias significativas entre las estructuras estables de tamaños (w) y la observada para los tres periodos estudiados (Tabla 2.6). Los valores reproductivos (v) más grandes corresponden a las categorías A1 y A2 en los primeros dos años y A3 en el tercer periodo evaluado. Las lambdas obtenidas para los tres intervalos de tiempo no difieren de la unidad (Tabla 2.6 y 2.7), aunque en la población se registró una pérdida constante de individuos (N inicial: 2007 = 82; 2008 = 81; 2009 = 71 y 2012 = 62).

Tabla 2.7 Valores de lambda (λ) de C. senilis

-		
Periodo	Lambda (λ)	Intervalo de confianza
2007-2008	0.9999	±1.4E-05
2008-2009	0.9999	±2.8E-05
2009-2012	0.9924	±0.1218

Las tasas de mortalidad por categoría y año se presenta en la Figura 2.7, donde puede observarse que el riesgo de muerte es alto en las primeras categorías: Plántulas (P) y Juveniles (J). En el último periodo de observación (2009-2012), se presentaron también mortalidades en A2, A4 y A5. La mortalidad parece ser favorecida por desprendimiento de plantas ya que el sustrato está constituido por rocas sueltas y la ladera presenta una fuerte pendiente.

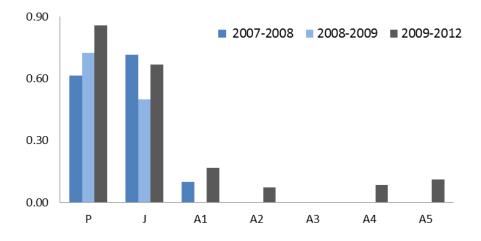


Figura 2.7. Tasas de mortalidad "q", por intervalo de tamaño y año en la población de *C. senilis*.

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

En la Tabla 2.8 se presentan las matrices de elasticidad (de Kroon et al., 1986) por periodo de observación. La permanencia (P) es el proceso más importante. El crecimiento (C), las regresiones (R) y la fecundidad (F) son de importancia relativa mucho menor. Los valores más altos de permanencia corresponde a los adultos, pero la importancia de las distintas categorías de adulto varió en los años de observación: Para el primer año los valores más altos correspondieron a los A2 y A5; Para el segundo año, a A3 y A4 y para el intervalo 2009-2012, el mayor valor correspondió a A3. Estas variaciones pueden estar relacionadas con las variaciones en las tasas de mortalidad (Figura 2.7).

Tabla 2.8. Matrices de elasticidad y resumen de la importancia relativa de los procesos demográficos por intervalo de observación para *C. senilis*.

a) Matriz de	elasticidad 20	007-2008								
Categorías	S	Р	J	A1	A2	A3	A4	A5	Importancia relativa de los procesos demog	gráficos
S	0	0	0	0	7.937E-19	3.519E-26	3.333E-26	4.678E-14	Permanencia (P)	0.99996
P	4.678E-14	2.924E-14	0	0	0	0	0	0	Crecimiento (C)	3.28E-13
J	0	4.678E-14	1.871E-14	0	0	0	0	0	Fecundidad (F)	4.68E-14
A1	0	0	4.678E-14	1.092E-13	0	0	0	0		
A2	0	0	0	4.678E-14	0.4965	0	0	0		
A3	0	0	0	0	4.698E-14	8.457E-13	0	0		
A4	0	0	0	0	0	4.698E-14	5.168E-13	0		
A5	0	0	0	0	0	0	4.698E-14	0.5035	Total	1
b) Matriz de	-14:-:	2000 2000								
Categorías	elasticidad .	2008-2009 P	J	A1	A2	A3	A4	A5	Importancia relativa de los procesos democ	rráficos
S	0	. 0	0	0		3.672E-10	1.532E-10	6.593E-11	Demográficos	italiooo
P	5.864E-10	1.173E-10	0	0	0	0.0722 10	0	0	Permanencia (P)	0.999996
i J	0	5.864E-10	5.864E-10	0	0	0	0	0	Crecimiento (C)	3.510E-09
A1	0	0.0012 10	5.864E-10	2.199E-09	2.932E-10	0	0	0	Fecundidad (F)	5.864E-10
A2	0	0		8.795E-10	3.518E-09	0	0	0	Regresión	2.932E-10
A3	0	0	0	0	5.864E-10	0.67285	0	0	g. 2014	
A4	0	0	0	0	0.00.12 .0	2.192E-10	0.2514869	0		
A5	0	0	0	0	0		6.593E-11	0.07566	Total	1
c) Matriz de	e elasticidad	2009-2012								
Categorías		•	-		-			A5	Importancia relativa de los procesos demog	,
S	0	0	0	•	1.274E-19		5.17E-27	3.945E-28	,	.922341987
Р	1.2E-18	2.018E-19	0	•	-	0	-	0		0.03882901
J	0		6.069E-19	0	ŭ	0	-	0		1.1999E-18
A1	0	0		2.456E-18	0	0	-	0	Regresion (R)	3.8829E-02
A2	0	0	0			0.038829	0	0		
A3	0	0	0			0.8696375	0	0		
A4	0	0	0	-		5.344E-27				
A5	0	0	0	0	0	0	6.205E-27	7.891E-27	Total	1

d) Simulaciones

En la Figura 2.8, se presentan las proyecciones del tamaño poblacional a 100 años: a) Considerando los valores originales de la matriz 2009-2012, donde después de la primera década se observa una clara tendencia a la disminución del tamaño poblacional; b) Considerando un incremento en esa matriz si se incrementaran las probabilidades de paso de A2 a A3 en un 50%, se incrementaría de manera considerable el tamaño de la población y c) considerando las consecuencias de la pérdida de los A3, lo cual sin duda provocaría la desaparición de la población en menos de 40 años.

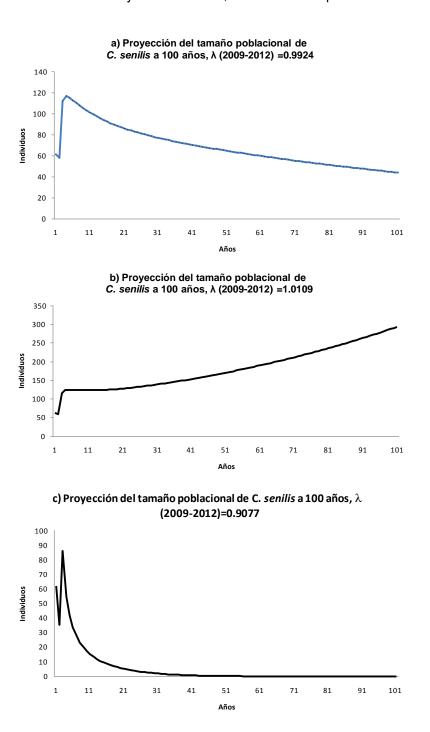


Figura 2.8. Proyecciones del tamaño poblacional de *C. senilis* a 100 años en Rancho Alegre (Metztitlán, Hgo.): a) Valores de la matriz original 2007-2008; b) Matriz 2008-2009 incrementando el paso de los A2 a A3; c) Matriz 2009-2012 eliminando A3.

2.7.- Reproducción sexual

a) Fenología reproductiva

El censo fenológico de *C. senilis* se realizó cada mes durante un año (enero 2007 a enero 2008). Los individuos presentaron botones durante el mes de mayo, y flores y frutos de mayo a julio. El pico de botones se encuentra en mayo, el de flores en julio y el de frutos en mayo (Figura 2.9).

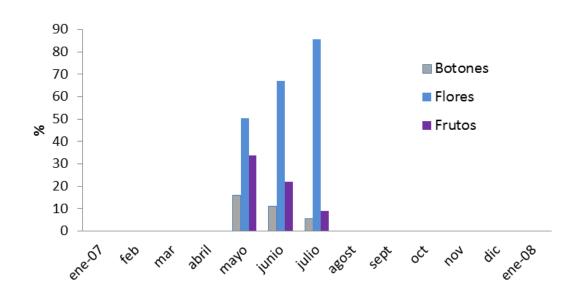


Figura 2.9. Fenología reproductiva de C. senilis en Rancho Alegre (Hgo.).

b) Florimetría

Las flores son de color blanco rosado o verde. Se colectaron siete flores de *C. senilis* de distintos individuos y se determinaron 14 variables morfométricas (Figura 2.10). Los datos obtenidos se encuentran en la Tabla 2.9.

- 1 Longitud total de la flor
- 2 Diámetro del perianto
- 3 Altura del estilo
- 4 Número de lóbulos del estigma
- 5 Longitud de los lóbulos del estigma
- 6 Distancia entre anteras y estigma
- 7 Número de estambres
- 8 Longitud media de los estambres (A, B y C)
- 9 Cobertura de los estambres
- 10 Altura de la cámara nectarial
- 11 Anchura de la cámara nectarial
- 12 Diámetro polar de la cámara ovárica
- 13 Diámetro ecuatorial de la cámara ovárica
- 14 Número de óvulos

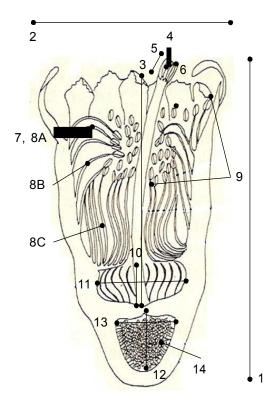


Figura 2.10. Diagrama de la flor de *Cephalocereus senilis* y parámetros morfométricos (modificado de Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978).

Tabla 2.9. Morfometria de las flores de Cephalocereus senilis (Rancho Alegre)

	1	2	3	4	5	6	7	8A	8B	8C	9	10	11	12	13	14	
Flor	Longitud	Diametro	Longitud	Número	Longitud	Separación	Número	Longitud	esta mbre	S	Cobertura	Altura	Ancho	Diámetro	Diámetro	Número de	Granos de
	de la flor	perianto	estilo	ló bulo s	lobulos	antera-estigma	e stambre s	Α	В	С	estambres	c. nectarial	c. nectarial	polar ovario	e cuatorial ovario	óvulo s	polen
	(mm)	(mm)	(mm)	estigma	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
1	81.29	79.53	55.01	15	4.51	3.6	607	13.25	17.85	18.38	37.6	10.31	17.79	18.44	13.85	1498	1032992.6
2	87.05	82.48	64.73	14	4.64	2.86	588	15.46	17.52	19.64	42.45	12.65	16.51	14.49	12.06	1852	1000658.4
3	79.81	64.75	57.03	10	4.53	3.37	576	16.38	18.24	21.51	40.2	12.65	11.14	15.54	7.66	2428	980236.8
4	87.01	60.87	64.89	14	4.88	2.88	625	15.38	19.11	22.38	40.26	13.63	17.59	12.41	14.79	1529	1063625
5	85.12	56.32	54.8	10	6.64	2.47	592	14.53	18.35	20.67	46.57	10.54	13.03	14.41	8.13	1750	1007465.6
6	76.04	67	50.26	15	3.24	3.81	640	13.85	17.10	22.80	37.62	9.37	15.63	16.36	12.55	1774	1089152
7	88.63	80.81	62.51	15	4.97	3.76	584	13.33	14.81	21.43	14.19	14.74	12.35	14.63	10.28	1592	993851.2
Promedio	83.56	70.25	58,46	13.29	4.77	3.25	601.71	14.60	17.57	20.97	36.98	11.98	14.86	15.18	11.33	1774.7	1023997.4
Min	76.04	56.32	50.26	10.00	3.24	2.47	576.00	13.25	14.81	18.38	14.19	9.37	11.14	12.41	7.66	1498.0	980236.8
Max	88.63	82.48	64.89	15.00	6.64	3.81	640.00	16.38	19.11	22.80	46.57	14.74	17.79	18.44	14.79	2428.0	1089152.0
Desvest	4.62	10.57	5.65	2.29	1.00	0.52	23.43	1.19	1.38	1.55	10.51	1.95	2.67	1.88	2.74	317.2	39871.0
EE	1.89	4.31	2.31	0.93	0.41	0.21	9.56	0.49	0.56	0.63	4.29	0.80	1.09	0.77	1.12	129.5	16277.3

c) Marcha Floral

El registro del comportamiento floral se realizó en mayo de 2007, mediante la observación de 15 flores en antesis de cinco individuos diferentes durante dos noches consecutivas. Se registraron el diámetro del perianto, la apertura de los lóbulos del estigma, la orientación de los estambres, la producción de néctar. La antesis comenzó a las 21:00 hrs. La apertura máxima del perianto se presentó a las 3:00 hrs. Los estambres se presentaron erguidos al inicio y al final de la antesis (21:00 y 11:00 hrs respectivamente). La apertura máxima de los lóbulos del estigma ocurrió al final de la antesis (11:00 hrs) (Figura 2.11).

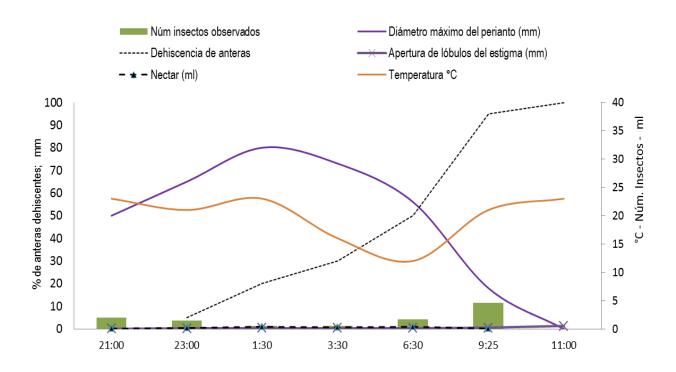


Figura 2.11. Marcha floral de *C. senilis* de Rancho Alegre, Metztitlán (Hidalgo).

d) Sistema de cruza

El sistema de cruza se determinó por medio de experimentos de polinización. Se contó con tres tratamientos: 1) Control, flores marcadas que no fueron manipuladas; 2) Exclusión nocturna, las flores fueron embolsadas durante la noche y desembolsadas al amanecer (6:00hrs) y 3) Exclusión diurna, las flores fueron excluidas al amanecer. A los dos meses se colectaron los frutos producidos y se cuantificaron las semillas. Se obtuvieron frutos de las flores control y de las excluidas en el día, pero no de las flores excluidas a los polinizadores nocturnos, lo que señala la gran importancia de este gremio de polinizadores, donde sin duda los murciélagos juegan un papel preponderante. Es posible que algunos visitantes diurnos (aves e insectos) tengan alguna contribución a la polinización, pues el seed set obtenido fue mayor en el control que en la exclusión diurna (Tabla 2.10).

Tabla 2.10 Resultados de los experimentos de polinización

	Número de		
Tratamiento	Semillas	Fruit set	Seed set
Control	1398 ± 16*	1	0.79
Exclusión diurna	1278 ± 34	0.6	0.72
Exclusión nocturna	0	0	0

^{*}Prueba de X^2 ; p<0.05

e) Sistema de apareamiento

El sistema de apareamiento (mating system) se determinó a través del índice de Cruden (OCI) (Cruden 1977; Cruden y Millar-Ward, 1981) y de la proporción polen:óvulo. En la Tabla 2.11, se presentan los valores para la especie. Los datos señalan que la especie es xenógama. La proporción polen:óvulo = 577, indica un valor cercano al xenógamo facultativo, lo cual determina que la mayor parte de la polinización se lleva a cabo por entrecruza. La ausencia de formación de frutos en flores excluidas de los polinizadores nocturnos, los cuales probablemente son los más eficientes polinizadores de estas flores, apuntan en esta dirección.

Tabla 2.11. Sistema de apareamiento (mating system) de *C. senilis*.

Parámetro	mm	Valor asignado
Diámetro del perianto	70.25±10.57DE	3
Hercogamia (separación espacial)	3.25 ± 0.52DE (Presente)	1
Dicogamia (separación en el tiempo)	Ausente	0
OCI	Xenógama obligada	4

f) Germinación

Para conocer la tasa de germinación de las semillas de *C. senilis*, semillas colectadas con un año de anterioridad y mantenidas en el laboratorio fueron sembradas en cajas de Petri con agar bacteriológico al 10%, sin tratamiento pre germinativo. Se realizaron tres tratamientos (6 repeticiones con 50 semillas cada uno). Los tratamientos fueron: a) Temperatura constante (25°C) (12hrs luz/12hrs obscuridad); b) Temperatura alternante (15° y 25° C) (12 hrs luz, 12 hrs obscuridad) y c) Obscuridad (25°C). El porcentaje de germinación obtenido fue de 57% a temperatura constante y de 56% a temperatura alternante. Para la germinación en obscuridad sólo se tienen los resultados finales ya que no se contaba con una cámara obscura que nos permitiera realizar las lecturas periódicas. La germinación final obtenida en condiciones de obscuridad fue de 20% al día 27 (Figura 2.12).

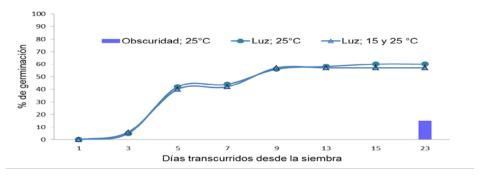


Figura 2.12. Germinación de las semillas de *C. senilis* bajo distintas condiciones.

2.9.- Bibliografía

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber press. Portland, Oregon.
 776 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez -Mejorada. 1978. Las cactáceas de México.
 Vol. I. UNAM. México. 743 pp.
- Britton, N.L. and J.N. Rose. 1963. The Cactaceae descriptions and illustrations of plantas of the cactus family. Vol. I y Vol. II. Dover publications, Inc. New York. 241 pp.
- Britton, N.L. and J.N. Rose. 1963. The Cactaceae descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. III. Dover publications, Inc. New York. 318 p.
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses:
 Their roles in conservation biology. Ecology 81:619-627.
- Caswell, H., 2001. Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, Sinauer, Sunderland, MA, USA.
- CITES. 2013. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 12 de junio de 2013.
 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Maison internationale de l'environnement. Ginebra, Suiza. 47 pp.
 Disponible en: http://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf
- CITES, 2012. http://www.cites.org/eng/app/E-1104277.pdf.
- Cruden, R.W., 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31: 32-46.
- Cruden R.W. y S. Millar-Ward. 1981. Pollen-ovule ratio, pollen size, and the ratio of stigmatic area to the pollen bearing area of the pollinator: An hypothesis. Evolution 35 (5), 964-974.
- de Kroon, H., A. Plaisier, J. van Groenendael y H. Caswell. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. Ecology 67: 1427-1431.

- Guadalupe Martínez, J., Sánchez, E. & Bárcenas Luna, R. 2013. Cephalocereus senilis. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/152158/0>. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas.
 Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el
 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 315 pp.
- Lefkovitch L.P., 1965. The study of population growth in organisms grouped by stages. Biometrika 21:1-18.
- Ludwing, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley, Nueva York, 325pp.
- SEMARNAT, 2002. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002.
- SEMARNAT, 2010. NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación Segunda Edición 30 de diciembre de 2010.

Referencias de las localidades

- Anderson E. F. 2001. The cactus family. Timber press. USA. 776 pp.
- Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada H. 1978. Las cactáceas de México.
 Vol. I. México. 743 pp.
- Britton N.L. & J.N. Rose. 1963. The cactaceae descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. III al IV. Dover publications, Inc. New York. 318 pp.

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

- Guadalupe Martínez, J., Sánchez, E. & Bárcenas Luna, R.
 2013. Cephalocereus senilis. In: The IUCN Red List of Threatened Species.
 Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/152158/0>. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas.
 Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el
 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 315 pp.

2.10.- Créditos

Colaboradores en el estudio de Cephalocereus senilis

Autor Jiménez-Sierra, Cecilia Leonor

Autor abreviado Jiménez-Sierra, C. L.

Coautor Matias-Palafox, Ma. L.

Correo electrónico ceci@xanum.uam.mx

Institución Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad

Iztapalapa

Responsable del proyecto Jiménez-Sierra, C. L.

Número de referencia HK026

Título Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas

Año de Terminación 2014

Mapa Matias-Palafox, Ma. L.

Jiménez-Sierra, C.L.

Fotografía Morón-Vázquez, M. A.

Matias-Palafox, Ma. L.

Otros colaboradores Arroyo Pérez, E. (Análisis de datos)

Badillo, E. (Trabajo de campo)

Brito Castrejón K. D. (Redacción)

Cedillo Castillo, S.K. (Trabajo de campo)

González Adán, A. (Análisis de datos)

Manjarrez García, J. (Trabajo de campo)

Pérez Sánchez, R.M. (Germinación)

Ponce-Bautista, A. (Trabajo de campo)

Tovar García, G. E. (Trabajo de campo)

Vázquez-Díaz, E. (Trabajo de campo y captura de

información)

3.- Echinocactus platyacanthus Link et Otto

3.1.- Información taxonómica y descripción de la especie

a) Taxonomía y sinonimias

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Caryophyllales Familia: Cactaceae

Género: Echinocactus

AutorAnioGenero: Link et Otto, 1827 (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada,

1991).

Especie: platyacanthus

AutorAnioEspecie: Link et Otto, 1827 (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada,

1991).

-Nombre científico: *Echinocactus platyacanthus* Link *et* Otto

-Sinonimias: Echinocactus karwinski Zucc. 1837; Echinocactus ingens Zucc. ex Pfeiff. 1837; Echinocactus helophorus Lem. 1839; Echinocactus visnaga Hook. 1851; Echinocactus grandis Rose, 1906; Echinocactus palmeri Rose, 1909 (Anderson, 2001). Echinocactus karwinskii Zucc. ex Pfeiff. 1837; Echinocactus ingens Zucc. ex Pfeiff. 1837; Echinocactus helophorus Lem. 1839; Echinocactus visnaga Hook. 1851; Echinocactus saltillensis Hort., 1898; Echinocactus grandis Rose, 1906; Echinocactus palmeri Rose, 1909 (Guzmán, 2003). Echinocactus ingens Zucc. 1837; Echinocactus visnaga Hook. 1851; Echinocactus grandis Rose, 1906; Echinocactus palmeri Rose, 1909 (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

b) Nombres Comunes

Biznaga de dulce, biznaga tonel grande, biznaga gigante, giant barrel cactus, giant biznaga y large barrel cactus (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Anderson, 2001; SEMARNAT, 2002; 2010).

c) Descripción de Echinocactus platyacanthus

Tallo globoso, o subgloboso, gruesamente columnar hasta toneliforme, muy grande, los ejemplares adultos de 50 cm a 2 m de altura y de cerca de 40 a 80 cm de diámetro, de color verde oscuro o algo glauco, presentando, en las formas jóvenes, bandas horizontales de color rojizo purpúreo; ápice hundido, llevando abundante lana amarillenta que forma una amplia zona lanosa circular o más o menos elíptica (Figuras 3.1a y 3.1b). Costillas gruesas y duras, cuyo número aumenta con la edad, de 5 a 8 en las formas juveniles hasta alrededor de 60 en las formas columnares viejas, con vértice agudo, con la base más o menos ancha y los surcos intercostales profundos. **Aréolas**, en los ejemplares jóvenes, distantes entre sí de 1 a 3 cm; en los ejemplares adultos, contiguas o confluentes, circulares hasta elípticas, de unos 12 mm de diámetro, las del ápice con abundante lana amarillenta, las restantes más o menos glabras. Espinación variable en relación con la edad de la planta; todas las espinas grandes y gruesas, subuladas o más o menos aplanadas, estriadas transversalmente, al principio amarillentas hasta tintes rojizos, después más o menos castañas y al final negruzcas. Espinas radiales, en los ejemplares jóvenes, 8 a 10, dispuestas cuatro arriba y cuatro debajo de la aréola, de 3 a 4 cm de longitud, frecuentemente una superior y otra inferior dirigidas hacia arriba y hacia abajo, las demás largas, rectas, una que otra, a veces, un poco ganchuda, horizontales y laterales, con el tiempo se reducen en número hasta desaparecer. Espinas centrales 4, dispuestas en cruz, a veces por reducción 3 o hasta 1, de 5 a 10 cm de longitud, la inferior y a veces la superior generalmente más largas, más o menos aplanadas y con la base algo engrosada, rectas o algo curvas, estriadas transversalmente, las 2 laterales más o menos horizontales, la inferior dirigida hacia abajo, la superior porrecta, con el tiempo se atrofian pudiendo reducirse a una sola. Flores numerosas emergiendo entre la lana del ápice, diurnas, abriéndose ampliamente de unos 5 a 7 cm de diámetro, de color amarillo intenso; pericarpelo y región receptacular indiferenciados, formando un todo obcónico, de paredes gruesas, la región pericarpelar de alrededor de 2 cm de longitud y de 1.2 cm de diámetro, provista de numerosas escamas angostamente lineares y largamente acuminadas, con la extremidad escariosa, de

7 a 12 mm de longitud, con abundante pelo axilares sedoso, de 3 a 4 cm de longitud, de color blanco amarillento; región receptacular muy corta, de paredes gruesas, las dos terceras partes inferiores con escamas semejantes a las del pericarpelo, el tercio superior con numerosas escamas angostamente triangulares, de cerca de 15 mm de longitud, coriáceas acuminadas, con lana axilar, en transición con los segmentos exteriores del perianto, segmentos exteriores del perianto numerosos, espatulados, con el ápice apiculado o dentado y el margen dentado, de color amarillo intenso, cavidad del ovario ovoide, de 6 mm de diámetro, con óvulos numerosos provistos de funículos ramificados, nectario en torno de la base del estilo, cerca de 1 cm de longitud; estambres muy numerosos; filamentos amarillos, anteras de color amarillo cromo, estilo grueso, de 3 a 3.5 cm de longitud, amarillento, estriado longitudinalmente, lóbulos del estigma 10 a 12, de unos 8 mm de longitud, amarillos (Figura 3.1c). Fruto seco, largamente oblongo, de 5 a 7 cm de longitud, amarillento, con escamas numerosas, angostamente lineares, escariosas, con lana y pelos axilares que cubren la pared del fruto, conserva adheridos los restos secos del perianto (Figura 3.1d). Semillas de alrededor de 2.5 mm de longitud, testa negra, brillante, con ornamentación celular, hilo basal lateral, micrópilo pequeño, próximo al hilo (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Anderson, 2001; Britton & Rose, 1963; Hernández & Gómez-Hinostrosa. 2011; Hernández et al., 2013).

Nota. Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991), por carácteres morfológicos de las plantas en su hábitat, reconocen tres formas geográficas para *E. platyacanthus*: 1) var. *grandis* en Puebla y Oaxaca; 2) var. *platyacanthus* en Querétaro e Hidalgo y 3) variedad *visnaga* en Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León y SW de Tamaulipas (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).



Figura 3.1a. *E. platycanthus* monopódico en Dr. Arroyo (Nuevo León) (Foto: E. Vázquez, 2011).



Figura 3.1b. *E. platyacanthus* ramificado en el Valle de Tehuacán (Puebla) (Foto: C. Jiménez, 2003).



Figura 3.1c. E. platyacanthus con flores (Metztitlán, Hgo.) (Foto: E. Vázquez, 2011).



Figura 3.1d. E. platyacanthus con frutos (Querétaro) (Foto: E. Vázquez, 2011).

d) Estatus de conservación

La familia Cactaceae se encuentra incluida en el **Apéndice II de CITES** (CITES, 2012). En este Apéndice figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio.

E. platyacanthus se encuentra en la Lista Roja de la UICN como especie Especie Casi Amenazada (Near Threatened, NT). En esta categoría se encuentran los taxones que a pesar de no satisfacer los criterios para quedar en las categorías En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, se encuentran cerca de alguna de estas clasificaciones, y que es probable que en un futuro cercano califiquen dentro de alguna de estas categorías (UICN, 2014).

La legislación mexicana ha considerado a *E. platyacanthus* como especie Sujeta a Protección Especial (Pr) en la NOM-059-ECOL-2001 y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2002, 2010) (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Estatus de conservación de *E. platyacanthus*

Instancia	Categoría/Apéndice	Referencia Bibliográfica	Fecha de consulta
CITES	Apéndice II	CITES, 2013	31/06/2014
NOM-059-SEMARNAT- 2001	Pr (Sujeta a Protección Especial)	SEMARNAT, 2002.	31/01/2012
NOM-059-SEMARNAT- 2010	Pr (Sujeta a Protección Especial)	SEMARNAT, 2010.	31/01/2012
UICN	NT (Near Threatened) o Casi Amenazada	Gómez-Hinostrosa (2013)	23/03/2014

3.2.- Distribución geográfica: Histórica y actual

E. platyacanthus es una especie endémica de México, distribuida en diez Estados: Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (Guzmán *et al.*, 2003).

En Coahuila, la especie ha sido colectada en los municipios de Parras y Saltillo; en Guanajuato en Atarjea y Tierra Blanca, en Hidalgo en Cardonal, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán, Tasquillo y Zimapán; en Nuevo León en Aramberri, Doctor Arroyo, Galeana, Mier y Noriega y Rayones; en Oaxaca en Santiago Chazumba; en Puebla en Tehuacán, Tlacotepec y Zapotitlán; en Querétaro en Cadereyta, Peñamiller, Pinal de Amoles y Tolimán; en San Luis Potosí en Ahualulco, Catorce, Cedral, Cerritos, Ciudad del Maíz, Guadalcázar, Matehuala, Rioverde, Venado, Venegas, Villa de Guadalupe y Villa Hidalgo; en Tamaulipas en Bustamante, Jaumave, Miquihuana, Palmillas y Tula; y en Zacatecas en Concepción del Oro, Mazapil y Melchor Ocampo (Figura 3.3a).

Se obtuvieron 362 registros para la especie, de los cuales solo 254 (71%) cuentan con geo-referencias (252 provenientes de ejemplares de herbario (Figura 3.2) y dos que constituyen nuevos registros). Para la elaboración del mapa de la distribución histórica y actual de la especie, se tomó en cuenta la información de las localidades georreferenciadas, así como los datos de las observaciones realizadas a través de visitas a estos sitios durante el desarrollo de este proyecto. Los mapas fueron realizados con la ayuda del Programa Arc View, Versión 9.3 (Figura 3.3).

Se encontró que en cuatro de las 46 localidades visitadas (8.7%), la especie había **desaparecido.** En los recorridos a campo se geo-referenciaron dos nuevas localidades en Metzitlán (Hgo.). (Buenavista 1 y Buenavista 2).

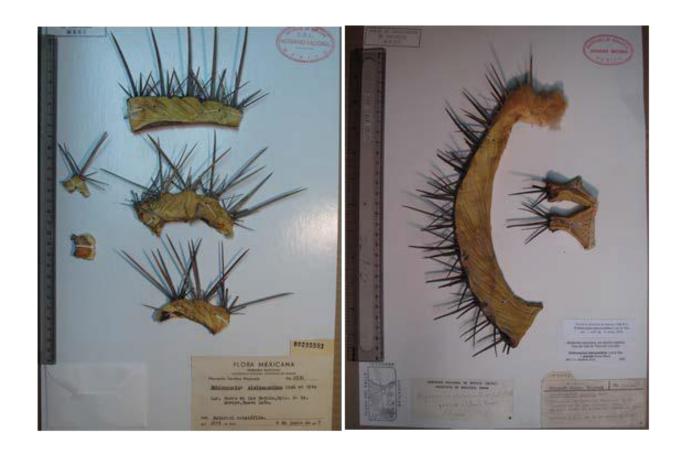


Figura 3.2. Ejemplares herborizados de *E. platyacanthus* (MEXU) (Foto: Y. Hidalgo-Rosas).

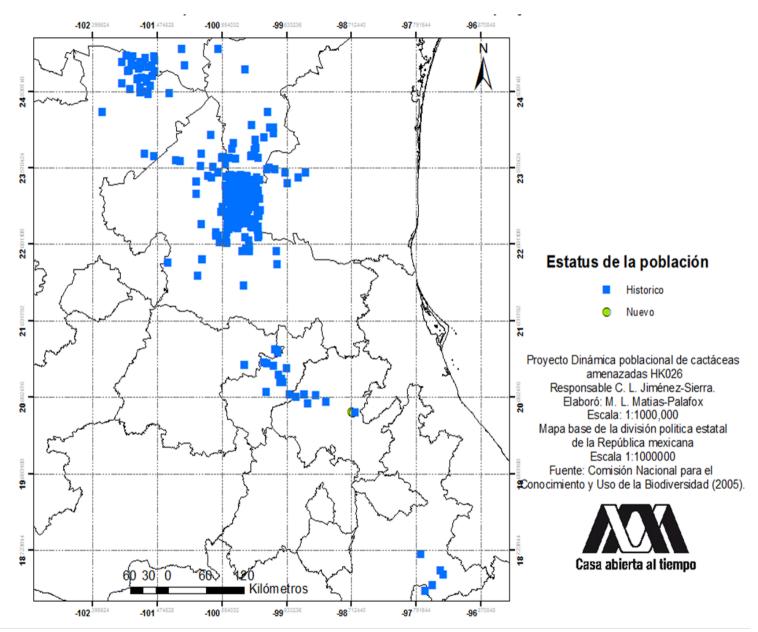


Figura 3.3. Mapa de distribución histórica y actual de *Echinocactus platyacanthus*

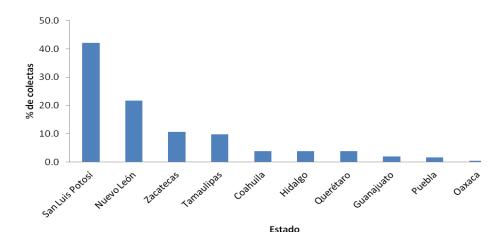


Figura 3.3a. Ejemplares de *E. platyacanthus* por estado en MEXU.

E. platyacanthus se distribuye desde los 765 msnm (Jaumave, Tamaulipas) hasta 2,423 msnm (Mazapil, Zacatecas), lo que representa un rango de distribución altitudinal de 1,658 m.

Las localidades que señalan los límites de distribución de la especie se presentan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Localidades limítrofes en la distribución de *E. platyacanthus*.

	Latitud	Longitud	Localidad	Municipio	Estado
Norte	25°23'	-101°16	2 km al SW del Cinco	Parras	Coahuila
Sur	18°12′31.5″	-97°39′31.0"	Km 4 Huajuapan-Tehuacan	Santiago Chazumba	Oaxaca
Este	18°25′0"	-97°24′0"	A 7 Km de Tehuacan a H. de León	Zapotitlan	Puebla
Oeste	24°38′30"	-101°58′ 26″	2 Km al N de Tecolotes	Mazapil	Zacatecas

3.3.- Características ambientales

a) Clima

De las 254 localidades georreferenciadas el 12.20% presenta un clima de tipo BS1k(x'), Semiárido templado con lluvias de verano e invierno, el 9.84% de Bsokw, Árido templado con lluvias de verano e invierno, el 8.66% de BS1kw,

Semiárido templado con lluvias en verano e invierno, el 5.51% de Cb'(w2), Semifrío subhúmedo con lluvias en verano e invierno, el 5.11% de C(wo), Templado subhúmedo con lluvias en verano, el 5.11% de C(w1), Templado subhúmedo con escasas lluvias en verano, el 4,72% de BWk(x'), Muy árido templado con lluvias repartidas todo el año, el 4.72% de BWhs, Muy árido semicálido con lluvias de invierno, el 4.33% de C(w2), Templado subhúmedo con lluvias en verano, el 4.33% de BW(h')(x'), Muy árido cálido con lluvias repartidas todo el año, el 4.33% de BSoh(x'), Árido semicálido con lluvias repartidas todo el año, el 3.93% de BWh(x'), Muy árido semicálido con lluvias repartidas todo el año, el 3.93% de (A)C(wo), Templado subhúmedo con lluvias en verano, el 1.96% de BWkw, Muy árido templado con lluvias de verano e invierno, el 1.96% de BWks, Muy árido templado con lluvias de invierno, el 1.96% de BWhw, Muy árido semicálido con lluvias en verano e invierno, el 1.57% de Cb's, Semifrío subhúmedo con verano fresco y lluvias en invierno, el 1.57% de Bsohw, Árido semicálido con lluvias en verano e invierno, el 1.57% de BSks, Árido templado con lluvias de invierno, el 1.57% de BS1k"w, Semiárido semifrío con lluvias en verano e invierno, el 1.57% de BS1hw, Semiárido semicálido con lluvias en verano e invierno, el 1.57 de BS1(h')(x'), Semiárido cálido con lluvias repartidas todo el año, el 1.18% de BW(h')w, Muy árido cálido con lluvias de verano e invierno, el 1.18% de BSo(h')(x'), Árido cálido con lluvias repartidas todo el año, el o.78% de Cb'(w1)x', Semifrío subhúmedo con lluvias en verano e invierno, el 0.78% de BSok"w, Árido semifrío con lluvias en verano e invierno, el 0.78% de BS1h(x'), Semiárido semicálido con Iluvias repartidas todo el año, el o.78% de BS1(h')w, Semiárido cálido con lluvias en verano e invierno, el 0.39% de Cs, Templado con lluvias de invierno, el 0.39% de BW(h')s, Muy árido cálido con lluvias en invierno, el 0.39% de BSo(h')w, Árido cálido con lluvias de verano e invierno, el 0.39% de BShs, Árido semicálido con lluvias de invierno. El 0.39% de Awo, Cálido subhúmedo con lluvias en verano y el 0.39% de (A)C(w1), Templado subhúmedo con escasas lluvias en verano.

b) Vegetación

La especie se distribuye en 9 tipos de vegetación, desde matorrales hasta bosque de encino-pino. Sin embargo, es más abundante en los matorrales desérticos rosetófilo y micrófilos (36% de los registros totales), seguido por el mezquital (8% de los registros) y por el Bosque de encino (6%) (Figura 3.3b).

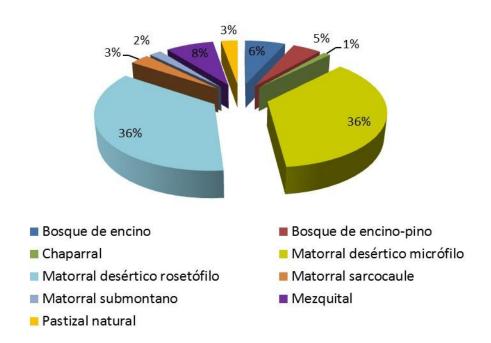


Figura 3.3b. Tipos de vegetación donde se presenta *E. platyacanthus*

c) Suelo

De las 254 localidades georreferenciadas el 24.40% se encuentra en un tipo de suelo Re, Regosol eutrico, el 20.07% en I, Litosol, el 12.20% en Rc, Regosol calcarico, el 11.41% en Hc, Feozem calcarico, el 9.84% en Vc, Vertisol cromico, el 6.29% en ND, el 6.29% en Je, Fluvisol eutrico, el 3.54% en Jc, Fluvisol calcarico, el 2.75% en Xh, Xerosol haplico, en 1.96% en Zo, Solonchak ortico, en 0.78% en Yk, Yermosol calcico y el 0.39% en Hl, Feozem luvico.

d) Características edafológicas

En la Tabla 3.3, se presentan las características físico-químicas del suelo de dos localidades donde se encuentran poblaciones de *E. platyacanthus*.

Los análisis de laboratorio del suelo de estas localidades, Querétaro e Hidalgo, indican una textura Franca arcillosa (Barrio Don Lucas) y Franca (Buenavista 1). Ambos suelos son alcalinos pero el de Querétaro lo es en extremo (pH=10.02), el Nitrógeno inorgánico que contienen es de 0.12 y 0.05 (mgKg-1) respectivamente, el Fósforo es de 4.33 y 4.07 (mgKg⁻¹) respectivamente, el calcio es de 5160 y 5667.5 (mgKg⁻¹). El suelo de Querétaro sobresale por tener gran cantidad de Sodio (900 mgKg⁻¹).

Tabla 3.3. Características físico-químicas del suelo de dos localidades *de E. platyacanthus*.

Localidad	Barrio Don Lucas	Buenavista 1			
Estado	Querétaro	Hidalgo			
Municipio	Tolimán	M etztitlán			
Longitud W	-99°57'57"	-98°41′69"			
Latitud N	20°52'54.2"	20°28′59.2"			
Altitud msnm	1625	1354			
Vegetación	Matorral Xeróflo	Matorral Xerófilo			
Características Físicas	Barrio Don Lucas	Buenavista 1	Promedio	DE	±ΕΕ
Color de Suelo seco	10YR 6/3 Café daro	2.5Y8/2 Amarillo pálido			
Densidad relativa (tm ⁻³)	1.22	2.42	1.82	0.85	0.85
Textura	Franco arcilloso	Franco			
Arena %	38.20	33.10	35.65	3.61	3.61
Limo %	30.00	41.60	35.80	8.20	8.20
Arcilla %	31.80	25.20	28.50	4.67	4.67
pH	10.02	8.50	9.26	1.07	1.07
Características Químicas	Barrio Don Lucas	Buenavista 1	Promedio	DE	±ΕΕ
Materia Orgánica (%)	1.08	2.42	1.75	0.95	0.95
Nt (mgKg ⁻¹)	0.05	0.12	0.09	0.05	0.05
P (mgKg-1)	4.07	4.33	4.20	0.18	0.18
K (mgKg-1)	752.00	150.00	451.00	425.68	425.68
Ca (mgKg-1)	5160.00	5667.50	5413.75	358.86	358.86
Mg (mgKg-1)	264.00	85.00	174.50	126.57	126.57
Na (mqKq-1)	900.00	74.00	487.00	584.07	584.07

3.4.- Estado actual de las poblaciones

a) Densidades poblacionales y extensión de las localidades

Las densidades poblacionales de *E. platyacanthus* en las localidades visitadas van desde un individuo (al este de Matehuala) hasta 2,750 ind/ha (Buenavista 2). El 50% de las localidades presentan densidades < 50 ind/ha y tan sólo en el 7.1% de las localidades visitadas presentaron densidades mayores a los 1,000 ind/ha (Figura 3.3c). Esta situación se debe a que en algunos sitios, las poblaciones han sido mermadas debido a la colectada continúa y clandestina de individuos para la elaboración de acitrón (Jiménez-Sierra *et al.*, 2007). En algunos sitios los pobladores indicaban que esta planta era abundante y que debido a su extracción con fines comerciales ha disminuido hasta casi desaparecer.

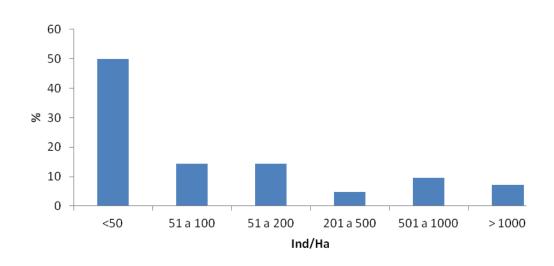


Figura 3.3c. Densidades poblacionales de *E. platyacanthus* (N= 42 localidades)

Las extensiones observadas de las localidades visitadas de *E. platyacanthus* van desde 0.5 ha (Buenavista 1) hasta 8,000 ha (Tehuacán). El 60% de éstas presentan áreas continuas <10 Ha, ya que los hábitats naturales han sido transformados con fines agropecuarios, urbanos o para la instalación de infraestructura (Figura 3.3d).

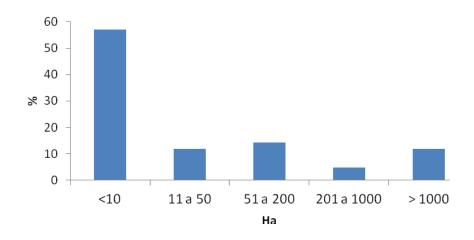


Figura 3.3d. Localidades de *E. platyacanthus* por extensión.

b) Factores de disturbio

La Figura 3.3e, muestra la frecuencia de los factores de disturbio en las localidades visitadas. En la mayoría de las localidades se observaron varios factores de disturbio. Los disturbios más frecuentes se debieron a perturbaciones por extensión de los poblados y por desarrollo de infraestructura, seguido por factores agrícolas y ganaderos. Durante el trabajo de campo, los habitantes de varias localidades comentaban eventos de extracción de estas plantas y señalaban que ignoraban el destino final de las mismas.

Se registró la desaparición de la especie en cuatro localidades: Tres pertenecientes a Nuevo León, (una del municipio de Doctor Arroyo y dos del municipio de Mier y Noriega), la cuarta localidad pertenece a San Luis Potosí (municipio de Guadalcazar). La extinción de las poblaciones en estas localidades se debió a la colecta directa de ejemplares (información directa de los pobladores).

Otro problema que afecta a las poblaciones de biznaga es su uso como forraje vivo. Este uso fue muy común hace algunas décadas en Puebla y Oaxaca, ya que la planta era aprovechada para alimentar hatos de cabras. Actualmente, en Hidalgo y Querétaro las poblaciones de burros ferales, consecuencia del

abandono de estos animales por pobladores que han migrado de sus lugares de origen, han ocasionado graves daños en biznagas de tamaño mediano y grande (Jiménez-Sierra y Eguiarte, 2010).

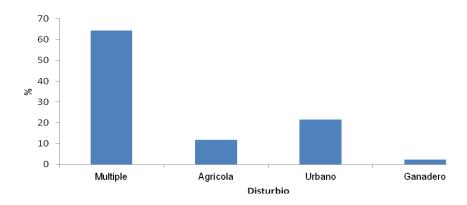


Figura 3.3e. Frecuencia de factores de disturbio en localidades de E. platyacanthus (N=42 localidades).

3.5.- Demografía

a) Poblaciones estudiadas

Los estudios de demografía, dinámica poblacional y de la biología reproductiva de *E. platyacanthus* se llevaron a cabo en **dos poblaciones Buenavista 1 (BV1) y Buenavista 2 (BV2)** ambas en el municipio de Metztitlán (Hgo.) (Figura 3.4a y 3.4b). Se eligieron estas localidades por presentar las poblaciones con las mayores densidades de biznagas reportadas. Estas localidades han sido estudiadas por nuestro grupo de trabajo desde 1999 y en los últimos años han sufrido el impacto por la llegada de nuevos habitantes a la zona, así como de grupos de turistas.

Las características del hábitat de las poblaciones se encuentran en la Tabla 3.3a. Las localidades están separadas por un pequeño cañón y difieren en cuanto orientación, ya que BV1, presenta una orientación hacia el Sureste y BV2 hacia el Oeste. El clima de la zona es semiseco templado con lluvias en verano (BS1kw) (Matias-Palafox, 2007).

Tabla 3.3a. Poblaciones de *E. platyacanthus* estudiadas

	Latitud N	Longitud W	Altitud	Vegetación	Pendiente	Orientación
			(msnm)		(°)	de ladera
BV 1	20°28′59.2"	98°41′69"	1354	Matorral xerófilo	35	SE
BV 2	20°28′5"	98°41′0.5"	1360	Matorral xerófilo	45	W



Figura 3.4a. Vista panorámica de Buenavista 1 (BV1) (Foto: C. Jiménez)



Figura 3.4b. Vista panorámica de Buenavista 2 (BV2) (Foto: C. Jiménez)

b) Densidad poblacional y distribución intrapoblacional

En 2009 se establecieron las parcelas permanentes de observación (500 m² en BV1; 280 m² en BV2). Para cada individuo de *E. platyacanthus* se registraron: la altura, el número de ramas (cabezas), los diámetros de las mismas y el número de estructuras reproductoras (botones florares, flores y frutos. Las densidades de estas poblaciones se muestran en la Tabla 3.3b.

Tabla 3.3b. Densidades de las poblaciones de E. platyacanthus.

Censo 2009	Parcela (m²)	N	Densidad (ind/ m²)	Densidad ind/ha
Buenavista 1	500	99	0.198	1980
Buenavista 2	280	77	0.275	2750

Las densidades encontradas son las más altas registradas para la especie (BV1=0.198 ind/m² y BV2=0.275 ind/m²), lo que representaría una densidad de 1,980 y 2,750 individuos/Ha respectivamente, aunque en realidad, esta alta densidad se encuentra solamente en los pequeños parches estudiados.

La distribución intrapoblacional, ID (Ludwing & Reynolds, 1988) para BV1 señala un patrón de distribución al azar (BV1; ID= 0.72; T=11.09; p<0.001, mientras que para BV2; ID= 1.74; T=14.07; p<0.001), lo que indica una distribución al azar para BV1 y agregada para BV2.

c) Estructura poblacional

La estructura poblacional determinada con base a los diámetros de los individuos se encuentra en la Tabla 3.4a y 3.4b.

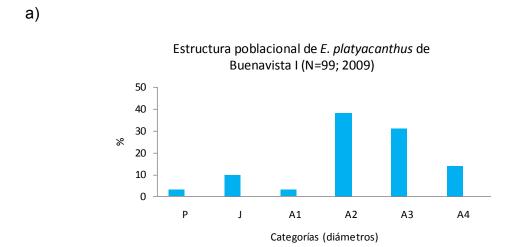
Tabla 3.4a. Categorías de tamaños (diámetros) considerados para *E. platyacanthus* y número de individuos por categoría y año (BV1).

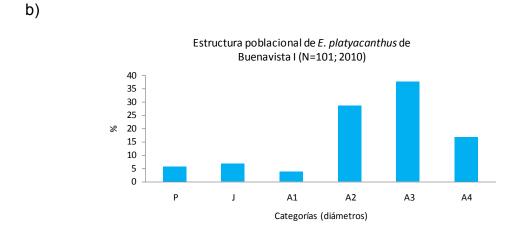
Categoría	Diámetro (cm)	Altura (cm)	N ₂₀₀₉	N ₂₀₁₀	N ₂₀₁₁
Plántula (P)	< 11.28	<9	3	6	3
Juvenil (J)	11.28 <x<25.23< td=""><td>9<x<17< td=""><td>10</td><td>7</td><td>9</td></x<17<></td></x<25.23<>	9 <x<17< td=""><td>10</td><td>7</td><td>9</td></x<17<>	10	7	9
Adulto 1 (A1)	25.23 <x<35.68< td=""><td>17<x<30< td=""><td>3</td><td>4</td><td>3</td></x<30<></td></x<35.68<>	17 <x<30< td=""><td>3</td><td>4</td><td>3</td></x<30<>	3	4	3
Adulto 2 (A2)	35.68 <x<56.42< td=""><td>30<x<55< td=""><td>38</td><td>29</td><td>28</td></x<55<></td></x<56.42<>	30 <x<55< td=""><td>38</td><td>29</td><td>28</td></x<55<>	38	29	28
Adulto 3 (A3)	56.42 <x<79.79< td=""><td>55<x<70< td=""><td>31</td><td>38</td><td>39</td></x<70<></td></x<79.79<>	55 <x<70< td=""><td>31</td><td>38</td><td>39</td></x<70<>	31	38	39
Adulto 4 (A4)	>79.79	>70	14	17	18
		Total	99	101	100

Tabla 3.4b. Categorías de diámetros consideradas para *E. platyacanthus* y número de individuos por categoría y año (BV2).

Categoría	Diámetro (cm)	Altura (cm)	N ₂₀₀₉	N_{2010}	N_{2011}
Plántula (P)	< 11.28	<9	0	0	0
Juvenil (J)	11.28 <x<25.23< td=""><td>9<x<17< td=""><td>1</td><td>1</td><td>1</td></x<17<></td></x<25.23<>	9 <x<17< td=""><td>1</td><td>1</td><td>1</td></x<17<>	1	1	1
Adulto 1 (A1)	25.23 <x<35.68< td=""><td>17<x<30< td=""><td>8</td><td>5</td><td>4</td></x<30<></td></x<35.68<>	17 <x<30< td=""><td>8</td><td>5</td><td>4</td></x<30<>	8	5	4
Adulto 2 (A2)	35.68 <x<56.42< td=""><td>30<x<55< td=""><td>46</td><td>35</td><td>33</td></x<55<></td></x<56.42<>	30 <x<55< td=""><td>46</td><td>35</td><td>33</td></x<55<>	46	35	33
Adulto 3 (A3)	56.42 <x<79.79< td=""><td>55<x<70< td=""><td>17</td><td>24</td><td>27</td></x<70<></td></x<79.79<>	55 <x<70< td=""><td>17</td><td>24</td><td>27</td></x<70<>	17	24	27
Adulto 4 (A4)	>79.79	>70	5	6	5
		Total	77	71	70

La mayor parte de los organismos fueron monopódicos, en BV1 los organismos ramificados representaron solamente el 13%, mientras que en BV2, estos constituyen sólo el 6.1%. La estructura poblacional por sitio y año se presenta en las Figuras 3.5a; 3.5b y 3.5c.





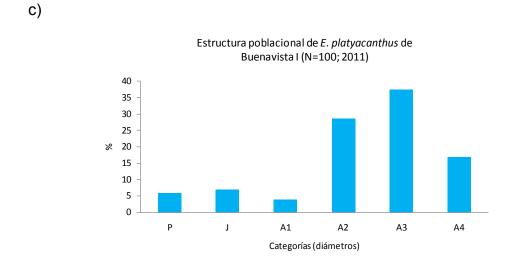
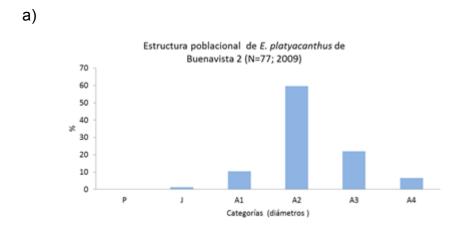
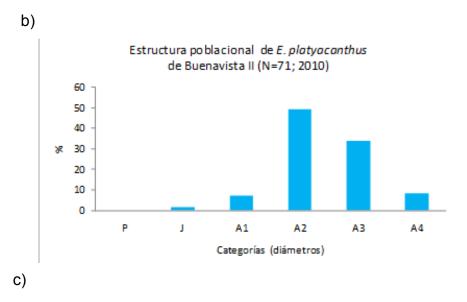


Figura 3.5a. Estructura poblacional de *E. platyacanthus* en Buenavista 1 (BV1) a través del tiempo: a) 2009, b) 2010 y c) 2011 ($X=100 \pm 0.58$ individuos).





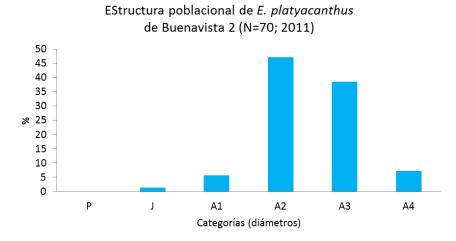
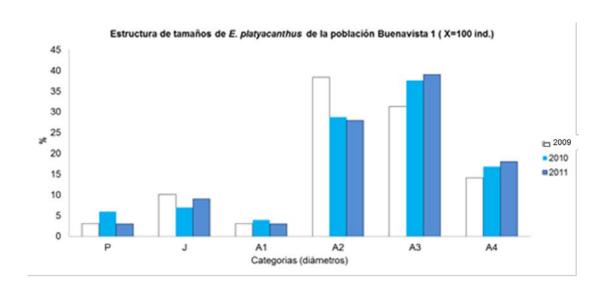


Figura 3.5b. Estructura poblacional de *E. platyacanthus* en Buenavista 2 (BV2): a) 2009, b) 2010 y c) 2011, (X=72.7 ± 2.19 individuos).

1)



2)

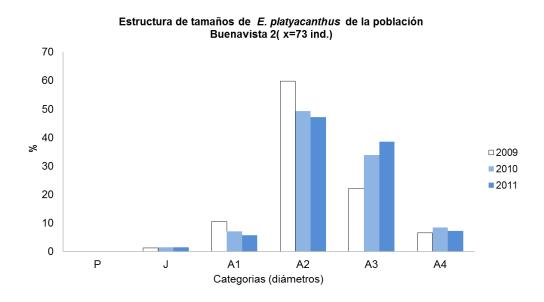


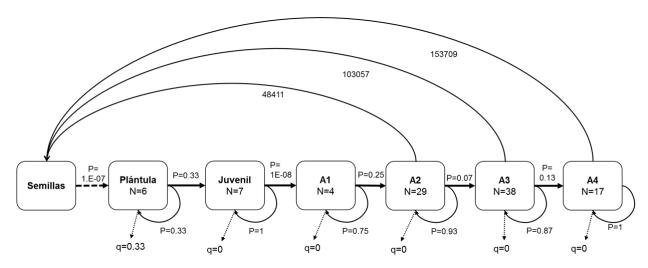
Figura 3.5c. Estructura poblacional a través del tiempo: 1) Buenavista 1 (BV1) y 2) Buenavista 2 (BV2).

Para ambas poblaciones los A2, A3 y A4 conforman la mayor parte de la población: BV1=84% y BV2=92%. La categoría de Plántulas conformó tan solo el 4% en BV1 y estuvo ausente en BV2 para los dos años de estudio. Es notable también la escasez de Juveniles y de A1 en ambas poblaciones.

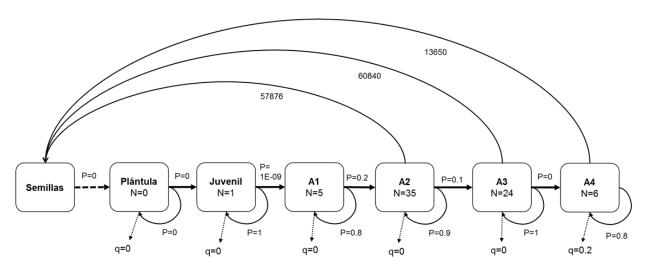
3.6.- Dinámica poblacional

a) Ciclo de vida

Se realizaron tres censos (2009, 2010 y 2011) en cada población. Tomando en cuenta la categorización por el diámetro de los individuos (Tabla 3.4a y 3.4b), se construyeron los diagramas del ciclo de vida (Figura 3.6).



a) Ciclo de vida de *E. platyacanthus* en BV1 (2010-2011; N=101)



b) Ciclo de vida de *E. platyacanthus* en BV2 (2010-2011; N=71)

Figura 3.6 Ciclo de vida de *E. platyacanthus:* a) Población de BV1 y b) Población BV2. Los rectángulos representan las categorías (N=número de individuos); las flechas que retornan a la misma casilla representan las probabilidades de permanencia, P; las flechas que unen casillas diferentes, indican las probabilidades de tránsito de una categoría más pequeña a una más grande (Crecimiento, C); no se observaron regresiones a etapas más pequeñas (R); q = probabilidad de muerte. Las fecundidades (F) están representadas por la producción de semillas/categoría al año.

b) Edades estimadas

Para tener una idea de las edades probables de los individuos, se calcularon los incrementos de diámetro por individuo al año en relación a su categoría (Tabla 3.5). Sin embargo, para la especie, sólo pudieron estimarse los tiempos necesarios para transitar entre las clases de Adultos, ya que el tamaño de muestra de los demás intervalos es muy pequeño. El incremento en tamaño al año en estas clases se incrementa con el tamaño de los individuos.

Tabla 3.5. Edades estimadas para *E. platyacanthus* por intervalo de tamaño.

	Crecimiento al	Tiempo medio para transitar	Tiempo medio para llegar a
Categoria	(cm/año)	en la categoria (año)	la categoria (año)
Plántula (P)	?	?	?
Juvenil (J)	?	?	
Adulto 1 (A1)	4.19	2.49	
Adulto 2 (A2)	3.85	5.38	
Adulto 3 (A3)	3.97	5.86	
Adulto 4 (A4)	6.19	?	

c) Dinámica poblacional

Con la información recabada en los tres censos anuales y las observaciones fenológicas, se construyeron las matrices de transición de Lefkovitch (Caswell, 2000; 2001), correspondientes a los años 2009-2010 y 2010-2011 para cada población (Tabla 3.6a y 3.6b).

Tabla 3.6a. Matrices de transición de Lefkovitch para *E. platyacanthus* de Buenavista 1 (BV1)(Metztitlán, Hgo.): 1) 2009-2010; 2) 2010-2011. Categorías consideradas: S= Semilla; P= Plántula; J=Juvenil; Adultos: A1; A2; A3 y A4. La diagonal principal indica las probabilidades de permanencia de los individuos en cierta clase (P). Los valores por debajo de la diagonal indican las probabilidades de crecimiento (C). El primer renglón indica la aportación anual de semillas por categoría. Se presentan las tasas finitas de crecimiento, lambdas (λ±2DE); la estructura de tamaños: Estable (w) y observada y los valores reproductivos por categoría (*v*).

1) BV1	1) BV1: 2009-2010 Lambda(λ)=1.0063 ±0.0733							Estructura de t	amaños		Diferencia	Valor reproductivo
N=99	S	Р	J	A1	A2	A 3	A4	Esperada (w)	Observada	x ²	significativa	(v)
S	0	0	0	0	68011.75	98166.75	78810.5					1
P	1.22E-07	0.6667	0	0	0	0	0	2.68798	3.0303	0.0436	P>0.05	8.218E+06
J	0	0.3333	0.6	0	0	0	0	2.20502	10.1010	28.2748	< 0.001	8.374E+06
A1	0	0	0.3	0.3333	0	0	0	0.98291	3.0303	4.2647	<0.05	1.134E+07
A2	0	0	0	0.6667	0.7105	0	0	2.21513	38.3838	590.5625	< 0.001	1.145E+07
A 3	0	0	0	0	0.2632	0.9032	0	5.65311	31.3131	116.4733	< 0.001	1.261E+07
Α4	0	0	0	0	0	0.0968	1.00E+00	86.25584	14.1414	60.2915	< 0.001	1.243E+07

2) BV1:	2010-2011		Lambda(λ)	=1.0000±0.0	0001		Estructura de tamaños					Valor reproductivo
N=101	S	Р	J	A1	A2	A3	A4	Esperada (w)	Observada	x ²	significativa	(v)
S	0	0	0	0	48411.00	103056.75	153709					1
P	9.83E-08	0.3333	0	0	0	0	0	0.00069	5.9406	51280.962	< 0.001	1.017E+07
J	0	0.3333	1.0	0	0	0	0	99.96895	6.9307	86.5881	< 0.001	2.035E+07
A1	0	0	0.0	0.7500	0	0	0	0.00000	3.9604	39224371.2	< 0.001	4.667E+10
A2	0	0	0	0.2500	0.9310	0	0	0.00000	28.7129	568772351.2	< 0.001	4.667E+10
A 3	0	0	0	0	0.0690	0.8684	0	0.00000	37.6238	1863252355.7	< 0.001	4.668E+10
A4	0	0	0	0	0	0.1316	1	0.03036	16.8317	9299.4	< 0.001	4.668E+10

Tabla 3.6b. Matrices de transición de Lefkovitch para *E. platyacanthus* de Buenavista 2 (BV2)(Metztitlán, Hgo.): 1) 2009-2010; 2) 2010-2011. Categorías consideradas: S= Semilla; P= Plántula; J=Juvenil; Adultos: A1; A2; A3 y A4. La diagonal principal indica las probabilidades de permanencia de los individuos en cierta clase (P). Los valores por debajo de la diagonal indican las probabilidades de crecimiento (C). El primer renglón indica la aportación anual de semillas por categoría. Se presentan las tasas finitas de crecimiento, lambdas (λ±2DE); la estructura de tamaños: Estable (w) y observada y los valores reproductivos por categoría (*v*).

BV2; 1)	3V2; 1) 2009-2010 Lambda(λ)=0.9999±0.00006						Estructura de tamaños					Valor reproductivo
N=77	S	Р	J	A1	A2	А3	A4	Esperada (W)	Observada	x ²	significativa	(V)
S	0	0	312	4056	60762.00	32902	11544					1
P	1.00E-11	1.0	0	0	0	0	0	72.366103	0	72.3661026	< 0.001	1E+11
J	0	0.0	1.0	0	0	0	0	27.340465	1.298701299	24.8047523	< 0.001	1.64685E+11
A1	0	0	0.0	0.6250	0	0	0	0.00000007	10.38961039	1480552755	< 0.001	1.23896E+11
A2	0	0	0	0.1250	0.7391	0	0	0.00000003	59.74025974	102158142034	< 0.001	3.71689E+11
A 3	0	0	0	0	0.1957	0.8824	0	0.00000006	22.07792208	8389799187.4	< 0.001	4.95585E+11
A4	0	0	0	0	0	0.0588	0.99999999	0.293432	6.493506494	131.0045535	< 0.001	9.91169E+11

BV2; 2	BV2; 2) 2010-2011 Lambda(λ) = 0.9999±0.00003				00003	Estructura de tamaños					Diferencia Valor reproductivo	
N=71	S	Р	J	A1	A2	А3	A4	Esperada (W)	Observada	x ²	significativa	(V)
S	0	0	0	0	57876.00	60840	13650					0.999983564
P	0.00E+00	0.0	0	0	0	0	0	0.000000	0	0		0
J	0	0.0	1.0	0	0	0	0	0.000000	1.298701299	0		0
A1	0	0	0.0	0.8000	0	0	0	0.000000	10.38961039	0.0		0
A2	0	0	0	0.2000	0.8857	0	0	0.000000	59.74025974	0		0
A 3	0	0	0	0	0.1143	1.0	0	1.000000	22.07792208	4.44E+02	< 0.001	1.64363E-05
A4	0	0	0	0	0	0.0	1	0.000000	6.493506494	7.03E+09	< 0.001	9.86177E-14

Las lambdas obtenidas por población y año, se presentan en la Tabla 3.6a, 3.6b y 3.7, éstas no difieren en ninguno de los casos de la unidad. Se observan diferencias significativas entre la estructura estable de tamaños (w) y la observada. Los valores reproductivos (v) tienden a ser mayores en las categorías más grandes ya que estos son los individuos que producen la mayor cantidad de semillas. Para el segundo año en BV2, el valor más alto se encontró en semillas, quizás por la alta mortalidad detectada en A4 (Tabla 3.6b y Figura 3.7).

Buenavista 1 Intervalo de Buenavista 2 Intervalo de Intervalo lambda (λ) confianza Lambda (λ) confianza 1.0063 ±0.0733 0.9999 ±6.9E-05 2009-2010 1.0000 ±0.0002 0.9990 ±3.22E-05 2010-2011 1.0032 0.9994 Promedio

Tabla 3.7. Valores de lambda obtenidas para *E. platyacanthus*

La mortalidad por población y año se presenta en la Figura 3.7, Se observó mortalidad en todas las etapas. En BV1, la proporción de mortalidad más alta se presentó en juveniles (2009-2010) y en plántulas (2010-2011). En BV2, la mortalidad más alta se presentó en los A1 y A3 (2009-2010) y en A4 (2010-2011).

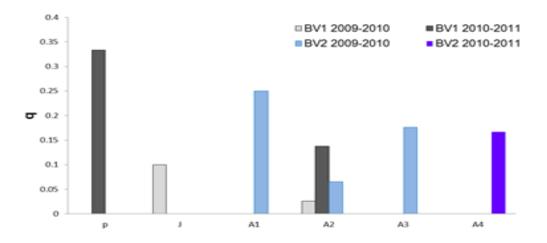


Figura 3.7. Tasas de mortalidad "q", por intervalo de tamaño y año para las poblaciones de *E. platyacanthus*.

En la tabla 3.8, se presentan las matrices de elasticidad (de Kroon *et al.*, 1986) por población y año, donde puede observarse que para todos los casos, la permanencia (P) es el proceso más importante. El crecimiento (C) es el proceso que le sigue y la fecundidad (F) representa sólo un pequeño valor.

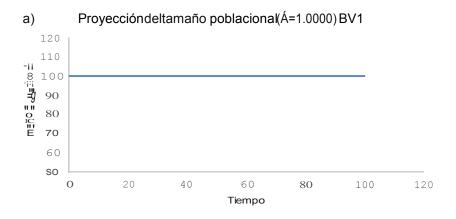
Tabla 3.8. Matrices de elasticidad e importancia de los procesos ecológicos para *E. platyacnthus*: a) Buenavista 1 (BV1); b) Buenavista 2 (BV2).

a)								
	z de elastici	dad 2009-20	10					
Categorias	S	P	J	A1	A2	A3 A4	Importancia relati	iva de los procesos demográfico
S	0	0	0	0	0.0001219	0.0004492 0	Permanencia (P)	0.958177733
Р	0.0061	0.0119	0	0	0	0 0	Crecimiento C	0.035748644
J	0	0.0061	0.0090	0	0	0 0	Fecundidad (F)	0.006073623
A1	0	0	0.0061	0.0030	0	0 0		
A2	0	0	0	0.0061	0.0146	0 0		
A3	0	0	0	0.0000	0.0060	0.0521 0		
A4	0	0	0	0	0	0.0055 1	Total	1
BV1: Matriz	de elasticio	dad 2010-201	l1					
Categorias	S	Р	J	A1	A2	A3 A4	<u> </u>	va de los procesos demográfico:
S	0	0	0	0		2.2688E-11 0	Permanencia (P)	0.999990535
Р	0.0000014	0.0000007	0	0	0	0 0	Crecimiento C	8.11265E-06
J	0	0.0000014	0.5894	0	0	0 0	Fecundidad (F)	1.35212E-06
A1	0	0		0.0000041	0	0 0		
A2	0	0		0.0000014	0.000018	0 0		
A3	0	0	0	0.0000000	0.000001	0.000009 0		
A4	0	0	0	0	0	0.000001 0	Total	1
b)								
, , , , , ,		dad 2009-20	10					
Categorias	S	Р	J	A1	A2	A3 A4		iva de los procesos demográfico
S	0		7.091E-10	2.46E-17	1.765E-16	1.589E-16 0	Permanencia (P)	0.999999996
Р	0.0	0.6015	0		0	0 0	Crecimiento C	3.10762E-09
J	0	0.0	0.3743	0	0	0 0	Fecundidad (F)	9.90656E-10
A1	0	0	0.0	0.0	0	0 0		
A2	0	0	0		0.0	0 0		
А3	0	0	0		0.0	0.0 0		
A4	0	0	0	0	0	0.0 0	Total	1
D\/2. Ma+ria	do alacticia	dad 2010-201	11					
Categorias	S de elastició	2010-201 P	L1 J	A1	A2	A3 A4	Importancia relati	iva de los procesos demográfico
S	0	. 0	0		0	0 0	Permanencia (P)	1
P	0.0	0.0	0	0	0	0 0	Crecimiento C	-1.99E-15
J	0.0	0.0	0.5	0	0	0 0	Fecundidad (F)	0
A1	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0		•
A2	0	0	0.0		0.0	0 0		
A3	0	0	0	0.0	0.0	0.50 0		
A4	0	0	0		0.0	0.00 0	Total	1
			- 0		- 0	0.00 0	· Jtui	•

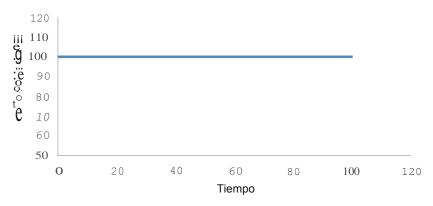
d) Simulaciones

Se realizaron proyecciones del crecimiento de las poblaciones a 100 años (Programa PopTools para Excel) para ambas poblaciones tomando como base los valores originales de las poblaciones (2010-2011). Estas proyecciones se muestran en la Figura 3.8.1 y 3.8.2. Para lograr un aumento en el tamaño poblacional, se requeriría incrementar el paso de semilla a plántula y la permanencia y tránsito de plántula a juvenil y de juvenil a adulto 1 (A1). El incremento es prácticamente imposible de lograrse en condiciones naturales.

Por otra parte, la extracción de un 50% de los individuos A3, prácticamente llevarían a estas poblaciones a la extinción, en un lapso de tiempo menor a 40 años, como se muestra en la simulación realizada a la población BV2 (Figura 3.8.2, última gráfica). A partir de estos datos, queda demostrado que no es posible permitir la extracción de individuos Adultos de las poblaciones naturales, para la elaboración de acitrón pues esto condenaría a las poblaciones a su desaparición.



Proyeccion del Tamaño Poblacional, duplicando la sobrevivencia de plántulas (A;;;1.00012) BVI



Proyeccion del Tamaño Poblacional incrementando 100 veces la llegada de plántulas (A;1.00027) BVI

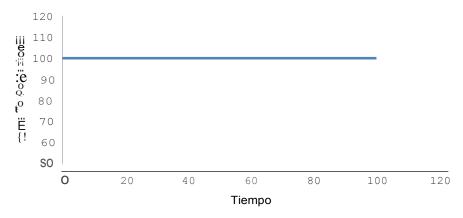
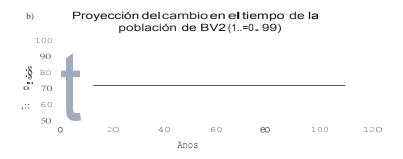
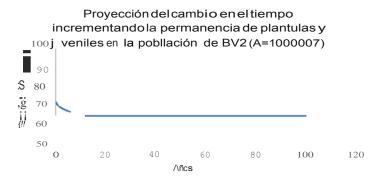


Figura 3.8.1 Simulaciones del cambio en el tamaño poblacional BV1 (2010-2011) bajo diferentes escenarios.







Proyección delcambio en eltiempo

Proyección delcambio del tamaño población reduciendo la sobrevivencia de A3 en la población BV2 (A=0.8857)

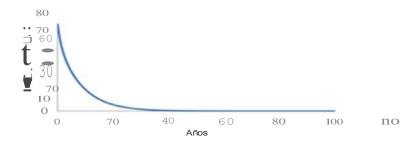


Figura 3.8.2. Simulaciones del cambio en el tamaño de la población BV2 bajo diferentes escenarios.

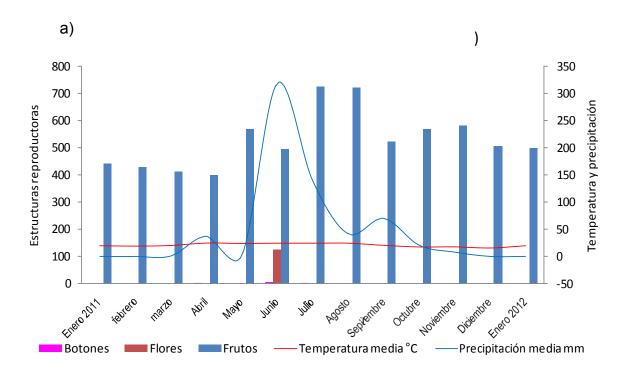
3.7.- Reproducción sexual

a) Fenología reproductiva

Se realizaron censos mensuales durante doce meses consecutivos, (enero 2011-enero 2012) en individuos adultos (BV1 N=27; BV2 N=26). En cada censo se registró el número de estructuras reproductoras: botones, flores y frutos por individuo. Se obtuvieron los valores promedio mensuales de temperatura ambiental y precipitación del sitio de estudio durante el tiempo en que se realizaron los censos fenológicos.

En BV1 los individuos desarrollaron botones de abril a julio y flores en junio. La mayor cantidad de botones y flores se observaron en junio y de frutos en agosto. En BV2 se observaron botones de abril a septiembre, flores en junio y la mayor cantidad de frutos en agosto. Junio fue el mes con la mayor precipitación y entre mayo y agosto se registraron las mayores temperaturas.

Los frutos permanecen en el pseudocefalio de los individuos varios meses, probablemente para completar la maduración de las semillas. Los eventos de floración tienden a ser muy sincrónicos, como ocurre con otras cactáceas, y estos se presentan en la época más cálida y lluviosa del año (Figura 3.9).



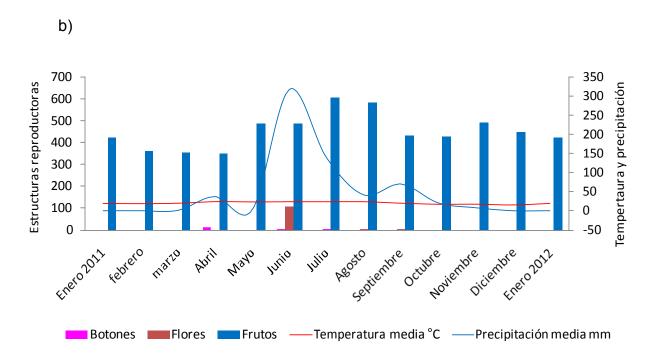


Figura 3.9. Fenología reproductiva de *E. platyacanthus*:

a) BV1 (2011-2012; N=27; b) BV2 (2011-2012; N=26).

b) Florimetría

Se colectaron quince flores de *E. platyacanthus* en antesis de BV1 y se determinaron diez variables morfométricas. Los parámetros tomados en cuenta para el análisis se encuentran señalados en la Figura 3.10 y en la Tabla 3.9, se presentan los datos obtenidos.

Parámetros considerados para la morfometría floral

- 1. Altura de la flor
- 2. Diámetro pericarpelo
- 3. Diámetro perianto
- 4. Longitud del estigma
- 5. Número de lóbulos del estigma
- 6. Diámetro ecuatorial de la cámara ovárica
- 7. Longitud promedio de los segmentos del perianto
- 8. Longitud promedio de los estambres
- 9. Número de estambres
- 10. Número de óvulos

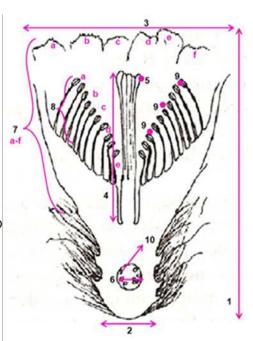


Figura 3.10. Esquema de la flor de *E. platyacanthus* y parámetros estudiados (Modificado de Bravo Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

Tabla 3.9. Morfometría floral de E. platyacanthus.

Flor	1. Altura de la flor (mm)	2.Diámetro Pericarpelo (mm)	3. Diámetro perianto (mm)	4. Long estigma (mm)	5. Número de lóbulos del estigma	6. Diametro ecuatorial cámara ovarica (mm)	7. Segmentos del perianto (mm)	8. Longitud media estambres (mm)	9. Número de estambres	10. Número de óvulos	Total de granos de polen
1	54.2	26.3	42.4	33.2	10	7.2	26.1	13.1	2061	139	430337
2	50.6	24.2	36.4	28.3	8	10.5	25.8	13.9	2984	164	623059
3	45.5	27.4	39.2	25.4	4	8.2	24.8	13.2	1731	59	361433
4	57.4	25.6	39.3	41.5	6	7.4	27.2	13.3	2036	119	425117
5	58.3	25.7	46.5	41.4	12	8.2	27.1	12.7	2457	165	513022
6	58.2	20.6	35.6	36.4	5	5.4	27.0	14.7	1401	127	292529
7	46.4	30.7	50.6	34.2	12	7.3	24.3	12.3	3240	180	676512
8	47.3	20.5	43.2	26.4	8	6.4	24.5	13.7	1992	114	415930
9	53.2	28.2	47.3	30.6	8	7.3	25.9	14.4	2427	110	506758
10	50.6	24.2	42.3	31.4	7	7.3	25.0	14.6	1744	67	364147
11	48.3	30.6	47.4	32.3	9	7.2	25.9	12.3	2148	239	448502
12	48.2	26.5	55.6	35.6	7	6.5	28.4	14.7	1934	77	403819
13	48.2	29.2	52.4	34.2	10	7.4	28.1	14.8	2497	223	521374
14	50.7	26.7	49.2	49.3	7	6.5	25.6	14.0	2297	172	479614
15	48.3	28.3	51.5	46.5	6	6.6	25.48	14.18	2441	121	509681
min	45.5	20.5	35.6	25.4	4	5.4	24.32	12.34	1401	59	292529
max	58.3	30.7	55.6	49.3	12	10.5	28.38	14.82	3240	239	676512
Promedio	51.03	26.31	45.26	35.11	7.93	7.29	26.08	13.73	2226.0	138.4	464789
desvest	4.284	3.060	6.073	6.955	2.344	1.137	1.242	0.853	477.241	52.701	99648
EE	2.5	1.8	3.5	4.0	1.4	0.7	0.7	0.5	275.5	30.4	57532

c) Marcha floral

Durante el mes de julio se hizo el seguimiento de 15 flores en antesis en BV1. Las flores son diurnas y viven dos días. La antesis comienza alrededor de las 10:00hrs y finaliza alrededor de las 18:00hrs. La máxima apertura del perianto se presentó entre las 12:00hrs y las 14:00hrs, cuando la temperatura alcanza su máximo. Los lóbulos del estigma permanecieron abiertos durante toda la antesis y el máximo diámetro del área cubierta por las anteras se presentó a las 16:00hrs (Figura 3.11). Antes de terminar la antesis, las anteras se encontraban cercanas al estilo y algunas de ellas hacían contacto con los lóbulos del estigma.

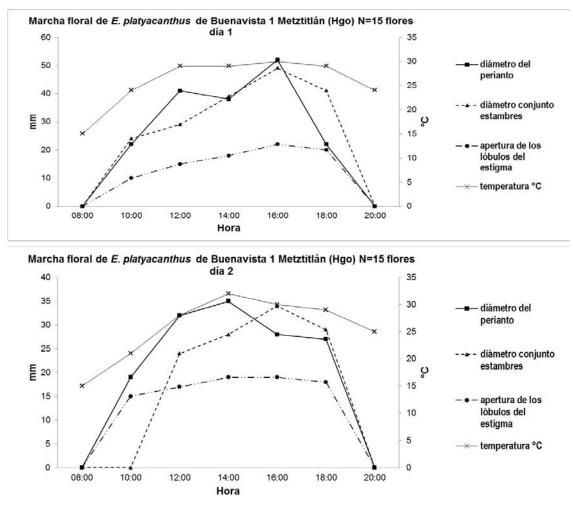


Figura 3.11. Marcha floral de *E. platyacanthus* (BV1; N=15 flores en antesis):

a) primer día de antesis y b) segundo día.

d) Sistema de cruza

Para determinar el sistema de cruza de *E. platyacanthus*, se realizaron experimentos de polinización controlada en la población BV1, con cuatro repeticiones cada uno: a) Control; b) Autopolinización natural; c) Autopolinización artificial (o autocruza artificial) y d) Polinización cruzada artificial, en la cual las flores fueron manualmente polinizadas con polen de otras flores.

A los tres meses, se colectaron los frutos maduros y se realizó el conteo de las semillas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.10.

Los resultados señalan que la especie presenta un **sistema mixto** de cruza, es decir que aunque la mayor parte de la polinización se produce por entrecruza, existen algunas semillas que son producto de la autocruza.

Tabla 3.10. Resultados de los experimentos de polinización

Tratamientos	Fruit set	Semillas/fruto	Seed set
Control	1	171	1
Autopolinización natural	1	17.75	0.129
Autopolinización artificial	1	6.25	0.045
Polinización cruzada artificial	1	134	0.971

e) Sistema de apareamiento

El sistema de apareamiento (mating system) se determinó a través del Índice de Cruden (OCI) y de la proporción polen:óvulo (Cruden 1997; 1998). Los datos señalan que la especie es **xenógama facultativa**, lo cual concuerda con los resultados de los experimentos de polinización (Tabla 3.11).

Tabla 3.11.- Sistema de apareamiento (mating system) de *E. platyacanthus*.

Parámetro	Evaluación	Valor asignado
Diámetro del perianto	4.52(±0.6DE)cm	3
Hercogamia (separación espacial)	Ausente	0
Dicogamia (separación en el tiempo)	Homogamia	0
OCI	Xenógama facultativa	3

En lo que se refiere a la proporción polen:óvulo, (P/O) ésta es de 3,358:1, lo que corresponde a un sistema de apareamiento intermedio entre **xenógamo facultativo y xenógamo**, lo cual concuerda con lo observado en los experimentos de polinización.

f) Germinación

En el año 2011 se colectaron frutos de diferentes individuos de *E. platyacanthus* de la población BV1 con el fin de obtener las semillas y determinar su tasa de germinación. La siembra se realizó en agosto de 2012. Antes de la siembra, las semillas fueron sometidas a choque térmico, colocándolas en agua a 50°C y se dejaron remojar por 24 hrs. Posteriormente se desinfectaron con Captán (al 1% disuelto en agua) durante dos minutos y en una solución de hipoclorito de Sodio al 10% por dos minutos. La siembra se realizó en envases de PET, utilizando como sustrato tierra para cactáceas esterilizada. El sustrato fue llevado a su capacidad de campo al momento de la siembra.

Se sembraron 10 semillas por germinador y se realizaron 24 repeticiones (total = 240 semillas). El experimento se colocó en invernadero. Cada tercer día se registró la germinación, considerando la presencia de radícula como germinación.

La germinación inició en el día seis y finalizó en el día 50. El porcentaje total de germinación obtenido fue de 88.75% y el tiempo medio de germinación (T_{50}) = 12.82 días (Figura 3.12).

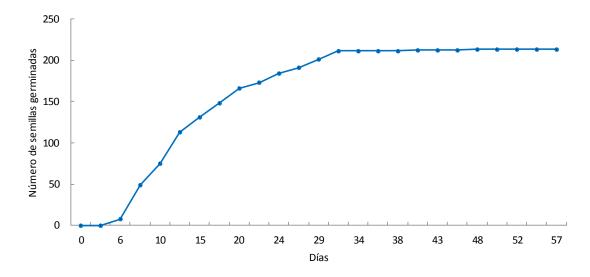


Figura 3.12. Curva de germinación acumulada de las semillas de *E. platycanthus* (Buenavista1; N=240 semillas).

3.9.- Bibliografía

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber press. Portland, Oregon.
 776 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 404 p.
- CITES. 2013. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 12 de junio de 2013.
 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Maison internationale de l'environnement. Ginebra, Suiza. 47 pp.
 Disponible en: http://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses:
 Their roles in conservation biology. Ecology 81:619-627.
- Caswell, H., 2001. Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, Sinauer, Sunderland, MA, USA.
- Cruden, R.W., 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31: 32-46.
- Cruden R.W. y S. Millar-Ward. 1981. Pollen-ovule ratio, pollen size, and the ratio of stigmatic area to the pollen bearing area of the pollinator: An hypothesis. Evolution 35 (5), 964-974.
- de Kroon, H., A. Plaisier, J. van Groenendael y H. Caswell. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. Ecology 67: 1427-1431.
- Guzmán, U., S. Arias M. y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 p.
- Hernández H. M. & Gómez-Hinostrosa C. 2011. Mapping the Cacti of Mexico. dh books. Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad. England. 128 pp.

- Hernández, H. M., Cházaro, M. & Gómez-Hinostrosa, C. 2013. Echinocactus platyacanthus. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Diponible en http://www.iucnredlist.org/details/152537/0. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Jiménez-Sierra, C. y C. Jiménez-González. 2003. Heterogeneidad ambiental y distribución de cactáceas en una zona semiárida. Cactáceas y Suculentas Mexicanas, 48: 4-17.
- Jiménez-Sierra, C. y L. E. Eguiarte F. 2010. "Candy Barrel Cactus *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto: A Traditional Plant Resource in Mexico Subject to Uncontrolled Extraction and Browsing". Economic Botany. Volume 64 (2): 99-108. DOI: 10.1007/512231-010-9119-y
- Jiménez-Sierra, C., M.C. Mandujano y L.E. Eguiarte. 2007. Are populations of the candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus*) in the Desert of Tehuacán, México at risk? Population projection matrix and Life Table Response Analysis. Biological Conservation 135: 278-292.
- Matias-Palafox, Ma. L. 2007. Estructura poblacional y biología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha (Cactaceae). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- SEMARNAT. 2002. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002.
- SEMARNAT. 2010. NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación Segunda Edición 30 de diciembre de 2010.

Referencias de los registros de la especie

- Anderson E. F. 2001. The cactus family. Timber press. USA. 776 pp.
- Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada H. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. México. 404 pp.
- Britton N.L. & J.N. Rose. 1963. The Cactaceae descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. III al IV. Dover publications, Inc. New York. 318 pp.
- Hernández H. M. & Gómez-Hinostrosa C. 2011. Mapping the Cacti of Mexico. dh books. Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad. England. 128 pp.

3.10.- Créditos

Colaboradores en el estudio de Echinocactus platyacanthus

Autor Jiménez-Sierra. Cecilia Leonor

Autor abreviado Jiménez-Sierra, C.L.

Coautor Matias-Palafox, Ma. L.

Correo electrónico ceci@xanum.uam.mx

Institución Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad

Iztapalapa

Responsable del proyecto Jiménez-Sierra, C. L.

Número de referencia HK026

Título Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas

Año de término 2014

Mapa Jiménez-Sierra, C.L.

Matias-Palafox, Ma. L.

Fotografías Jiménez-Sierra, C.L.

Vázquez-Díaz, E.

Otros colaboradores Arroyo-Pérez, E. (Análisis de datos)

Brito Castrejón, K.D. (Redacción)

Camacho Santacruz, L. (Captura de datos)

González Hernández, C. (Germinación)

Serrano M., G. (Germinación)

Vázquez-Díaz, E. (Captura de datos; Germinación)

4.- Mammillaria longimamma DC.

4.1.- Información taxonómica y descripción de la especie

a) Taxonomía

Mammillaria longimamma DC.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Caryophyllales Familia: Cactaceae

Género: *Mammillaria*

AutorAnioGenero: DC. 1828 (Guzmán et al., 2003)

Especie: longimamma

AutorAnioEspecie: DC. 1828 (Guzmán *et al.*, 2003) -Nombre científico: *Mammillaria longimamma* DC.

-Sinonimias: Dolichothele longimamma DC. 1923; Mammillaria uberiformis Zucc. ex Pfeiff. 1837; Dolichothele uberiformis Zucc. ex Pfeiff. 1923; Mammillaria longimamma subsp. Uberiformis Zucc. ex Pfeiff. Krainz 1974. M. longimamma DC. var hexacentra Berger 1840; M. longimamma DC. var. gigantothele Berger. Föster 1846; Dolichothele longimamma DC. Britton y Rose 1923. Cactus longimammus DC. Kuntze 1891; Dolichothele longimamma DC. Britton & Rose 1923; Mammillaria uberiformis Zucc. ex Pfeiff. 1837; Cactus uberiformis Zucc. ex Pfeiff. Kuntze 1891; Mammillaria longimamma DC. var. uberiformis Zucc. ex Pfeiff. Schum. 1898; Dolichothele uberiformis Zucc. ex Pfeiff. Britton & Rose 1923; D. longimamma DC. Britton & Rose subsp. uberiformis Zucc. ex Pefeiff. Krainz 1974 (Anderson, 2001; Guzmán et al., 2003; Scheinvar, 2004).

b) Nombres comunes

Biznaguita, finger cactus, nipple cactus, pineaple cactus y biznaga de dedos largos (Scheinvar, 2004; Anderson, 2001; SEMARNAT, 2002; 2010).

c) Descripción de Mammillaria longimamma

Plantas con tallo simple hasta cespitoso en la base, de 8 a 15 cm de altura y diámetro, de color verde; ápice aplanado (Figura 4.1a). Tubérculos suaves grandes, oblongo-ovados hasta cilíndricos, de sección transversal elíptica, largos, de 2.5 (3 a 5 o hasta 7) cm de longitud y de 1 a 1.5 cm de diámetro. Aréolas circulares hasta ovales, los jóvenes con lana blanca. Axilas al principio con pelos más o menos setosos, después desnudas. Espinas radiales en promedio 8 o 9 a 14, miden de 5 a 20 mm de longitud, aciculares, rectas, pubescentes, algoflexuosas, blancas hasta amarillentas, con la base y la punta oscuras, horizontales. Espinas centrales generalmente sólo 1, a veces 4, o en ocasiones ninguna, hasta 25 mm de longitud, aciculares, rectas, puberulentas, flexuosas, con la base algo ensanchada, de color castaño claro con la punta negra, porrectas. Flores numerosas que brotan en el ápice del tallo, pero en las axilas de los tubérculos maduros, infundibuliformes, de 5 a 6 cm de longitud y diámetros (Figura 4.1b); pericarpelo ovoide, desnudo, verdoso; receptáculo cilíndrico en la porción inferior e infundibuliforme en la superior, desnudo, verdoso, la parte inferior cilíndrica, no tubular, sino maciza, y a través de ella pasa el estilo, la superior integra un largo anillo nectarial; segmentos exteriores del perianto lanceolados hasta espatulados, agudos, verdosos, hasta castaño amarillentos con línea media de color castaño; segmentos interiores del perianto lanceolados, agudos, de color amarrillo canario; estambres primarios insertos por arriba del anillo nectarial, en la base ampliada del receptáculo, los demás continuándose hasta la garganta, filamentos y anteras amarillos, disponiéndose en espiral en torno al estilo; estilo verde amarillento; lóbulos del estigma 4 o 5 y a veces 8, amarillentos. Fruto oblongo hasta elipsoide, de 10 a 12 mm de longitud, desnudo, de color verde amarillento, verde rojizo o hasta rojo. Semillas ovoides, de 1 mm de longitud; testa gruesamente foveolada, de color castaño oscuro hasta negro; hilo grande, subbasal, sin arilo, micrópilo fuera pero cerca del hilo, embrión con cotiledones reducidos, sin perisperma. Esta especie comprende un complejo de variedades del centro de México, distribuidas en los estados de Hidalgo y Querétaro, que se distinguen por sus espinas escasas (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).



Figura 4.1a. Mammillaria longimamma en Jilotla (Metztitlán, Hgo.) (Foto: E. Vázquez).



Figura 4.1b. *Mammillaria longimamma* con flor (Jilotla, Metztitlán, Hgo) (Foto: Ma. L. Matias-Palafox).

d) Estatus de conservación

M. longimamma está incluida en:

- 1) El **Apéndice II de CITES** (CITES, 2012), donde se encuentran especies que aunque no necesariamente están amenazadas de extinción sí podrían llegar a estarlo si no se controla su comercio.
- 2) La NOM-059-SEMARNAT 2001 (SEMARNAT, 2002) y NOM-059-SEMARNAT 2010 (SEMARNAT, 2010) como especie Amenazada (A).
- 3) La **Lista Roja** de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (**UICN**, 2014) como especie **Vulnerable** (Vulnerable B1ab (iii)) (Tabla 4.1). En esta categoría se incluyen especies cuyas poblaciones presentan bajo intercambio genético, poseen poblaciones fragmentadas (a); en continuo decremento (b) y áreas de distribución restringida (iii) (Gómez-Hinostrosa *et al.*, 2013)

Tabla 4.1. Estatus de conservación reportado para Mammillaria longimamma

Instancia	Categoría /Apéndice	Referencia	Consultado
CITES	Apéndice II	CITES, 2013	22/06/2014
UICN	Vulnerable (B1ab(iii)	Gómez-Hinostrosa et al., 2013	27/06/2014
NOM-059-SEMARNAT-2001	A (Amenazada)	SEMARNAT, 2002.	22/05/2012
NOM-059-SEMARNAT-2010	A (Amenazada)	SEMARNAT, 2010.	22/05/2012

4.2.- Distribución geográfica: Histórica y actual

Mammillaria longimamma es endémica de la región central de México. La especie ha sido reportada en los estados de: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí (Guzmán et al., 2003; Anderson, 2001; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorado, 1991; Britton & Rose, 1963; Jiménez-Sierra y Reyes, 2003). Existe un ejemplar de herbario que señala una localidad en Huayacocotla (Veracruz), pero carece de geo-referencias. Tomando en cuenta los datos de las localidades georreferenciadas, bibliográficas y de herbario (Figura 4.2) así como las visitas a

estos sitios se elaboró con ayuda del programa Arc View (Versión 9.3) el mapa de la distribución histórica y actual de la especie (Figura 4.3).

Se recopiló la información de 46 registros de la especie, de los cuales solo 18 están geo-referenciados: 15 de colectas y 3 nuevos registros (Buenavista 1; Jilotla y Rancho Alegre).



Figura 4.2 Ejemplares de *Mamillaria longimamma* depositados en el herbario MEXU (Foto: Y. Hidalgo-Rosas).

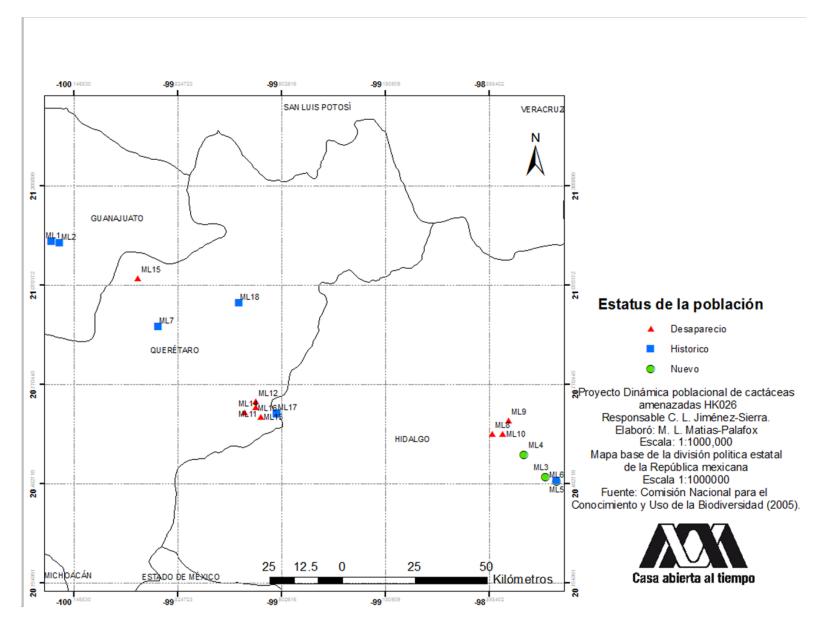


Figura 4.4. Mapa de distribución histórica y actual de Mammilaria longimamma

Tomando en cuenta los registros georreferenciados *M. longimamma*, presenta un rango de distribución altitudinal de 1,048 m (desde los 1,000 msnm en Pinal de Amoles (Qro.) hasta 2,048 msnm en Barranca el Sordo (Qro.).

Los límites de la distribución espacial de la especie se presentan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Límites extremos de la distribución espacial de M. longimamma

	Latitud	Longitud	Loladiad de limítrofe	Estado
Norte	21°12.82'	-100°12.81'	Cerros al Norte del poblado Victoria (Victoria)	Guanajuato
Sur	20°28'21"	-98°39'50.9"	Rancho Alegre (Metzitlán)	Hidalgo
Este	20°28'21"	-98°39'4"	A 15 km al NW de El Paraje de Los Sauces, al NW de La Peña (San Agustín)	Hidalgo
Oeste	21°12.82'	-100°12.81'	Cerros al Norte del poblado Victoria (Victoria)	Guanajuato

4.3.- Características ambientales

a) Clima

La distribución de las 18 localidades georreferenciadas, por clima es la siguiente: 44.44% en clima BS1kw, Semiárido templado con lluvias en verano e invierno; el 22.22% en clima BS0kw, Árido templado con lluvias en verano e invierno; 22.22% en clima BS1hw, Semiárido semicálido con lluvias en verano e invierno y el 11.11% en (A)C(wo), Semicálido subhúmedo con lluvias en verano e invierno.

b) Vegetación

La distribución de las localidades por tipo de vegetación fue:

El 22.22% se encuentran en vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule; el 16.66% en Agricultura de riego anual; 11.11% en Matorral crasicaule; 11.11% en vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; 11.11% en Matorral desértico rosetófilo; 11.11% en Matorral submontano; 5.55% en Pastizal inducido; 5.55% Agricultura de temporal anual y el 5.55% en Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo.

c) Suelo

El 38.88% se encuentra en suelos de tipo I, Litosol, el 22.22% de tipo Hh, Feozem haplico, el 11.11% de tipo Je, Fluvisol eutrico, el 5.55% de tipo Vp, Vertisol pelico, el 5.55% de tipo Hc, Feozem calcarico, el 5.55% de tipo E, Rendzina, el 5.55% de tipo Rc, Regosol calcarico y el 5.55% de tipo Re, Regosol eutrico.

d) Características edafológicas

En la Tabla 4.3, se presentan las características físico-químicas de muestras compuestas de suelo superficial de las localidades de Jilotla y Rancho Alegre (ambas en Metztitlán, Hidalgo). Estos lugares se encuentran separados por una distancia aproximada de 5 km.

Tabla 4.3. Características físicas y químicas del suelo de dos localidades donde se encuentra *M. longimamma* en Metztitlán, Hidalgo.

Localidad	Jilotla	Danaha Alagra			
		Rancho Alegre			
Estado	Hidalgo	Hidalgo			
Municipio	Metztitlán	Metztitlán			
Longitud W	-98° 45' 9.4"	-98° 39' 50.9"			
Latitud N	20° 33′ 5.4″	20° 28' 10.8"			
Altitud msnm	1328	1391			
Vegetación	Matorral xerófilo	Matorral xerófilo			
Características					
Físicas			Promedio	DE	<u>+</u> EE
Color de Suelo seco	10YR Café	5Y 5/3 Olivo			
Color de Suelo Seco	oscuro	grisáceo			
Densidad relativa (tm ⁻³)	0.8	1.09	0.945	0.205	0.205
Textura	Arcilla	Arcilla			
Arena %	36.2	18.2	27.2	12.728	12.728
Limo %	22	28	25	4.243	4.243
Arcilla %	41.8	53.8	47.8	8.485	8.485
рH	7.72	8.73	8.225	0.714	0.714
Características					
Químicas					
Materia Orgánica (%)	8.88	3.23	6.055	3.995	3.995
Nt (mgKg ⁻¹)	0.44	0.16	0.3	0.198	0.198
P (mgKg ⁻¹)	23.35	9.77	16.56	9.603	9.603
K (mgKg ⁻¹)	962	190	576	545.9	545.9
Ca (mgKg ⁻¹)	8697	5860	7278.5	2006.1	2006.1
Mg (mgKg ⁻¹)	1439	285	862	816.	816.
Na (mgKg ⁻¹)	240	64	152	124.45	124.45

4.4.- Estado actual de las poblaciones

a) Densidades poblacionales y extensión de las localidades

M. longimamma crece generalmente bajo la fronda de los árboles. Sin embargo, es común el uso de los árboles para la obtención de leña, así como para apersogar burros y caballos, lo cual produce la modificación del suelo y provoca la muerte de las plantas por pisoteo o ramoneo. En las localidades visitadas, el continuo de vegetación generalmente es menor a una hectárea, con un promedio de 0.37 (± 0.29) ha (Figura 4.3a). La densidad media en los parches donde aún persiste la especie es 1.1 (± 0.53 DE) ind/m² (Figura 4.3b).

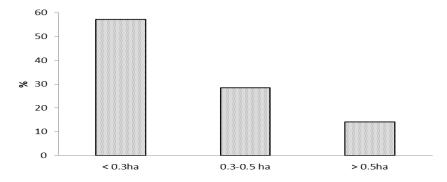


Figura 4.3a. Extensión de la cubierta vegetal en las localidades de *M. longimamma*.

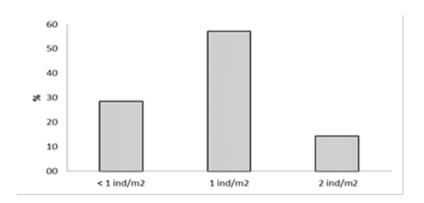


Figura 4.3b. Densidad de *M. longimamma* en las localidades visitadas (N=7).

b) Factores de riesgo

Durante el desarrollo de este trabajo se visitaron 15 de las 18 localidades georreferenciadas. En ocho de ellas (53%), no se encontraron individuos de la especie: tres pertenecientes al municipio de Metztitlán (Hgo.); cuatro del municipio de Cadereyta de Montes (Qro.) y una del municipio de Peñamiller, (Qro.). Estas localidades han sufrido cambios en su hábitat debido a factores urbano y de ganadería. En las 15 localidades donde la especie prevalece se observaron disturbios de tipo agrícola, ganadero, urbano y de infraestructura y para la mayoría de ellas se presenta más de un tipo de disturbio.

Además, de los disturbios del hábitat, en Hidalgo y Guanajuato, esta planta es colectada en diciembre para adornar nacimientos, por lo cual las densidades encontradas son muy bajas.

Otro factor de disturbio es la pérdida de cubierta vegetal, ya que comúnmente esta Mammillaria se encuentra bajo la protección del dosel de los árboles y arbustos (Jiménez-Sierra y Jiménez, 2002).

Se observó evidencia de disturbio antropogénico en seis de las siete poblaciones persistentes (86%). La localidad de Rancho Alegre fue la única sin disturbio. En el resto de las localidades se presentaron de dos a tres tipos de disturbio (Figura 4.3c).

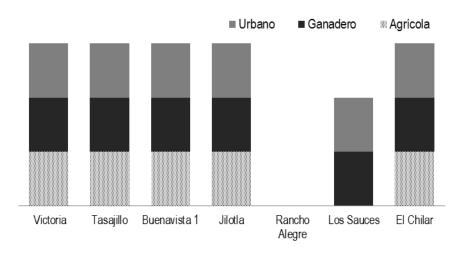


Figura 4.3c. Disturbios observados en las localidades con *M. longimamma*.

4.5.-Demografía

a) Población estudiada

Los estudios de demografía, dinámica poblacional y biología reproductiva se realizaron en la población "**Jilotla**" (Metztitlán, Hgo.), ubicada dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán: 20°33′5.4" N; 98°45′9.4"W, y 1,328 msnm. La población se encuentra en una ladera con orientación Noreste y pendiente de 20°. La vegetación presente es un matorral xerófilo sarcocaule con presencia de *Isolatocereus dumortieri* (Figura 4.4).

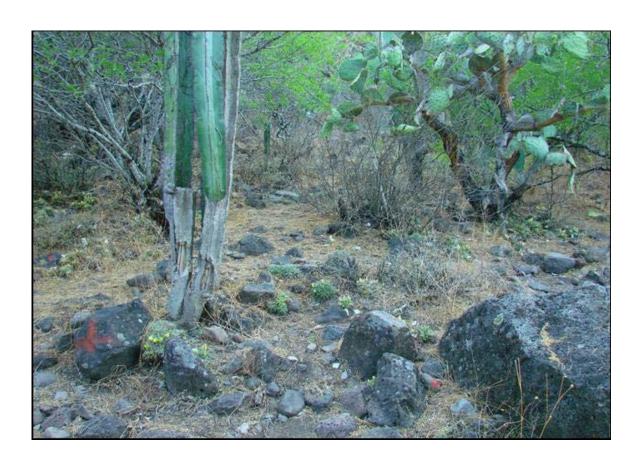


Figura 4.4. Localidad "Jilotla" donde crece *M. longimamma* (Metztitlán, Hgo)(Foto: C. Jiménez).

b) Densidad poblacional y distribución intrapoblacional

El continuo vegetacional de la localidad es tan sólo de 0.5 ha. La población de *M. longimamma* se encuentra restringida a parches protegidos por especies arbóreas o cactáceas de gran tamaño. En 2010 se trazaron cuatro parcelas permanentes, no contiguas, de 5m de lado cada una (25m²), registrándose un total de 123 individuos, por lo que la densidad fue de 1.23 individuos/m².

El Índice de Distribución espacial, ID (Ludwing & Reynolds, 1988) fue de 3.8 (T= 1.968; P<0.05), indicando una distribución intrapoblacional agregada.

c) Estructura poblacional

La estructura poblacional se determinó con base en la cobertura de los individuos, la cual se obtuvo de la suma de las áreas de todas las ramas o cabezas que conforman a cada individuo. Las categorías de tamaño se muestran en la tabla 4.4.

Categoría	Área (cm²)	2010	2011	2012
Plántula (P)	1-10	6	4	2
Juvenil (J)	10.1-40	24	26	30
Adulto 1 (A1)	41-80	20	17	25
Adulto 2 (A2)	80.1-200	37	32	29
Adulto 3 (A3)	201-320	17	24	11
Adulto 4 (A4)	>320	14	15	8

Tabla 4.4. Categorías de *Mammillaria longimamma* por coberturas

Los individuos presentaron de una hasta 37 ramas (o cabezas) (X=6.2±0.6EE). La mayor frecuencia se encuentra en la clase de 1-5 ramas la cual conforman el 63.4% de la población (Figura 4.4a).

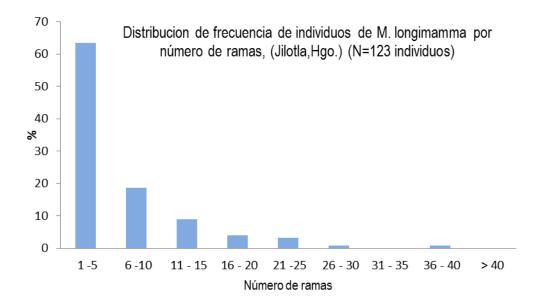


Figura 4.4a. Frecuencia de *M. longimamma* por número de ramas.

La distribución de la poblacional tomando en cuenta las coberturas es bimodal. La clase más abundante es Adultos 2 (A2) en donde en el promedio de los tres años se encontró el 33% de los individuos, seguida por los Juveniles (J) (Figura 4.4b). Esta estructura se mantuvo más o menos constante a través del tiempo a pesar de la alta mortalidad que se presentó en el segundo año (4.4c).

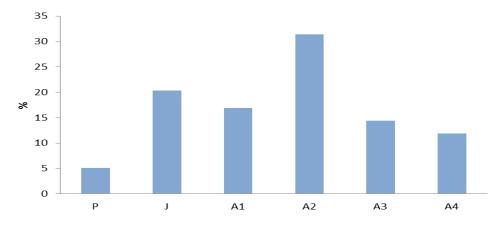


Figura 4.4b. Estructura de *M. longimamma* con base en la cobertura N=118. Jilotla, Hgo. (2010).

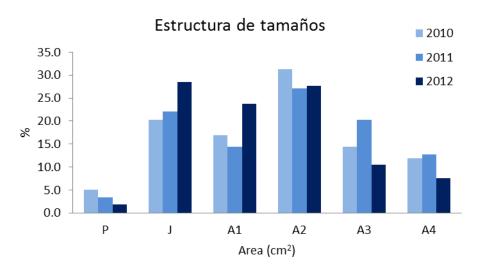


Figura 4.4c. Estructura poblacional de *M. longimamma* a través del tiempo.

4.6.- Dinámica poblacional

a) Ciclo de vida

A partir delos datos de tres censos anuales (diciembre 2010, diciembre 2011 y diciembre 2012) y tomando en cuenta la estructura de la población por coberturas, se elaboró el diagrama del ciclo de vida para 2010-2011 (Figura 4.6).

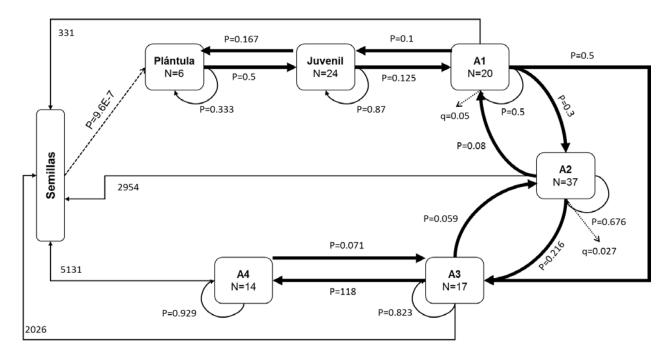


Figura 4.6. Diagrama del ciclo de vida de vida de *M. longimamma* (datos 2010-2011). Los rectángulos representan las categorías con el número de individuos. Las flechas que regresan a la misma casilla representa la probabilidades de permanencia o estasis; las flechas entre casillas indican transiciones (crecimiento o regresiones); las flechas hacia la casilla semillas indican las semillas producidas por la clase (fecundidad); q= Probabilidad de muerte.

b) Edades estimadas

La edad de los individuos se estimó a partir del incremento promedio del área de los individuos/categoría/año. De acuerdo a estas estimaciones, se requieren alrededor de 17 años para que un individuo llegue a 320 cm² (A4) (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Crecimiento de los individuos por categoría de tamaño y estimación de edades.

	Cobertura	Crecimiento medio		Tiempo para transitar	Edad estimada
Categoría	(cm2)	(cm/año)	EE	en la categoría (años)	(años)
Р	0-10	2.78	0.223	3.59	
J	10.1-40	9.83	0.038	3.052	3.6
A1	40.1-80	17.04	0.231	2.347	6.65
A2	80.1-200	33.51	0.077	6	9.00
A3	200.1-320	62.11	0.148	1.932	15.00
A4	>320	105.07	1.038		16.93

c) Dinámica Poblacional

Con la información recabada en los tres censos anuales (2010, 2011 y 2012) y las observaciones fenológicas de 2010-2011, se construyeron las matrices de transición poblacional de Lefkovitch (Caswell, 2001), correspondientes a los años 2010-2011 y 2011-2012 (Tabla 4.6).

08 Semilla (S), Plántula (P) y Adulto (A1, A2, A3, A4). La diagonal principal indica las probabilidades de permanencia (P). Los valores de las lambdas (λ,± intervalo de confianza al 95%); la estructura estable de tamaños esperada (w) y observada, así Tabla 4.6. Matrices de transición de Lefkovitch de *M. Iongimamma* (Jilotla, Hgo), para los dos años de estudio. Categorias: valores por encima de la diagonal señalan regresiones (R) y los valores por debajo de la diagonal corresponden al crecimiento (C). El primer renglón indica la aportación anual de semillas por categoría (Fecundación, F). Se presentan como los valores reproductivos por categoría (v).

	a) Matriz 201	0-2011	λ =1.0000±0.1466	9				Estruc
	S	Ь	-	A1	A2	A3	A4	Espe
S	0	0	0	311	2954.5	2021.5	5131.5	1053
а	9.5983E-07	0.5	0	0	0	0	0	0.0
_	0	0.5	0.875	0.1	0	0	0	0.1
A1	0	0.16667	0.125	0.5	0.0811	0	0	0.0
A2	0	0	0	0.3	0.6757	0.0588	0	0.2
A3	0	0	0	0.05	0.2162	0.8235	0.0714	0.9
A4	0	0	0	0	0	0.1176	0.9286	1.5

Estructura estable (w	table (w)			Valor
Esperada	Observada	χ	р	reproductivo (v)
10533.5752	10418.5	1.271		1.41858E-07
0.0152	9	5.970	<0.025	0.14779
0.1194	24	23.762	<0.001	0.14787
0.0735	20	19.853	<0.001	0.14787
0.2378	37	36.526	<0.001	0.16526
0.9365	17	15.179	<0.001	0.19051
1.5424	14	11.085	<0.001	0.20069

	b) Matriz 2011-201	1-2012	λ=0.9366±0.141/	414				E
	S	۵	-	Α1	A2	A3	A4	ш
S	0	0	0	311	2954.5	2021.5	5131.5	10
Ъ	9.5983E-07	0.5	0	0	0	0	0	
_	0	0	0.88461538	0.23529412	0.09375	0	0	1
A1	0	0.25000	0.07692308	0.58823529	0.3750	0	0	111
A2	0	0	0	1E-09	0.3750	0.5833	0.2	
A3	0	0	0	0	0.0313	0.2917	0.2000	
A4	0	0	0	0	0	0.0417	0.4667	

Valor	reproductivo (v)	1.01714E-07	0.09925	0.25649	0.17333	0.16808	0.16148	0.14137
	d		<0.025	<0.001	<0.002	<0.003	<0.004	<0.005
	X ₂	0.285	3.955	511.098	11.881	32.000	24.000	15.000
table (w)	Observada	10418.5	4	26	17	32	24	15
Estructura estable (w)	Esperada	10363.9894	0.0228	141.2759	31.2119	0.0000	0.0000	0.0000

La población difiere de la estructura estable para ambos años. Los valores reproductivos más altos se encuentran en las clases de mayor tamaño (A3 y A4) para el primer año y en juveniles (J) para el segundo año. La lambda (λ) para ambos años no difiere de la unidad (Tablas 4.6 y 4.7). La tasa de mortalidad por categoría y año se presenta en la Figura 4.7, donde puede observarse que ésta se incrementó en todas las clases en el segundo año, debido a perturbaciones del sito causadas por el pisoteo humano para la obtención de leña y el pisoteo de animales domésticos (burros y caballos)

Tabla 4.7. Valores de lambda (λ) de *M. longimamma* e intervalos de confianza

Año	Lambda	Intervalos de confianza (2 DE)
2010-2011	1.0000	0.1466
2011-2012	0.9366	0.1414
Promedio	0.9683	

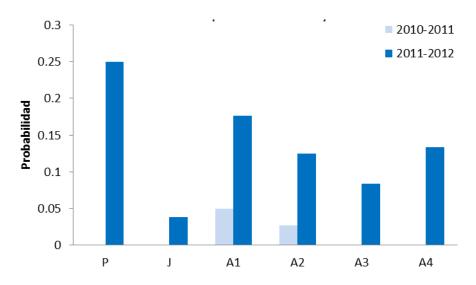


Figura 4.7. Tasas de mortalidad "q", por intervalo de tamaño y año.

En la Tabla 4.8, se presentan las matrices de elasticidad (de Kroon *et al.*, 1986) para los dos años de estudio, donde se observa que la permanencia es el proceso demográfico más importante, seguido por el crecimiento, las regresiones y por último la fecundidad. Al observar la importancia de las categorías, se

observa que los Adultos 4, conforman la categoría con los valores más altos, seguida por los Adultos 3 (Tabla 4.8).

Tabla 4.8. Matrices de elasticidad de M. longimamma para los años de estudio.

a) 2010-2011	. Matriz de	elasticidad					
	S	Ρ.	J .	A1 .	A2 .	A3	A4
S	0	0	0	8.4948E-06	0.00023977	0.00062537	0.00258286
Р	0.0034565	0.00345043	0	0	0	0	0
J	0	0.00258782	0.032837	0.0021362	0	0	0
A1	0	0.00086868	0.00472402	0.01075618	0.0051824	0	0
A2	0	0	0	0.00723802	0.04843513	0.01607392	0
А3	0	0	0	0.0013924	0.01788976	0.2597431	0.03665461
A4	0	0	0	0	0	0.03923747	0.50387984

Importancia relat	iva de
los procesos dem	nográficos
Permanencia	0.86244
Crecimiento	0.07407
Regresión	0.06082
Fecundidad	0.00267

a) 2011-2012	Matriz de	elasticidad					
	S	Ρ.	J .	A1 .	A2 .	A3 .	A4
S	0	0	0	5.7928E-06	0.00017814	0.00047997	0.00200672
P	0.00267062	0.0013333	0	0	0	0	0
J	0	0.00200296	0.02761136	0.00194157	0	0	0
A1	0	0.00066766	0.00394453	0.009708	0.00509584	0	0
A2	0	0	0	0.00650994	0.04746033	0.01627113	0
А3	0	0	0	0.00125072	0.01750709	0.26259049	0.03751209
A4	0	0	0	0	0	0.0395188	0.51373295

los procesos dem	nográficos
Permanencia	0.90335
Crecimiento	0.04834
Regresión	0.04829
Fecundidad	0.00003

d) Simulaciones

En las Figura 4.8 se presentan las proyecciones del cambio del tamaño poblacional a 50 años considerando: a) Los datos originales de la matriz 2010-2011, donde la población tiende a mantenerse constante; b) Los datos originales de la matriz 2011-2012, donde se observa la extinción de la población en menos de 40 años; c) La matriz 2010-2011, incrementando 5 veces la probabilidad de paso de semilla a plántula, donde se observa el aumento del tamaño poblacional y d) Matriz 2010-2011 incrementando en 0.1% el paso de semilla a plántula, que produciría un crecimiento exponencial.

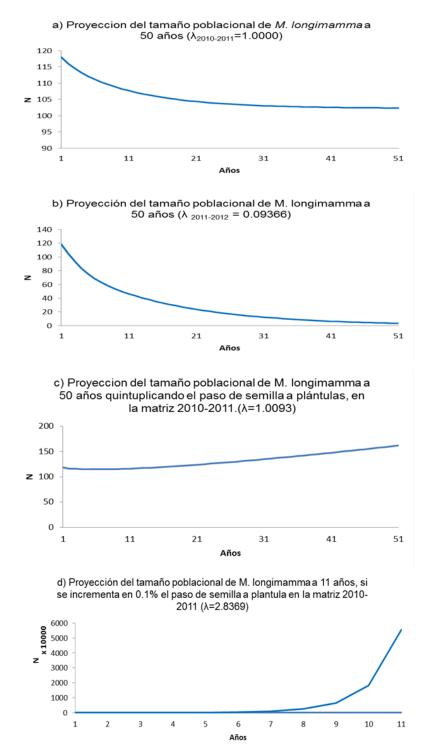


Figura 4.8. Proyecciones del tamaño poblacional de *M. longimamma* de Jilotla (Hgo.): a) Valores originales 2010-2011; b) Valores originales 2011-2012; c) Incrementando cinco veces el paso de semillas a plántulas; d) Incrementando en 0.1% el paso de semilla a plántula.

4.7.- Reproducción sexual

a) Fenología reproductiva

Se realizaron censos fenológicos mensuales de enero de 2011 a enero de 2012 (N=60 individuos), exceptuando los meses de julio y agosto debido a que la crecida del río Metztitlán derrumbó el puente de acceso al sito de estudio. La mayor cantidad de botones se presentaron de marzo a abril. La floración se presentó en abril, siendo muy sincrónica. El pico de fructificación se presentó de mayo a septiembre (Figura 4.9).

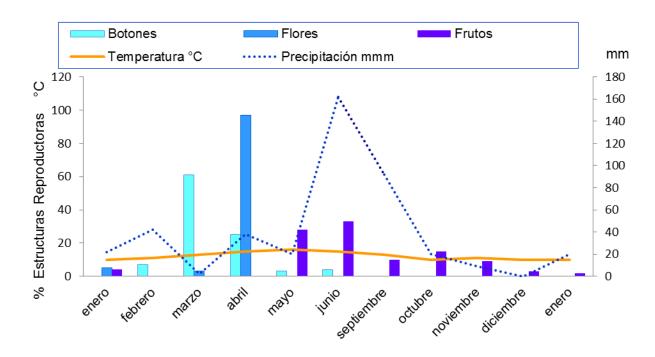


Figura 4.9. Fenología reproductiva de *M. longimamma* (Datos de precipitación y temperatura tomados de la Estación Meteorológica de Metztitlan, Hgo).

Florimetría

Las flores son de color amarillo canario. Se colectaron 12 flores de distintos individuos para determinar 12 variables (Figura 4.10; Tabla 4.9).

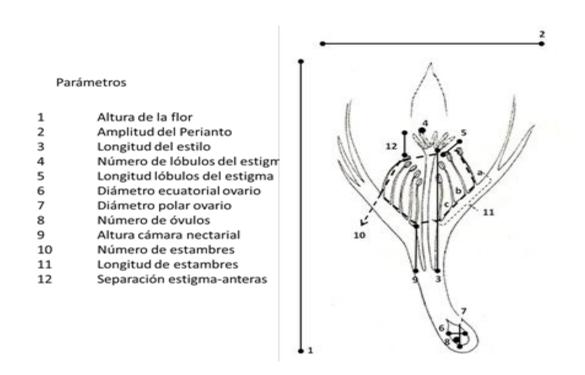


Figura 4.10. Diagrama de la flor de *Mammillaria longimamma* y parámetros morfométricos considerados (Modificado de Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

Tabla 4.9	. Morfomet	ría de las	flores de	Mammillan	ia longima	mma. (N=1	12 flores)							
Núm. Esquema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	11	12
					Longitud de	Diámetro	Diámetro		Altura de la	1				Separación
	Altura total	Longitud del	Longitud del	Número de	los lóbulos	ecuatrorial	polar	Número	cámara		Longitu	d de los estan	nbres	anteras-
Flor	de la flor	perianto	estilo	lóbulos del	del estigma	del ovario	del ovario	de	nectarial	Número de	а	b	С	estigma
	mm	mm	mm	estigma	mm	mm	mm	óvulos	mm	estambres	mm	mm	mm	mm
1	49.28	55.43	18.61	6	4.55	4.59	7.01	214	5.47	298	7.4	10.19	7.25	2.45
2	39.72	17.29	19.63	8	3.01	4.63	4.99	396	2.51	280	6.88	7.35	8.18	2.7
3	44.64	46.8	22.41	6	6.23	3.28	4.48	180	7.05	242	6.15	5.8	4.27	6.76
4	40.08	12.98	16.85	6	2.84	3.23	4.51	110	30.4	248	7.9	6.9	8.39	0
5	54	70.16	20.74	6	3.43	3.98	4.9	156	3.56	172	7.56	6.92	7.68	4.33
6	50.58	57.23	20.76	7	7.02	3.48	5.28	202	6.59	212	7.08	7.47	8.69	5.88
7	47.46	48.82	23.6	6	6.01	2.34	2.99	112	2.14	218	5.03	6.42	7.11	4.83
8	42.6	23.32	20.69	7	4.38	2.97	3.89	186	2.48	224	5.41	6.12	7.3	5.25
9	47.44	47.03	22.35	6	5.12	2.45	3.93	198	3.5	218	6.61	7.65	8.1	6.53
10	44.2	43.53	22.3	7	5.92	2.3	2.32	166	6.94	228	7.19	6.44	8.38	4.49
11	47.74	29.96	22.81	5	7.67	3.3	2.48	148	5.73	212	7.4	6.81	8.22	5.67
12	39.41	10.06	17.67	8	3.84	3.46	4.17	236	2.46	196	6.35	4.71	7.07	2.19
MIN	39.41	10.06	16.85	5	2.84	2.3	2.32	110	2.14	172	5.03	4.71	4.27	0
MAX	54	70.16	23.6	8	7.67	4.63	7.01	396	30.4	298	7.9	10.19	8.69	6.76
PROMEDIO	45.60	38.55	20.70	6.50	5.00	3.33	4.25	192.00	6.57	229.00	6.75	6.90	7.55	4.26
DESVEST	4.63	21.00	2.14	0.90	1.58	0.78	1.30	74.70	7.74	34.48	0.88	1.31	1.18	2.03
EE	1.40	6.33	0.65	0.27	0.48	0.24	0.39	22.52	2.33	10.40	0.26	0.40	0.35	0.61

c) Marcha Floral

Se realizaron observaciones de flores de *M. longimamma* en antesis (N= 20) cada dos horas. En cada observación se registró la temperatura, el diámetro del perianto y de los lóbulos del estigma, así como la superficie cubierta por las anteras.

Las flores son diurnas y viven de uno a dos días. La antesis comienza entre las 11:00 y las 12:30 hrs y termina entre 16:30 y 17:30 hrs. La máxima apertura del perianto se presenta a las 14:00 hrs. La máxima superficie cubierta por los estambres y la apertura máxima del estigma se presentaron entre las 12:40 y 15:30 hrs y la mayor actividad de los visitantes coincide con estas horas. Los visitantes florales fueron escarabajos y avispas (no colectados) (Figura 4.11).

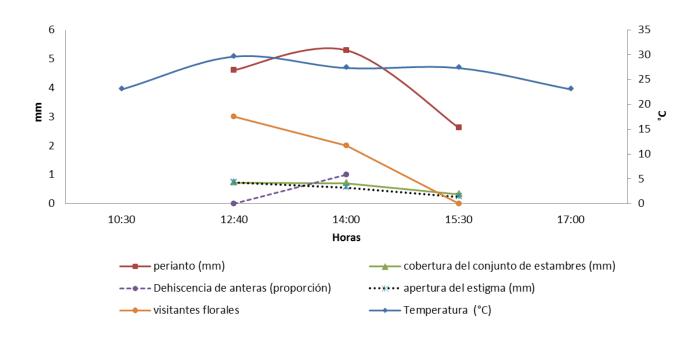


Figura 4.11. Marcha floral de *M. longimamma* de Jilotla (Hgo).

d) Sistema de cruza

Se realizaron experimentos de polinización controlada con 10 repeticiones cada uno: a) Control; b) Autopolinización natural y c) Polinización cruzada. Los resultados se muestran en la Tabla 4.10. De acuerdo a estos resultados, el sistema de cruza es mixto pues se obtuvieron frutos y semillas de todos los tratamientos.

Tabla 4.10. Experimentos de polinización (N=10 repeticiones por tratamiento).

Tratamiento	Fruit -set	Seed set ±EE	
Control	0.8	100 ± 11	
Autopolinización natural	0.9	110.7 ± 8-94	
Polinización cruzada	0.5	137.2 ± 3.49	

e) Sistema de apareamiento

El índice de entrecruza de Cruden (OCI) obtenido es de cuatro, lo cual corresponde a una especie con sistema de apareamiento **xenógamo** (Tabla 4.11). Sin embargo, la proporción polen:óvulo = 556/1, lo cual corresponde a un valor intermedio entre el sistema **autógamo facultativo y xenógamo facultativo**, y resulta respaldado por los experimentos de polinización.

Tabla 4.11. Índice de entrecruzamiento (OCI) de M. longimamma.

Parámetro	Evaluación	Valor asignado
Diámetro del perianto	>6mm	3
Hercogamia (separación espacial)	Presente (4.26±0.61)	1
Dicogamia (separación en el tiempo)	Ausente	0
OCI	Xenógamo	4

f) Germinación de las semillas

Debido a que las semillas obtenidas no estaban completamente maduras los experimentos de germinación no pudieron realizarse.

Total 2.0499

4.9.- Bibliografía consultada

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber press. Portland, Oregon.
 776 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 404 p.
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses:
 Their roles in conservation biology. Ecology 81:619-627.
- Caswell, H., 2001. Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, Sinauer, Sunderland, MA, USA.
- CITES. 2013. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 12 de junio de 2013.
 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Maison internationale de l'environnement. Ginebra, Suiza. 47 pp.
 Disponible en: http://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf
- CITES, 2012. http://www.cites.org/eng/app/E-1104277.pdf
- Cruden R. W. 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants.
- de Kroon, H., A. Plaisier, J. van Groenendael y H. Caswell. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. Ecology 67: 1427-1431.
- Gómez-Hinostrosa, C., Sánchez, E., Guadalupe Martínez, J. & Bárcenas Luna, R. 2013. *Mammillaria longimamma*. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/152004/0>. Consultada el 8 de agosto de 2014
- Guzmán, U., S. Arias M. y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 p.

- Jiménez-Sierra, C. y C. Jiménez González. 2002. "Heterogeneidad ambiental y distribución de cactáceas en una zona semiárida". Cactáceas y suculentas Mexicanas. Vol. 48(1):1-14. (ISSN 0526-717X).
- Lefkovitch L.P., 1965. The study of population growth in organisms grouped by stages. Biometrika 21:1-18.
- Scheinvar, L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México. 392 p.
- SEMARNAT, 2002. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002.
- SEMARNAT, 2010. NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación Segunda Edición 30 de diciembre de 2010.

Referencias de las localidades

- Anderson E. F. 2001. The cactus family. Timber press. USA. 776 pp.
- Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada H. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. México. 404 pp.
- Britton N. L. & J. N. Rose. 1963. The cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. I y Vol. II. Dover publications, Inc. New York. 241 pp.
- Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas.
 Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el
 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 315 pp.

- Jiménez-Sierra C. L. y J. Reyes. 2003. En M. A. Armella M. A., L. Yáñez y
 E. Sandoval P. (Eds): Metztitlán: Lugar de la luna y de las maravillas.
 Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México D.F. 140 pp.
- Scheinvar L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 392 pp.

4.10.- Créditos

Colaboradores en el estudio de Mammillaria longimamma.

Autor Jiménez-Sierra, Cecilia Leonor

Autor abreviado Jiménez-Sierra, C. L.

Coautor Matias-Palafox, Ma. L.

Correo electrónico ceci@xanum.uam.mx

Institución Universidad Autónoma Metropolitana,

Unidad Iztapalapa

Responsable del proyecto Jiménez-Sierra, C. L.

Número de referencia HK026

Título Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas

Año de término 2014

Mapa Jiménez-Sierra, C. L.

Matias-Palafox, Ma. L.

Fotografía Hidalgo-Rosas, Y.

Matias-Palafox, Ma. L.

Vázquez-Díaz, E.

Otros colaboradores Brito-Castrejón K. D. (Redacción)

Calzada López, S.(Trabajo de campo y

germinación)

González Adán, A. (Análisis de datos) Morón-

Vázquez, M. A. (Trabajo de campo) Tovar

García, G. E. (Trabajo de campo) Vázquez-

Díaz, E. (Trabajo de campo y captura

de información)

· -----

5.- Turbinicarpus horripilus Lem. John & Riha.

5.1.- Información taxonómica y descripción de la especie

a) Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Caryophyllales Familia: Cactaceae

Género: Turbinicarpus

AutorAnioGenero: (Backeb.) Buxb. et Backeb., 1937 (Bravo-Hollis y Sánchez-

Mejorada, 1991). Especie: *horripilus*

AutorAnioEspecie: Lem. John & Riha, 1937 (Bravo-Hollis y Sánchez-

Mejorada, 1991).

- Nombre científico: Turbinicarpus horripilus Lem. John & Riha.

- **Sinonimias:** *Mammillaria horripila* Lem. 1838; *Echinocactus horripilus* Lem. 1839; *Gymnocactus horripilus* Lem. Backeb. 1951; *Thelocactus horripilus* Lem. Kladiwa & Fittkau. 1970; *Neolloydia horripila* Lem. Anderson, 1986; *Brovocactus horripilus* Lem. Doweld. 1998; *Pediocactus horripilus* Lem. Halda. 1998; *Thelocactus goldii* Bravo, 1955; *Gymnocactus goldii* Bravo. Llto, 1981 (Guzmán *et al.*, 2003).

b) Nombres Comunes

No se reportan en la literatura. Sin embargo, algunos pobladores de la Barranca de Metztitlán (Hidalgo), le llaman "biznaguita", aunque este nombre también lo aplican para varias especies del género *Mammillaria*.

c) Descripción de Turbinicarpus horripilus

Plantas pequeñas, muy cespitosas, ramificadas desde la base (Figura 5.1a). **Tallo** desde subgloboso hasta cortamente cilíndrico, de 10 a 12 cm de diámetro,

de color verde obscuro o verde algo azulado; ápice con lana blanca. Tubérculos numerosos, dispuestos en 8 y 13 series espiraladas, piramidales, de cerca de 1 cm de altura. Areolas elípticas, prolongadas adaxialmente, en un surco areolar corto y lanoso. Espinas radiales 9 a 12, a veces más, de 10 a 20 mm de longitud o más, las inferiores algo más cortas que las de la parte superior de la areola, aciculares, rectas o ligeramente curvas, al principio blancas con la punta parda, después grises, radiadas. Espina central generalmente una, algo más gruesa que las radiales de 2 a 4 mm de longitud, recta, rígida, amarillenta hasta de color café claro, porrecta. Flores apareciendo entre la lana del ápice del tallo, brotando del pequeño surco adaxial de las areolas jóvenes, acampanadas de 2 a 4 cm de longitud; pericarpelo globoso hasta ovoide, verde, desnudo (sin escamas), de 6 a 8 mm de longitud y 5.5 mm de diámetro; óvulos en funículos cortos y no ramificados; tubo receptacular infundibuliforme, abajo verde y hacia arriba con un tinte carmín, llevando en la parte superior escamas anchas, carnosas, con la punta redondeada y abruptamente acuminada, de color verde amarillento; segmentos exteriores del perianto anchamente lanceolados, abruptamente acuminados, de unos 10 a 12 mm de longitud y 5 mm de anchura, con el margen entero de color rojo purpúreo (Figura 5.1b), con la base verdosa; segmentos interiores del perianto lanceolados, acuminados, de unos 16 a 20 mm de longitud y 4.5 a 6 mm de anchura, de color rojo purpúreo intenso; anillo nectarial en la base del estilo, filamentos primarios insertos arriba del anillo nectarial; filamentos blancos o con tinte de color rosa purpúreo; anteras anaranjadas; estilo de 10 a 15 mm de longitud, blanco o púrpura; lóbulos del estigma 3 a 6, blancos o con tintes rosados o amarillentos. Fruto anchamente ovoide, de 6 a 9 mm de longitud y 4 a 7 mm de diámetro, seco, con venación longitudinal, de paredes más delgadas abajo, al principio de color verde con tinte rojizo, conserva adheridos los restos secos del perianto, se abre longitudinalmente. **Semillas** largamente ovoides de 1.2 a 1.5 mm de longitud y hasta de cerca de 1 mm de anchura; testa negra o castaño rojiza obscuro, papilosa; hilo basal grande, crateriforme; embrión largamente ovoide, perisperma muy reducido (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).



Figura 5.1a. *Turbinicarpus horripilus* en su hábitat natural creciendo entre manchones de *Selaginella* sp., en "Santuario" (Metztitlán, Hgo.) (Foto: M.L. Matias-Palafox, 2007).



Figura 5.1b. Individuo ramificado de *T. horripilus* con flores (Foto: M. L. Matias-Palafox, 2007).

d) Estatus de conservación

El género *Turbinicarpus* se encuentra incluido en el **Apéndice I de CITES** (CITES, 2012). En éste se incluyen especies de fauna y de flora con el mayor grado riesgo de extinción, por lo cual se prohíbe su comercio a nivel internacional, excepto cuando éste se realice con fines de investigación científica.

La especie está considerada en la **Lista Roja** de Especies Amenazadas en la categoría de en **Peligro de Extinción (EN)** (Endangered B1ab(v)+2ab(v)) debido a que la especie ocupa una pequeña área, tiene pocas poblaciones y estas tienen pocos individuos, los cuales están sujetos a la colecta.

Sin embargo, la legislación mexicana, no la ha considerado (NOM-059-SEMARNAT-2001 y **NOM-059-SEMARNAT-2010)** y por lo tanto la especie, no ha recibido **ningún tipo de protección legal a nivel nacional** (Tabla 5.1).

En 2006, Matías-Palafox y Jiménez-Sierra, publicaron un trabajo donde basándose en el estudio de las poblaciones silvestres de *T. horripilus* **proponen** que la especie sea considerada en **Peligro de Extinción** (**P**) dentro de la Legislación Mexicana.

Tabla 5.1. Estatus de conservación de *T. horripilus*.

Instancia	Categoría/Apéndice	Referencia Bibliográfica	Fecha de Consulta
CITES	1	CITES, 2013	21/0672014
NOM-059-SEMARNAT-2001	No considerada	SEMARNAT, 2002.	21/01/2012
NOM-059-SEMARNAT-2010	No considerada	SEMARNAT, 2010.	21/01/2012
UICN	(EN) En Peligro de Extinción	Guadalupe Martínez et al. (2013)	27/06/2014

5.2.- Distribución geográfica: Histórica y actual

T. horripilus es una especie endémica de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo (Guzmán et al., 2003). Tomando en cuenta los datos de las localidades georreferenciadas, bibliográficas y de herbario (Figura 5.2) así como las visitas a estos sitios se elaboró con ayuda del programa Arc View (Versión 9.3) el mapa de la distribución histórica y actual de la especie (Figura 5.3).

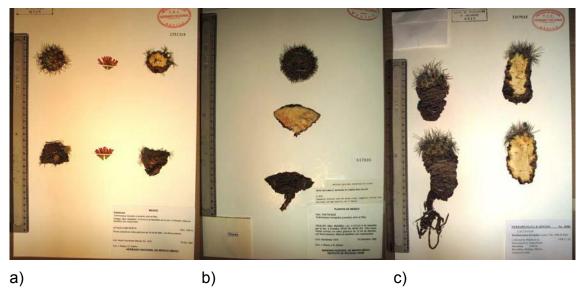


Figura 5.2 Ejemplares de *Turbinicarpus horripilus* en el herbario MEXU (UNAM): a) y b) Colecta: H1510 Hernández, H.; diciembre, 1989. c) Hinton *et al.* 1998. (Herbarion of Hinton 26901) (Foto: Y. Hidalgo-Rosas).

Considerando la información bibliográfica y la de los ejemplares del herbario MEXU, se tienen 17 registros, los cuales indican que *T. horripilus* se distribuye exclusivamente en el municipio de Metztitlán, Hidalgo. Las localidades mencionadas son: Almolón, Jihuico, Jilotla, Metztitlán, San Cristóbal, San Juan, San Pablo Tetlapaya y "Santuario" (Matías-Palafox, 2007; Sánchez-Mejorada, 1978; Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2011; Anderson, 2001; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Jiménez-Sierra y Reyes, 2003).

De las nueve localidades georreferenciadas, en una de ellas, San Cristóbal, la especie ha desaparecido debido a la construcción de una casa habitación.

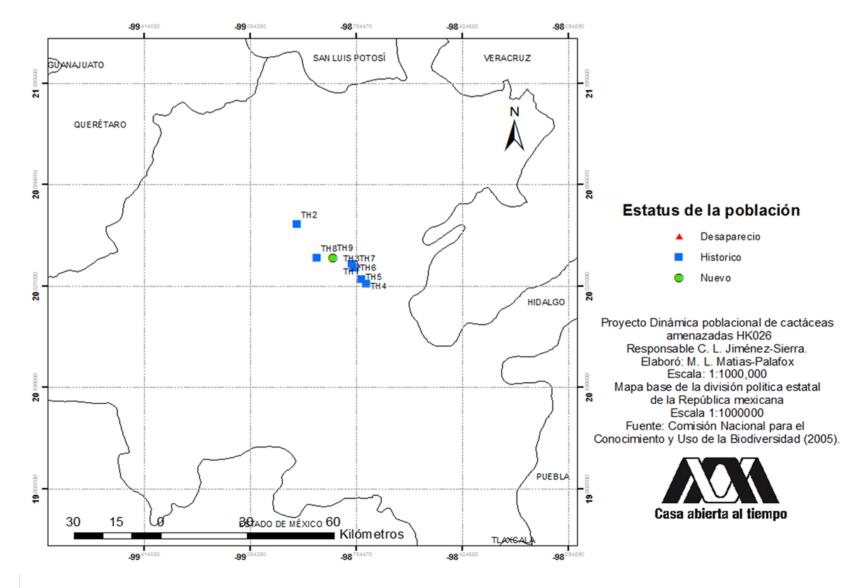


Figura 5.3. Mapa de distribución histórica y actual de Turbinicarpus horripilus

Considerando los registros georreferenciados (históricos y actuales), *T. horripilus,* presenta un rango de distribución altitudinal de 478m (de 1,020 msnm en Almolón a 1,498 msnm en San Pablo Tetlapaya). Los límites extremos de la distribución espacial de la especie se presentan en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Límites extremos de la distribución espacial de *T. horripilus*.

			Localidad	
	Latitud	Longitud	limítrofe	Estado
Norte	20°43.727'	-98°56.231'	Almolón	Hidalgo
Sur	20°32.14'	-98°43.29'	Jihuico	Hidalgo
Este	20°32.14'	-98°43.29'	Jihuico	Hidalgo
Oeste	20°43.727'	-98°56.231'	Almolón	Hidalgo

5.3.- Características ambientales

a) Clima

El 55.55% de las localidades georreferenciadas (n=9) se encuentran en clima Bsohw, Árido semicálido con lluvias de verano e invierno y el 44.44% restante en clima de BS1hw, Semiárido semicálido con lluvias en verano e invierno.

b) Vegetación

La distribución de las localidades por tipo de vegetación fue: 44.44% de las localidades se encuentran en vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule; 22.22% en vegetación secundaria arbustiva de matorral submontano; 22.22% en selva baja caducifolia y 11.11% en agricultura temporal semipermanente.

c) Suelo

El 66.66% de las localidades georreferenciadas (n=9) se encuentra en suelos de tipo Rc, Regosol calcarico; el 22.22% en I, Litosol y el 11.11% en Je, Fluvisol eutrico.

d) Características edafológicas

En la Tablas 5.3, se presentan las características físico-químicas de las muestras compuestas de suelo superficial de dos localidades: "Santuario" y "El Mogote", las cuales se encuentran separadas por una distancia aproximada de 12 km.

Tabla 5.3 Características físicas y químicas del suelo de dos localidades donde se presenta *T. horripilus*.

Localidad	Santuario	El Mogote			
Estado	Hidalgo	Hidalgo			
Municipio	Metztitlán	Metztitlán			
Longitud W	98°45.468′	98°49.59'			
Latitud N	20°35.318′	20°37.15'			
Altitud msnm	1294	1256			
Vegetación	Matorral Xerófilo	Selva Baja Caducifolia			
Características Físicas			Promedio	DE	±EE
Color de Suelo	10YR 5/3 Café	10YR 2/2 Café muy oscuro			
Densidad relativa (tm ⁻³)	2.33	0.99	1.66	0.95	0.95
Textura	Franco	Franco Arcilloso			
Arena %	50.80	38.20	44.50	8.91	8.91
Limo %	28	32	30	2.83	2.83
Arcilla %	21.20	29.80	25.50	6.08	6.08
рН	8.17	7.84	8.01	0.23	0.23
Características Químicas	5				
Materia Orgánica (%)	8.47	3.09	5.78	3.80	3.80
Nt (mgKg ⁻¹)	0.42	0.15	0.29	0.19	0.19
P (mgKg ⁻¹)	9.88	35.29	22.59	17.97	17.97
K (mgKg ⁻¹)	246	678	462	305.47	305.47
Ca (mgKg ⁻¹)	6153	9125	7639	2101.52	2101.52
Mg (mgKg ⁻¹)	171	429	300	182.43	182.43
Na (mgKg ⁻¹)	106	170	<u>138</u>	45.25	45.25

5.4.- Estado actual de las poblaciones

a) Densidades poblacionales y extensión de las localidades

Las densidades de *T. horripilus* son bajas ya que los individuos se encuentran formando pequeños parches aislados unos de otros. La densidad promedio dentro de estos parches fue de 0.54 individuos/m², y solamente en la población de San Juan, se presentó una densidad >1 ind/m² (Figura 5.3a).

Las áreas continuas de comunidad vegetal, donde se encuentran las localidades de *T. horripilus* son muy reducidas debido tanto a cambios en el uso del suelo como a variaciones naturales del ambiente. Sólo en la localidad "El Mogote", la cubierta vegetal se extiende más de tres hectáreas (Figura 5.3b).

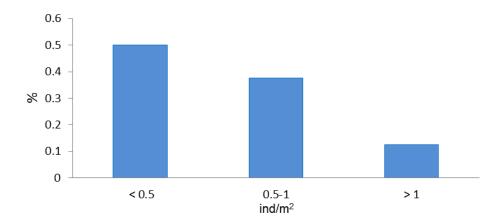


Figura 5.3a. Localidades de *T. horripilus* por densidad (N=8 localidades)

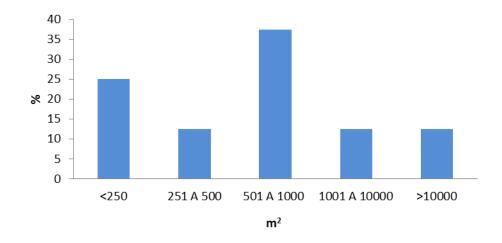


Figura 5.3b. Extensión continua de la cubierta vegetal donde se presentan las poblaciones de *T. horripilus*.

b) Factores de disturbio

Las ocho localidades donde la especie aún existe, presentan algún tipo de disturbio. Las poblaciones más afectadas son las más cercanas a poblados humanos es decir Santuario y San Juan.

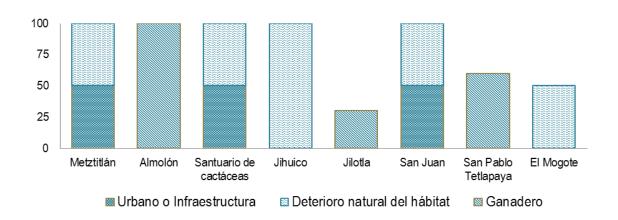


Figura 5.3c. Factores de disturbio en las localidades de *T. horripilus*

5.5.- Demografía de Turbinicarpus horripilus

a) Población estudiada

Los estudios de demografía, dinámica poblacional y de biología reproductiva se realizaron en la población "Santuario" ubicada en el Jardín Botánico Natural "Santuario de Cactáceas" (municipio de Metztitlán, Hidalgo). Este sitio es de gran importancia por contener poblaciones naturales de varias cactáceas endémicas y en riesgo, entre ellas de *Astrophytum ornatum* (liendrilla) y *Cephalocereus senilis* (viejito). Se escogió esta población, por ser una de las poblaciones conocidas con mayor densidad y de fácil acceso (Matias-Palafox, 2007; Matias-Palafox y Jiménez-Sierra, 2006) (Figura 5.4a y b).



Figura 5.4a. Ubicación de la localidad "Santuario" donde se crece *T. horripilus* en la Barranca de Metztitlán, Hidalgo.



Figura 5.4b. Localidad "Santuario" (Metztitlán, Hgo.) (Foto: M.L. Matias-Palafox, 2007).

El sitio se ubica en las coordenadas 98°45.468' W y 20°35.318'N, y a 1,294 msnm, en una ladera con orientación SW y una pendiente promedio de 60°. El clima es seco semiseco templado, con régimen de lluvias en verano (BS1kw), y la vegetación es un matorral xerófilo con crasicaules (Matias-Palafox, 2007).

b) Densidad poblacional y distribución intrapoblacional

La extensión completa de la población es de 900 m². En ella, se establecieron 15 parcelas permanentes de observación de 25 m² cada una, cubriendo un total de 375 m², donde se encontraron 309 individuos. La densidad estimada es de 0.824 ind/m². La distribución de los individuos es **agregada**, ID = 14.12 (T; 162.78; P<0.0005).

c) Estructura poblacional

La estructura poblacional con base en las áreas o coberturas de los individuos se obtuvo de la suma de las áreas de las ramas de cada individuo. En la tabla 5.4 se encuentran las categorías de tamaño utilizadas.

Tabla 5.4. Categorías de tamaño de *T. horripilus* con base en las áreas de los individuos.

Categorías	Área (cm2)	2005	2006	2007
Plántula (P)	0-3	1	0	1
Juvenil (J)	3.1-6	2	2	1
Adultos 1 (A1)	6.1-20	23	15	14
Adultos 2 (A2)	20.1-50	21	21	19
Adultos 3 (A3)	50-150	32	33	36
Adultos 4 (A4)	>150	21	28	28

La distribución de los tamaños de la población es unimodal con una frecuencia máxima de Adultos 3 (A3). Los individuos de los primeros intervalos de tamaño plántulas (P) y juveniles (J) fueron escasos. Este patrón de distribución se mantuvo más o menos constante durante los años consecutivos de muestreo (Figuras 5.5a y b).

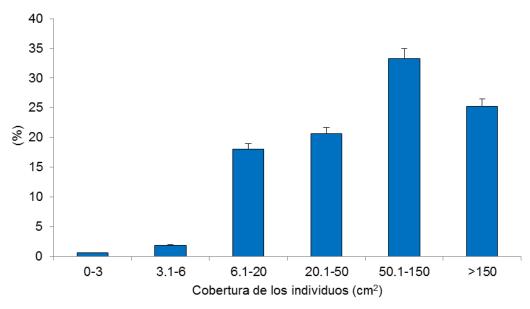


Figura 5.5a. Estructura poblacional promedio de la población de *T. horripilus* de "Santuario" (Metztitlán, Hgo.; 2005-2007; N media=99 individuos)

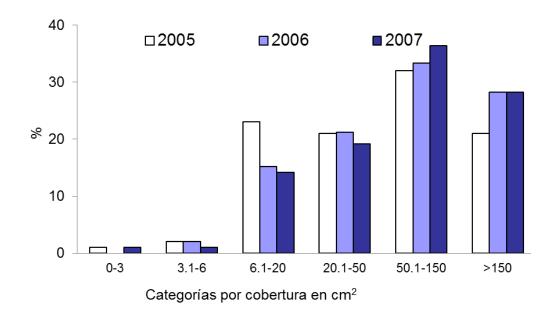


Figura 5.5b. Estructura poblacional de *T. horripilus* en "Santuario" (Metztitlán, Hidalgo) N=99 individuos

5.6.- Dinámica poblacional

a) Ciclo de vida

Se realizaron tres censos (2005, 2006 y 2007). En cada censo, se registraron para cada individuo de *T. horripilus*: altura máxima, número de ramas, diámetro de cada rama y número de estructuras reproductivas por rama. Para el estudio de dinámica poblacional se utilizó la categorización de los individuos con base en sus coberturas (Tabla 5.4). El diagrama del ciclo de vida por año se encuentra en las Figura 5.6.

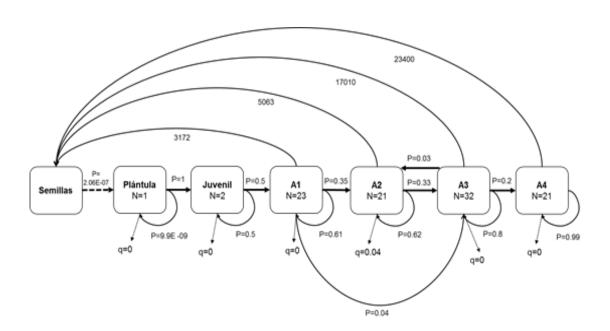


Figura 5.6. Ciclo de vida de T. horripilus, (2005-2006). Los rectángulos representan las categorías (N=número de individuos). Las flechas que regresan a la misma casilla representa la probabilidades de permanencia o estasis (P); flechas hacia la derecha, indican las probabilidades de crecimiento o transición (C); flechas hacia la izquierda representan regresiones o reducciones de tamaños (R); q = probabilidad de muerte. Se señala la producción de semillas por cada categoría (Fecundidad).

b) Edades estimadas

Las edades estimadas por intervalo de área, se calcularon a partir de los incrementos en las áreas registradas al año por categoría. Los cambios en tamaño se deben tanto al incremento del diámetro de las ramas, como a la producción o pérdida de ramas. De acuerdo a esto, los individuos cuyas cabezas cubren más de 6.1 cm² (A1), tienen una edad aproximada de 6.4 años y al alcanzar este tamaño se convierten en individuos reproductores. Los individuos con las mayores áreas (A4), tendrían una edad estimada de aproximadamente de 16.8 años (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Edades estimadas para *T. horripilus* por categoría de tamaño

	Crecimiento	Tiempo medio para	Tiempo medio para llegar a
Categorías	cm2/año	transitar en la categoría	la categoría (años)
Plántulas	1.3	2.4	2.4
Juvenil	1.4	2.1	4.5
Adulto 1	7.4	1.9	6.4
Adulto 2	15.1	2	8.4
Adulto 3	25.1	4	12.4
Adulto 4	33.7		16.8

c) Dinámica poblacional

Con la información recabada en los tres censos anuales y las observaciones fenológicas de 2005-2006, se construyeron las matrices de transición de Lefkovitch (Caswell, 2000; 2001), correspondientes a los años 2005-2006 y 2006-2007 (Tabla 5.6).

Tabla 5.6. Matrices de transición de Lefkovitch para la población de *T. horripilus* de "Santuario" (Hidalgo). Estadios considerados: Semilla (S), Plántula (P) y Adulto (A1, A2, A3 y A4). La diagonal principal indica las probabilidades de permanencia de los individuos en cierta clase (P). Los valores por encima de la diagonal corresponden a regresiones o pérdida de biomasa (R). Los valores por debajo de la diagonal indican el crecimiento o tránsito a otra clase de mayor tamaño (C). El primer renglón indica la aportación anual de semillas por categoría. Se presentan los valores de las lambdas anuales (λ,± intervalo de confianza al 95%), los valores de la estructura estable de tamaños esperados (w) y observados, así como los valores reproductivos por categoría (v).

Matriz 2005	Matriz 2005-2006			λ=1.004 ± 0.078					Estructura de Tamaños			Estructura de Tamaños Diferencia				
Categoria	S	Р	J	A1	A2	A3	A4	W	Observada	χ^2	Significativa	v				
Semilla	0	0	0	3173	5063	17010	23400	1				3.22E-08				
Plantula	2.06E-07	9.90E-09	0	0	0	0	0	2.05E-07	0.0046	14.7609	P < 0.05	0.1571				
Juvenil	0	0.99	0.5	0	0	0	0	4.06E-07	0.0091	10.4888	P < 0.05	0.1578				
A1	0	0	0.5	0.61	0	0	0	5.14E-07	0.0115	9.3220	P < 0.05	0.159				
A2	0	0	0	0.35	0.62	0.03	0	5.38E-07	0.0120	9.1117	P < 0.05	0.1577				
A3	0	0	0	0.04	0.33	0.78	0	9.05E-07	0.0203	7.0253	P < 0.05	0.1817				
A4	0	0	0	0	0	0.19	0.99	4.21E-05	0.9425	1.0300		0.1867				

Matriz 2006	Matriz 2006-2007			λ=1.004 ± 0.013				Estructura de Tamaños				
Categoria	S	Р	J	A1	A2	A3	A4	w	Observada	x ²	Significativa	v
Semilla	0	0	0	1328	3803	14220	28643	1				3-05E-08
Plantula	2.10E-07	9.90E-09	0	0	0	0	0	2.07E-07	0.0054	13.6445	P < 0.05	0.1471
Juvenil	0	0.99	0.5	0	0	0	0	4.12E-07	0.0107	9.6715	P < 0.05	0.1477
A1	0	0	0.5	0.8	0.05	0	0	1.25E-06	0.0324	5.5525	P < 0.05	0.149
A2	0	0	0	0.2	0.71	0.03	0	1.02E-06	0.0265	6.1467	P < 0.05	0.1519
A3	0	0	0	0	0.19	0.88	0	1.55E-06	0.0402	4.9863		0.1932
A4	0	0	0	0	0	0.09	0.99	3.41E-05	0.8848	1.0631		0.2111

Existen diferencias significativas entre la estructura estable de tamaños (*w*) y la observada en ambos años (Tabla 5.6). Los valores reproductivos tienden a incrementarse con el tamaño de los organismos. Las lambdas obtenidas para ambos años no difieren de la unidad (Tabla 5.6 y 5.7).

Tabla 5.7. Valores de lambda (λ) de la poblaciones de *T. horripilus*

Año	lambda	Intervalos de confianza
2005-2006	1.004	±0.078
2006-2007	1.004	±0.013
Promedio	1.004	

Las tasas de mortalidad (*q*) por categoría y año se presentan en la Figura 5.7, donde puede observarse que el riesgo de muerte por categoría no varió de un año a otro. Para ambos años, solo la categoría A2 presentó mortalidad. La mortalidad parece ser favorecida por el desprendimiento de las plantas ya que el sustrato está constituido por rocas sueltas y la ladera presenta una fuerte pendiente.

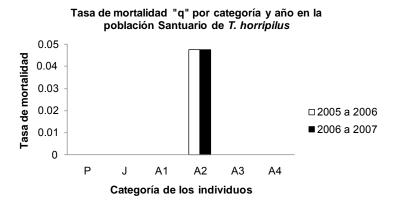


Figura 5.7. Tasas de mortalidad "q", por intervalo de tamaño y año para la población de T. horripilus de Santuario.

En la Tabla 5.8, se presentan las matrices de elasticidad (de Kroon et al., 1986) para los dos años de estudio. La permanencia es el proceso demográfico más importante, seguido por el crecimiento. Las regresiones constituyen el proceso con la menor importancia relativa, seguida por la reproducción o fecundidad. En cuanto a la importancia relativa por categoría, los A4, constituyen la categoría con mayor importancia relativa para ambos años, por lo que la desaparición de estos individuos pondría en riesgo la persistencia de la población.

Tabla 5.8. Matrices de elasticidad y resumen de la importancia relativa de los procesos demográficos por año para *T. horripilus*.

Matriz de Elasticidad 2005-2006											
Categoria	Semilla	Plántula	Juvenil	A1	A2	A3	A 4				
Semilla	0	0	0	0.00000628	0.00001049	0.00005932	0.0038				
Plántula	0.00387	0	0	0	0	0	0				
Juvenil	0	0.0039	0.0038	0	0	0	0				
A1	0	0	0.0039	0.006	0	0	0				
A2	0	0	0	0.0034	0.0063	0.0005	0				
A3	0	0	0	0.0005	0.0039	0.0154	0				
A4	0	0	0	0	0	0.0038	0.9409				

Importancia de los Procesos demográficos								
Permanencia	0.972							
Crecimiento	0.0235							
Fecundidad	0.004							
Regresión	0.0005							
Total	1							

Matriz de ela	Matriz de elasticidad 2006-2007											
Categoria	Semilla	Plántula	Juvenil	A1	A2	A3	A4					
Semilla	0	0	0	0.00000632	0.00001485	0.00008441	0.0037					
Plántula	0.00384	3.8E-11	0	0	0	0	0					
Juvenil	0	0.0038	0.0038	0	0	0	0					
A1	0	0	0.0038	0.0186	0.0009	0	0					
A2	0	0	0	0.0047	0.0139	0.0009	0					
A3	0	0	0	0	0.0047	0.033	0					
A4	0	0	0	0	0	0.0037	0.9004					

Importancia de los	
Procesos demográficos	
Permanencia	0.97
Crecimiento	0.0242
Fecundidad	0.004
Regresión	0.0018
Total	1

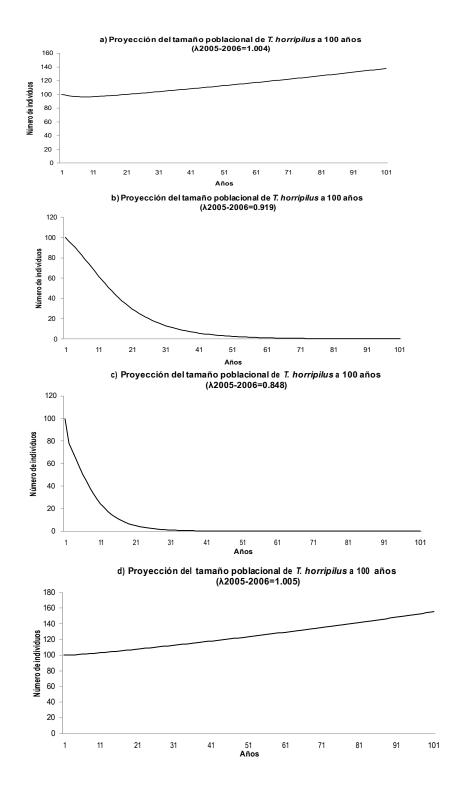


Figura 5.8. Proyecciones del tamaño poblacional de *T. horripilus* a 100 años: a) Valores originales; b) Disminuyendo la permanencia de A4 en un 10%; c) Extrayendo todos los A4; d) Evitando la mortalidad de A2.

d) Simulaciones

En la Figura 5.8, se presentan las proyecciones del tamaño poblacional a 100 años: a) Considerando los valores originales de la matriz del primer año; b) Disminuyendo en un 10% la sobrevivencia de A4; c) Reduciendo completamente la sobrevivencia de A4 y d) Evitando la mortalidad de A2.

Los resultados muestran que la población estudiada tendería a un ligero incremento a través del tiempo (Figura 5.8a); La disminución de un 10% de la sobrevivencia de A4, o su desaparición completa, llevaría a la población a un rápido decremento (λ =0.919 y λ =0.848 respectivamente) (Figura 5.8b y c). Sin embargo, si se pudiera evitar la muerte de los A2, el valor de lambda se incrementaría una centésima (de 1.004 a 1.005) con lo cual se lograría un pequeño incremento en el tamaño poblacional (Figura 5.8d).

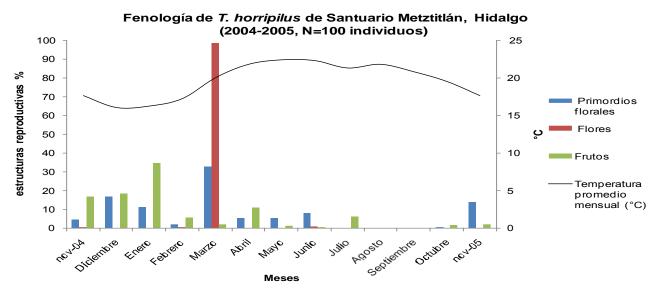
5.7.- Reproducción sexual

a) Fenología reproductiva

Se cuenta con la información de dos periodos de doce meses consecutivos cada uno (2004-2005 y 2010-2011). En el primer periodo se incluyeron 100 individuos, algunos de los cuales no fueron reproductores (Figura 5.9ª) y en el segundo periodo se seleccionaron 35 individuos reproductores (5.9b).

La floración es muy sincrónica pues ocurre en el transcurso de cuatro a cinco días. Los frutos tardan en madurar dos meses y las semillas son dispersadas por hormigas, el viento y la lluvia.







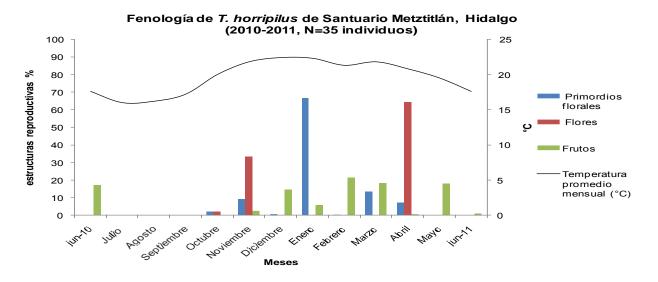


Figura 5.9. Fenología de *Turbinicarpus horripilus* en Santuario (Metztitlán, Hgo.): a) Observaciones de 2004-2005 y b) Observaciones de 2010-2011.

b) Florimetría

Se colectaron 15 flores en antesis para determinar sus variables morfométricas (Figura 5.10). Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 5.9.

Parametros

- 1 Diámetro de la flor
- 2 Altura de la flor
- 3 Separación entre estimas y anteras
- 4 Longitud del estilo
- 5 Longitud de los lóbulos del estigma
- 6 Número de lóbulos del estigma
- 7 Altura de la cámara nectarial
- 8 Diámetro ecuatorial del ovario
- 9 Diámetro polar del ovario
- 10 Número de óvulos
- 11 Número de estambres
- 12 Cobertura de los estambres
- 13 Longitud de estambres por sección
- 14 Números de granos de polen por antera

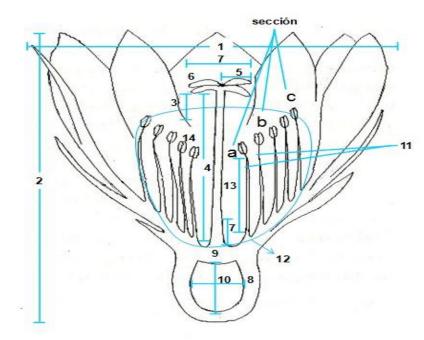


Figura 5.10. Diagrama de la flor de *Turbinicarpus horripilus* y parámetros morfométricos considerados (Modificado de Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

Jiménez-Sierra y Matias-Palafox, 2014. Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas.

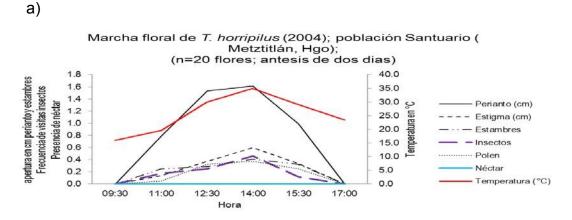
Tabla 5.9. Morfometría de las flores de *Turbinicarpus horripilus* de la población Santuario de Metztitlán, Hidalgo (N=15 flores)

lúmero en esquema																	
de la flor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13		14	
			Separación		Longitud	Número	Altura						Lon	gitud de esta	mbres		Relación
Flor	Diámetro		entre	Longitud	delos	de	de la	Diámetro	Diámetro				por sec	ción donde s	se insertan	Número de	polen/
1 101	del	Altura	anteras	del	lóbulos del	lóbulos del	cámara	ecuatorial	polar	Número de	Número de	Cobertura de		sección		granos de	ówlo
	Perianto	de la flor	yestigma	estilo	estigma	estigma	nectarial	del ovario	del ovario	ówlos	estambres	estambres	а	b	С	polen	P/0
	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm			mm		mm			
1	29.62	28.57	0.45	14.96	2.34	5	1.55	2.83	3.52	28	260	14.5	5.7	7.3	6.8	20070	716.8
2	21.14	25.05	0	11.46	3.64	5	1.04	1.85	2.89	43	264	13.01	5.5	6.7	6.2	156288	3634.6
3	26.64	27.3	1.43	13.25	2.4	5	0.5	2.02	2.44	54	248	12.4	5.1	6.4	5.8	223200	4133.3
4	26.64	28.71	0.99	14.13	2.13	5	0.75	2.32	3.53	42	376	13.47	6.7	7.0	5.7	234624	5586.3
5	21.05	26.01	0	12	2.01	5	0.81	2.19	3.66	67	420	11.86	5.1	6.8	5.7	310800	4638.8
6	31.18	28.54	1.15	12.18	2.18	5	1.22	1.7	3.92	63	220	12.55	6.1	6.7	5.2	154000	2444.4
7	29.27	29.22	0	12.42	1.81	5	0.92	1.79	3.79	69	300	12.4	4.7	5.6	4.6	216000	3130.4
8	31.05	26.94	0.8	12.01	1.82	5	0.75	1.94	3.72	61	264	11.78	4.5	6.3	4.9	216480	3548.9
9	21.88	20.27	1.2	11.46	1.44	4	0.76	2.38	3.58	53	276	10.22	4.4	5.5	4.8	182160	3437.0
10	33.33	29.3	1.58	13.58	2.72	5	0.83	1.84	2.97	43	204	12.37	5.7	7.2	5.9	155040	3605.6
11	30.38	28.87	0	13.66	2.82	5	0.8	2.1	3.33	60	180	13.93	5.3	6.5	5.6	133200	2220.0
12	24.69	23.82	0.5	12.64	2.2	5	0.71	2.18	3.42	32	152	12.84	6.2	8.2	6.6	136800	4275.0
13	24.41	27.37	0.52	12.77	2.34	5	0.54	2.88	4.49	82	228	12.17	6.4	7.3	6.7	178752	2179.9
14	22.06	23.74	0	10.7	2.51	4	0.78	2.11	3	48	256	11.12	4.5	6.1	5.7	190464	3968.0
15	26.81	24.49	0	12.7	2.76	4	0.9	3.09	3.99	83	240	12.08	4.6	6.5	4.6	216000	2602.4
X	33.3	29.3	1.6	15.0	3.6	5.0	1.6	3.1	4.5	83.0	420.0	14.5	6.7	8.2	6.8	310800	5586
n	21.1	20.3	0.0	10.7	1.4	4.0	0.5	1.7	2.4	28.0	152.0	10.2	4.4	5.5	4.6	20070	717
medio	26.7	26.5	0.6	12.7	2.3	4.8	0.9	2.2	3.5	55.2	259.2	12.4	5.4	6.6	5.6	181592	3341
esvest	4.0	2.6	0.6	1.1	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	16.4	68.3	1.1	0.7	0.7	0.7	64062	2043
EE	1.1	0.7	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.4	18.3	0.3	0.2	0.2	0.2	17121.2	545.9

c) Marcha Floral

Se realizaron observaciones en el campo de las flores de *T. horripilus* en antesis (n=20) cada 90 minutos. En cada observación se registró la temperatura ambiental, diámetro del perianto y de los lóbulos del estigma, posición de los estambres, visita de insectos a las flores, presencia de polen y de néctar.

La antesis inició a las 9:00 hrs. y concluyó alrededor de las 15:00 hrs. La apertura máxima del perianto se presentó entre las 12:30 y 14:00 hrs. El estigma se encuentra en su máxima apertura a las 14:00 hrs (0.6 a 0.8 cm). Los estambres ocupan una superficie máxima (0.4 a 0.5 cm) entre las 12:30 y 14:00 hrs. La temperatura del ambiente osciló entre 16 y 35°C, registrándose los valores más altos alrededor de las 14:00 hrs, cuando el perianto se mantiene en su máxima apertura (Figura 5.11). Las flores *T. horripilus* viven de uno a dos días.



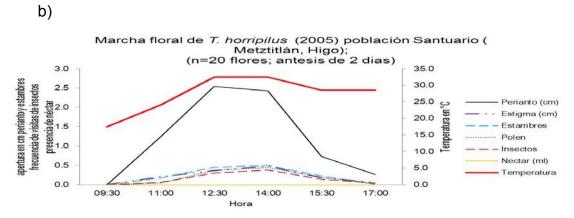


Figura 5.11. Marcha floral de *T. horripilus* en la población "Santuario" (Metztitlán, Hidalgo): a) Primer día de antesis y b) Segundo día de antesis.

Visitantes florales

Se observaron himenópteros (abejas y abejorros) (Figura 5.11.1 a y b), y coleópteros (Figura 5.11.1 c, d, e y f) visitando a las flores. Los de menor tamaño (c y d), suelen estar presentes durante toda la antesis y pueden ser considerados depredadores de polen. Los escarabajos de mayor tamaño (Figura 5.11.1 e y f), aparecen al inicio y al final de la antesis y actúan como depredadores de las flores al igual que los ortópteros (saltamontes) (Figura 5.11.1 g), todos los cuales ramonean el perianto, los estambres, el estilo y los lóbulos del estigma.

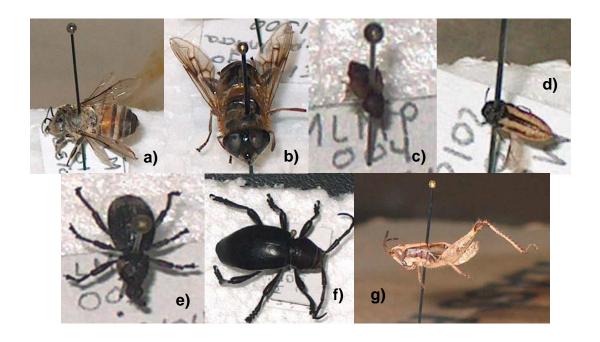


Figura 5.11.1. Visitantes florales de *T. horripilus* en la población "Santuario": a y b) Hymenoptera; c,d,e,f) Coleoptera; g) Ortoptera (Foto: M.L. Matias-Palafox).

d) Sistema de cruza

Para determinar el sistema de cruza, se realizaron los siguientes experimentos de polinización controlada: 1) Control, flores marcadas que no fueron sometidas a ningún tratamiento; 2) Polinización cruzada manual (o entrecruza artificial), flores aisladas y polinizadas manualmente con polen de flores de otras plantas; 3) Autopolinización artificial (o autocruza artificial), las flores

aisladas fueron polinizadas con el polen de sus mismas anteras; 4) autopolinización natural (o autocuza natural), las flores fueron aisladas y no se les realizó ninguna otra manipulación; 5) geitonogamia, las flores fueron aisladas y polinizadas manualmente con polen de flores de la misma planta y 6) Apomixis, el estigma de las flores fue aislado mecánicamente para evitar la llegada de granos de polen.

A los dos meses de la antesis se cosecharon los frutos producidos y se cuantificaron sus semillas. Los resultados se presentan en la Tabla 5.11. Solamente se obtuvieron frutos del control y de la polinización cruzada artificial, lo que señala que el sistema de cruza de la especie es por **entrecruza**.

Tabla 5.10.Resultados de los experimentos de polinización (N=10 flores/tratamiento)

		Semillas/ fruto	
Tratamiento	Fruit set	X ± E.E.	Seed Set
Control	1	35 ± 3.22	0.6341
Polinización cruzada artificial	8.0	33.5 ± 2.40	0.6069
Autopolinización artificial	-	-	-
Autopolinización natural	-	-	-
Geitonogamia	-	-	
Apomixis	<u>-</u>	_	<u>-</u>

e) Sistema de apareamiento

El sistema de apareamiento se determinó a través del índice de Cruden (OCI) y de la proporción por flor de polen/óvulo (Cruden 1977; Cruden y Millar-Ward, 1981). En la Tabla 5.11, se presentan los valores de estos parámetros. Los datos señalan que la especie **xenógama obligada**, lo que concuerda con el sistema de entrecruza, encontrado a través de los experimentos de polinización.

Tabla 5.11.- Sistema de apareamiento (mating system) de *T. horripilus*.

Parámetro	Evaluación	Valor asignado
Diámetro del perianto	> 6mm	3
Hercogamia (separación espacial)	0.57 ± 0.15	1
Dicogamia (separación en el tiempo)	Homogamia	0
OCI	Xenógama obligada	4

La proporción polen/óvulo (P:O) fue de 3,341:1, lo cual corresponde a un sistema de apareamiento **xenógamo facultativo**, en el cual la mayor parte de la polinización se llevaría a cabo por polinización cruzada, aunque eventualmente podrían presentarse procesos de autopolinización.

f) Germinación

Se sembraron 180 semillas de tres meses de edad en agar al 10% en cajas de Petri y estas fueron mantenidas a temperatura constante (25° C) (12 hrs luz; 12 hrs obscuridad). La germinación inicio en el día 6 y finalizó en el día 42. El tiempo medio de germinación (t_{50}) fue de 13.3 días y se alcanzó 60% de germinación total. (Figura 5.12).

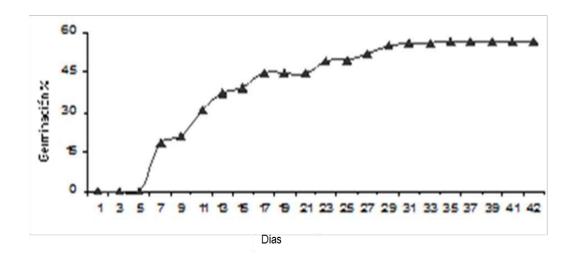


Figura 5.12. Germinación de las semillas de *T. horripilus*

5.9.- Bibliografía consultada

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber press. Portland, Oregon.
 776 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 404 p.
- Britton N. L. & J. N. Rose. 1963. The cactaceae. Descriptions and illustrations of plantas of the cactus family. Vol. I y Vol. II. Dover publications, Inc. New York. 241 pp.
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses:
 Their roles in conservation biology. Ecology 81:619-627.
- Caswell, H., 2001. Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, Sinauer, Sunderland, MA, USA.
- CITES. 2013. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 12 de junio de 2013.
 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Maison internationale de l'environnement. Ginebra, Suiza. 47 pp. Disponible en: http://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf
- CITES. 2013. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 12 de junio de 2013.
 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Maison internationale de l'environnement. Ginebra, Suiza. 47 pp.
 Disponible en: http://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf
- Cruden, R.W. 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31: 32-46.
- Cruden R.W. y S. Millar-Ward. 1981. Pollen-ovule ratio, pollen size, and the ratio of stigmatic area to the pollen bearing area of the pollinator: An hypothesis. Evolution 35 (5), 964-974.

- de Kroon, H., A. Plaisier, J. van Groenendael y H. Caswell. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. Ecology 67: 1427-1431.
- Guadalupe Martínez, J., Fitz Maurice, W. A. & Fitz Maurice, B. 2013.
 Turbinicarpus horripilus. In: The IUCN Red List of Threatened Species.
 Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/40977/0.
 Consultada el 8 de agosto de 2014
- Guzmán, U., S. Arias M. y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 p.
- Hernández, H.M. and Gómez-Hinostrosa, C. 2011. Mapping the Cacti of Mexico. dh books. Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad. England. 128 pp.
- Jiménez-Sierra C. L. y J. Reyes, S. 2003. En M. A. Armella V., L. Yáñez L. y
 E. Sandoval P. (Eds): Metztitlán: Lugar de la luna y de las maravillas.
 Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, D.F.
- Matias-Palafox, Ma. L. 2007. Estructura poblacional y biología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha (Cactaceae). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- Matías-Palafox, M.L. y C. Jiménez-Sierra. 2006. Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha, cactácea endémica de la Barranca de Metztitlán, México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 51: 100-110.
- Matías-Palafox, ML. 2007. Estructura poblacional y biología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha (Cactaceae). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- Sánchez-Mejorada, H. 1978. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la barranca de Metztitlán. Sociedad Mexicana de Cactología. México, D.F. 132 pp.
- Scheinvar L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 392 pp.

- SEMARNAT, 2002. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002.
- SEMARNAT, 2010. NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación Segunda Edición 30 de diciembre de 2010.

Referencias de las localidades

- Anderson E. F. 2001. The cactus family. Timber press. USA. 776 pp.
- Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada H. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. México. 404 pp.
- Britton N. L. & J. N. Rose. 1963. The Cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. I y Vol. II. Dover publications, Inc. New York. 241 pp.
- Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas.
 Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el
 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 315 pp.
- Hernández H. M. & Gómez-Hinostrosa C. 2011. Mapping the Cacti of Mexico. dh books. Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad. England. 128 pp.
- Jiménez-Sierra C. L. y J. Reyes. 2003. En M. A. Armella M. A., L. Yáñez y
 E. Sandoval P. (Eds): Metztitlán: Lugar de la luna y de las maravillas.
 Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México D.F. 140 pp.
- Matias-Palafox Ma. L. 2007. Estructura poblacional y biología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha (Cactaceae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.

- Matias-Palafox Ma. Loraine y Jiménez Sierra Cecilia. 2006. Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.)
 Vác. John & Riha, cactácea endémica de la Barranca de Metztitlán.
 Cactáceas y Suculentas Mexicanas 51: 100-111, México D.F.
- Sánchez-Mejorada H. 1978. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la barranca de Metztitlán. Sociedad Mexicana de Cactología. México D.F. 132 pp.

5.10.- Créditos

Colaboradores en el estudio de *Turbinicarpus horripilus*

Autor Jiménez-Sierra, Cecilia Leonor

Autor abreviado Jiménez-Sierra, C.L.

Coautor Matias-Palafox, Ma. L.

Correo electrónico ceci@xanum.uam.mx

Institución Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad

Iztapalapa

Responsable del proyecto Jiménez-Sierra, C. L.

Número de referencia HK026

Título Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas

Año de término 2014

Mapa Jiménez-Sierra, C.L.

Matias-Palafox, Ma. L.

Fotografías Hidalgo-Rosas, Y.

Matias-Palafox, Ma. L.

Otros colaboradores Arroyo Pérez, E. (Análisis de datos)

Brito Castrejón K.D. (Redacción)

Castro Rodríguez, T.I. (Biología floral)

Vázquez-Díaz, E. (Captura de datos)

6.- *Turbinicarpus pseudomacrochele* (Backeb.) Buxb. et Backeb

6.1.- Información taxonómica y descripción de la especie

a) Taxonomía

Turbinicarpus pseudomacrochele (Backeb.) Buxb. et Backeb.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: Turbinicarpus

AutorAnioGenero: (Backeb.) Buxb. et Backeb., 1937 (Bravo-Hollis y Sánchez-

Mejorada, 1991).

Especie: pseudomacrochele

AutorAnioEspecie: (Backeb.) Buxb. et Backeb., 1937 (Bravo-Hollis y

Sánchez-Mejorada, 1991).

-Nombre científico: *Turbinicarpus pseudomacrochele* (Backeb.) Buxb. *et* Backeb.

-Sinonimias: Strombocactus pseudomacrochele Backeb., 1935; Kadenicarpus pseudomacrochele (Backeb.) Doweld, 1998: Pediocactus 1998: Neolloydia pseudomacrochele pseudomacrochele (Backeb.) Halda, (Backeb.) E.S. Anderson, 1986 y Toumeya pseudomacrochele (Backeb.) Bravo & W.T. Marshall, 1956 (Sánchez, 2006).

b) Nombres Comunes

Turbinita (SEMARNAT, 2010); biznaguita (Sánchez, 2006).

c) Descripción de *Turbinicarpus pseudomacrochele*

Planta simple o cespitosa desde la base. **Tallo** globoso aplanado hasta cortamente cilíndrico, de 3 a 6 cm de altura y 2 a 3 cm de diámetro, de color desde verde pálido mate hasta verde oscuro; ápice lanoso. **Tubérculos** dispuestos en

series espiraladas, desde redondeados hasta conoideos, con la base romboide, más o menos comprimidos lateralmente, de alrededor de 3 ó 4 mm de altura. Aréolas desde casi circulares hasta angostamente elípticas, al principio con mucha lana blanca, desnudas después; meristemo floral situado directamente al borde del meristemo espinífero. Espinas 5 a 8, delgadas, setosas, como pelos suaves, más o menos tortuosas o encorvadas, de 10 a 30 mm de longitud, las superiores son más largas, delgadas, flexibles, no pungentes, espinas jóvenes amarillas, después castañas grisáceas o grisáceas, a veces con la punta más oscura, caducas en los tubérculos viejos. Las flores brotan en el ápice de los tubérculos jóvenes, y son desde angostas hasta anchamente infundibuliformes, de 20 a 30 mm de longitud y de cerca de 35 mm de diámetro, son de color verde oliva claro, a veces con tinte castaño, sin escamas; cavidad del ovario angostamente ovoide, con abundantes óvulos microscopicamente ciliados, insertos en toda la cavidad por medio de funículos simples o basalmente ramificados; tubo receptacular infundibuliforme-campanulado, de 4 a 8 mm de longitud y diámetro, de color verde amarillento claro hasta verde olivo, a veces con tintes castaño rojizos; segmentos exteriores del perianto oblongo-lanceolados, más o menos agudos, enteros, los más exteriores de color verde oliva claro hasta casi blancos, con la franja media más o menos ancha de color castaño oscuro, purpúrea o rosado oscuro; segmentos intermedios más largos y delgados, por lo general más acuminados, de color blanco hasta blanco verdoso con una línea media más o menos angosta de color verdoso, purpureo o rosado; segmentos interiores del perianto más cortos, más delgados y de anchura mayor o menor que los intermedios, finamente acuminados, de color blanco puro, crema amarillento sin o con franja media, de anchura variable, de color rosa pálido o crema amarillento; estambres primarios de 6 mm de longitud, insertos a la altura de la base del estilo, arriba del corto anillo nectarial; estambres secundarios de 8 mm de longitud insertos en varias series espiraladas, llegando a la altura de los lóbulos del estigma; anteras ovoides, amarillas, a veces faltando en los estambres más exteriores, los que entonces frecuentemente adquieren carácter petaloide; estilo de 7 a 13 mm de longitud, blanco; lóbulos del estigma 4 a 6, generalmente 5,

divergentes, blanquecinos o pálido rosados, acuminados, interiormente provistos de finas papilas vítreas. **Fruto** ovoide hasta globoso, de 3 a 5 mm de diámetro, desnudo, al principio verde, después rojizo, conservando adheridos los restos secos del perianto. **Semillas** ovoideopiriformes, de 1 a 1.7 mm de longitud y 1.2 a 1.4 mm de espesor; región hilar pronunciada; hilo amplio, ancho, oval, crateriforme, con los bordes bastante gruesos; micrópilo apical pequeño, situado en una hendidura al margen del hilo en un repliegue de la testa. Testa tuberculada, con los tubérculos disminuyendo de tamaño hacia la región hilar, de color rojo castaño muy oscuro, casi negro; embrión suculento, grande, con el polo radicular angostado o grueso y truncado; perisperma ausente. **Raíz** napiforme, grande (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Anderson, 2001) (Figuras 6.1a-d).

Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991), señalan algunos autores reconocen variedades. La variedad pseudomacrochele presenta tallos de color verde pálido y flores de 3.5 cm de diámetro, con los segmentos interiores del perianto blancos y la línea media de color rosa, en tanto que la var. krainzianus presenta tallos de color verde oscuro; flores de 2 cm de diámetro, con los segmentos de color verdoso hasta crema amarillentos. Anderson (2001), indica la existencia de tres subespecies de T. pseudomacrochele. La subespecie pseudomacrochele es verde claro con tubérculos bajos y redondeados y con flores blancas de 3.5 cm de diámetro con vena media de color rosado y se presenta en Hidalgo y Querétaro. La subespecie krainzianus es verde obscura con tubérculos algo puntiagudos. flores magenta a amarillo crema de solo 2 cm de diámetro, cuya distribución es incierta. La subespecie lausseri es también verde obscura con tubérculos puntiagudos y flores rojizas de 2.5 cm de diámetro y se presenta en la Sierra del Doctor. Además existe otra subespecie, subsp. minimus, (que fue estudiada en este trabajo), descubierta por H. J. Bonatz y descrita por G. Frank en 1989, la cual crece en varios sitios de Ixmiquilpan, Hgo. (Nagl y Perndl, 1999 y Perndl, 2000 en Sánchez, 2006).



Figura 6.1a. *Turbinicarpus pseudomacrochele* con una rama reproductiva (El Cardonal, Hidalgo). Los individuos de esta especie miden de 3 a 6 cm de alto y las ramas tienen de uno a tres centímetros de diámetro (Foto: C. Jiménez).



Figura 6.1b. *Turbinicarpus pseudomacrochele* cespitoso o ramificado (El Cardonal, Hidalgo, junio 2008). (Foto: E. Vázquez)



Figura 6.1c. *Turbinicarpus pseudomacrochele* con ramas con estructuras reproductoras (botones florales). Los individuos se encuentran en pequeñas cavidades entre las rocas. (El Cardonal, Hgo., junio 2008) (Foto: E. Vázquez).



Figura 6.1d. *Turbinicarpus pseudomacrochele* con botones. (El Cardonal, Hgo., junio 2008). (Foto: E. Vázquez).

d) Estatus de conservación

- T. pseudomacrochele se encuentra incluida en:
- 1) El **Apéndice I de CITES** (CITES, 2013), donde se incluyen especies de con el mayor riesgo de extinción, por lo cual se prohíbe su comercio a nivel internacional está prohibido, exceptuando el que se realiza con fines de investigación científica.
- 2) La Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN (2014), como Especie En Peligro (EN), (Endangered B1ab(iii,v)+2ab(iii,v)) ya que sus poblaciones silvestres se encuentran en riesgo alto de extinción debido al limitado rango de distribución (450 Km²) y porque se sabe que existe sobrecolecta en sus poblaciones. Además existen alteraciones de su hábitat (minería de roca caliza) (Anderson et al. 1994) y se estima que hay menos de 2.500 individuos maduros (Gómez-Hinostrosa, et al., 2013).
- 3) La NOM-059-SEMARNAT 2001 (SEMARNAT, 2002) y NOM-059-SEMARNAT 2010 (SEMARNAT, 2010) con la categoría En Peligro de Extinción (P). Donde se encuentran especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros, lo que pone en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Estatus de conservación reportado para *T. pseudomacrochele*.

Instancia	Catagoría/Anándica	Deferencie hibliográfica	Fecha	de
IIIStaticia	Categoría/Apéndice	Referencia bibliográfica	consulta	
CITES	Apéndice I	CITES, 2013	14/Junio/2	014
NOM-059-SEMARNAT-2001	P (En Peligro de Extinción)	SEMARNAT, 2002.		
NOM-059-SEMARNAT-2010	P (En Peligro de Extinción)	SEMARNAT, 2010.	2014	
UICN	En Peligro (EN), (Endangered B1ab(iii,v)+2ab(iii,v))	Gómez-Hinostrosa et al. (2013)	27/06/2014	1

6.2.- Distribución geográfica: Histórica y actual

T. pseudomacrochele es una especie endémica de la región central de México y ha sido reportada en los Estados de Hidalgo y Querétaro. En la Figura 6.2, se presentan fotografías de los ejemplares herborizados de T. pseudomacrochele que se encuentran en el herbario MEXU (IBUNAM). Desgraciadamente estos carecen de georreferencias.



Figura 6.2. Únicos ejemplares de *Turbinicarpus pseudomacrochele* encontrados en el herbario MEXU (UNAM) (Foto: M.A. Morón-Vázquez).

En la bibliografía se señala que la especie se distribuye en: 1) Hidalgo (municipios de Cardonal, Ixmiquilpan, Santiago de Anaya y Zimapán) (Anderson, 2001; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991); 2) Querétaro (municipios de Ezequiel Montes, Cadereyta y Tolimán) (Anderson, 2001; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Scheinvar, 2004), y 3) San Luis Potosí (pero no se especifica el municipio (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). Sin embargo, este útimo registro no ha sido corroborado por ningún otro investigador (Guzmán *et al.*, 2003).

De los 23 registros (16 son bibliográficos y dos de herbario) con los que cuenta la especie, sólo se presentan cuatro localidades georreferenciadas. Tres

en Hidalgo (El Cardonal, Ixmiquilpan y Zimapán) y una en Querétaro (cercanías del poblado Bernal). Nosotros encontramos una nueva localidad (Xothadi, Hgo.).

Tomando en cuenta los datos de las localidades georreferenciadas, así como las visitas a estos sitios se elaboró con ayuda del programa Arc View (Versión 9.3) el mapa de la distribución histórica y actual de la especie (Figura 6.3).

En las visitas realizadas (2011-2012) a las localidades georreferenciadas detectamos la ausencia de individuos de la especie en dos localidades: Ixmiquilpan (Hgo.) y Bernal (Qto.). Estas localidades han sido alteradas por factores agrícolas y ganaderos (Ixmiquilpan) y por la instalación de una mina de cal (Bernal). La población de Zimapán, no pudo ser localizada por lo que en este reporte se señala la localidad como no visitada, pero el Ing. E. Sánchez Martínez (com pers.) asegura que aún se encuentran individuos de la especie en esa localidad. En las dos localidades persistentes (El Cardonal y Xothadi (Hgo.) se presenta disturbio por factores agrícolas y ganaderos.

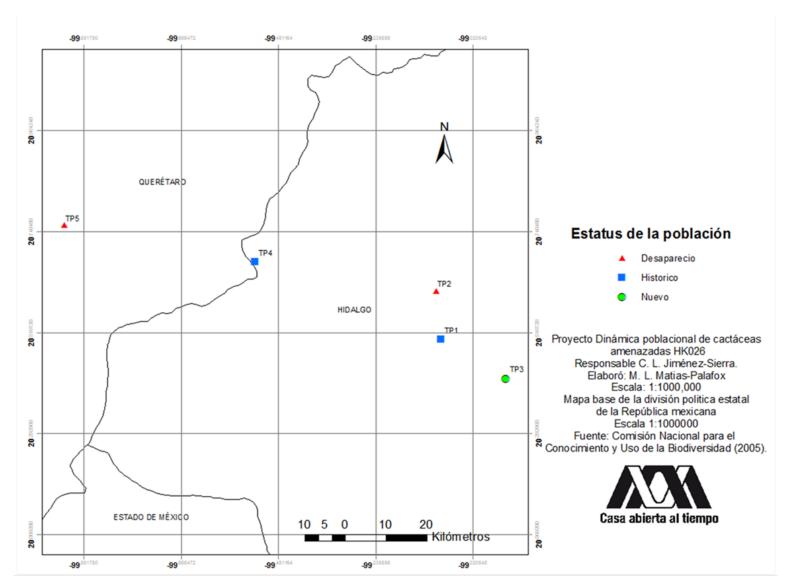


Figura 6.3. Mapa de distribución histórica y actual de Turbinicarpus pseudomacrochele.

T. pseudomacrochele, presenta un rango de distribución altitudinal de 391m (desde 1,700 msnm en Ezequiel Montes (Qro.) a 2,091 msnm en las cercanías del poblado de Bernal (Qro.). Los límites extremos de la distribución geográfica de la especie se presentan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Localidades limítrofes en la distribución de *T. pseudomacrochele*.

	Coordenadas	Localidades limítrofes	Estado
Norte	20°45'14.2"N	Cercanías a Bernal	Querétaro
Sur	20°24'53.62"N	El Cardonal	Hidalgo
Este	-98°56'51.68"	Xothadi	Hidalgo
Oeste	-99°55'34.9''	Cercanías a Bernal	Querétaro

6.3.- Características ambientales

a) Clima

El 40% de las localidades georreferenciadas (5) presentan un clima BS1kw, Semiárido templado con lluvias de verano e invierno; 20 % BS1hw, Semiárido semicálido con lluvias de verano e invierno; 20% C(w1), Templado subhúmedo con precipitación en el mes más seco y 20% C(wo), Templado subhúmedo con precipitación en el mes más seco.

b) Vegetación

De las cinco localidades georreferenciadas el 20% presentan un tipo de vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate, el 20% Agricultura de temporal anual y permanente, el 20% Agricultura de temporal anual, el 20% Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y por último el 20% Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule.

c) Suelo

El 80% de las localidades georreferenciadas (5) se encuentra en suelo I, Litosol, mientras que el 20% restante presentan suelo Hc, Feosem calcarico.

d) Características edafológicas

Tabla 6.3. Características físicas y químicas del suelo de la localidad El Cardonal (Hidalgo) donde se presenta *T. pseudomacrochele*.

Localidad	El Cardonal
Municipio	kmiquilpan, Hidalgo
Latitud N	20°30′6.4"
Longitud W	99° 05'25.4"
Altitud (msnm)	2088
Hábitat	Matorral Rosetófilo
a) Color	10YR 3/1 Café grisáceo muy oscuro
b) Densidad relativa (tm ⁻³)	2.37
c) Textura	Franco arenoso
Arena %	68
Limo %	26
Arcilla %	6
d) pH	8.25
e) Materia orgánica %	8.74
f) Nitrógeno total Nt (mgKg ⁻¹)	0.44
g) Fosforo asimilable P (mgKg ⁻¹)	8.34
h) Potasio intercambiables K (mgKg ⁻¹)	176
i) Calcio intercambiable Ca (mgKg ⁻¹)	7373.5
j) Magnesio intercambiables Mg (mgKg ⁻¹)	1401
k) Sodio intercambiables Na (mgKg ⁻¹)	98

6.4.- Estado actual de las poblaciones

a) Densidades poblacionales y extensión de las localidades

Debido a que los individuos se encuentran sólo en algunos parches, la densidad resulta ser muy baja al considerar áreas extensas (entre 34 y 10 ind/ha). Las extensiones de vegetación continua en estas zonas van de 5 a 12 ha respectivamente.

b) Factores de disturbio

En los sitios donde la especie ha desaparecido, se observó modificación del ambiente por distintos factores. En Ixmiquilpan por uso de la tierra con fines agrícolas y en las cercanías al turístico poblado de Bernal por la extracción de roca calcárea y su procesamiento. En los dos sitios visitados (El Cardonal y

Xothadi) se observaron modificaciones del paisaje debido a la remoción de la vegetación original con fines agrícolas y pecuarios.

6.5.- Demografía

a) Población estudiada

Los estudios de demografía, dinámica poblacional y de biología reproductiva se realizaron en la población "El Cardonal", ubicada en el municipio Ixmiquilpan (Hidalgo). Se escogió esta población, debido a que es la que presenta la más alta densidad (Figura 6.4). El sitio se ubica en las coordenadas 99°05′W; 20°30′N y a 2,088 msnm. El suelo es pedregoso con lajas de roca caliza, con una pendiente de 48°. La comunidad vegetal natural presente es un matorral rosetófilo (Rzedowsky, 1978), que cubre una extensión aproximada de 12 ha. Algunas de las especies que pueden observarse en el sitio son: Agave lechuguilla, Echinocactus platyacanthus, Opuntia imbricata, así como elementos de los géneros Selaginella, Mimosa, Acacia y Croton (Jiménez-Sierra et al., 2008).



Figura 6.4. Localidad "El Cardonal" (Hidalgo) (Foto: E. Vázquez, 2011).

Densidad poblacional y distribución intrapoblacional

El área ocupada por la población se extiende en una superficie de 25,000 m². Los individuos se encuentran solamente en ciertas zonas rocosas y entre las fisuras de la roca caliza. En el 2007, se establecieron once parcelas permanentes de observación de 9 m² cada una (3m de lado), donde se registraron 85 individuos. Tomando en cuenta los 25,000 m², encontramos que la densidad de 0.0034 ind/m² y si esto se proyecta a una hectárea, tendríamos 34 ind/ha.

El índice de distribución espacial, ID (Ludwing & Reynolds, 1988) = 1.42 (T=5.96; P<0.0005) indica una distribución intrapoblacional agregada.

c) Estructura poblacional

La estructura poblacional determinada con base en el diámetro de los individuos, (suma de los diámetros de todas las ramas/individuo), se encuentran en la tabla 6.4.

Tabla 6.4. Categorías de tamaño de *T. pseudomacrochele* con base en los diámetros de los individuos.

Categorías	Diámetro (cm)	2007	2008	2009
Plántula (P)	<0.5	13	10	9
Adulto 1 (A1)	0.51 - 1	25	20	26
Adulto 2 (A2)	1.1 - 3	33	37	31
Adulto 3 (A3)	> 3.1	14	18	16
		85	85	82

La distribución de tamaños de los individuos es unimodal con una frecuencia máxima de Adultos 2 (A2), los cuales constituye el 34% de la población (Figura 6.5a). La estructura se mantuvo a través de los tres años de estudio (Figura 6.5b).

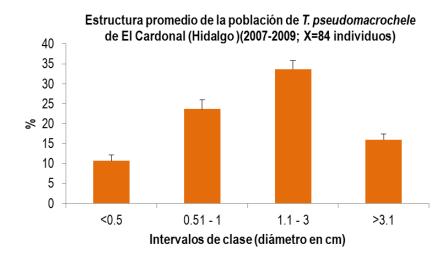


Figura 6.5a. Estructura poblacional promedio de *T. pseudomacrochele* con base en el diámetro de los individuos en tres años consecutivos.

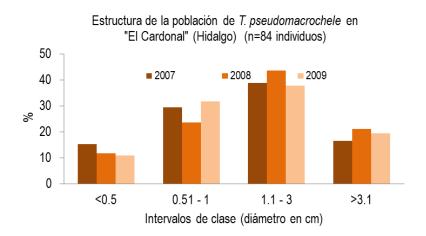


Figura 6.5b. Estructura poblacional de *T. pseudomacrochele* a través del tiempo "El Cardonal" (Hidalgo).

6.6.- Dinámica poblacional

a) Ciclo de vida

Se realizaron tres censos de la población de *T. pseudomacrochele* (abril de 2007; junio de 2008 y abril de 2009). En cada censo, se registraron para cada individuo: altura máxima, número de ramas, diámetro de cada rama y número de estructuras reproductivas por rama. La categorización se hizo con base a los

diámetros de los individuos (Tabla 6.4). El diagrama del ciclo de vida por año se encuentra en las Figuras 6.6a y b).

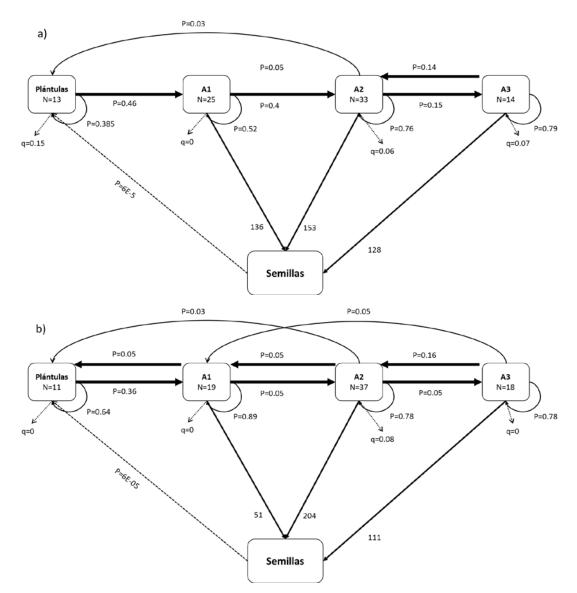


Figura 6.6. Diagrama del ciclo de vida de T. pseudomacrochele: a) 2007-2008 y b) 2008-2009. Los cuadros representan las categorías (N=número de individuos). Las flechas que regresan a la misma casilla representan las probabilidades de permanencia o estasis (P); las flechas hacia la derecha, indican las probabilidades de crecimiento o transición (C), las flechas hacia la izquierda representan regresiones o reducción de los tamaños (R); q = probabilidad de muerte. La fecundidad (F) está señala como la producción de semillas por categoría.

b) Edades estimadas

Las edades estimadas para los individuos se calcularon con base en el incremento en los diámetros de los organismos de las diferentes categorías (Tabla 6.5). Los Individuos cuyos diámetros son mayores a 3.1 cm (A3), aunque pueden aumentar de tamaño, también pierden muchas de sus ramas, por lo cual el crecimiento medio de la clase es de -0.35 cm/año. Entonces, en el ciclo de vida de *T. pseudomacrochele*, las regresiones parecen ser de especial importancia y los organismos de la primera etapa, pueden provenir de organismos ya establecidos que han perdido biomasa y se encuentran en un proceso de regeneración o producción de nuevas ramas, así como por organismos recién reclutados por la germinación de semillas.

Tabla 6.5. Crecimiento de los individuos por categoría de tamaño y estimación de edades

	Velocidad de crecimiento	Tiempo para transitar por categoría	Tiempo acumulado al llegar a la categoría
Categoría	cm/año	(años)	(años)
Plantula	0.16	3.06	
Adulto 1	0.39	2.54	3.06
Adulto 2	0.36	8.29	5.60
Adulto 3	-0.35	?	13.89

En la Figura 6.6c, se presenta el porcentaje de individuos que incrementaron o redujeron su biomasa por categoría/año. En la primera categoría dominan los procesos de crecimiento (el 90% de los individuos aumentaron en diámetro), mientras que en la última clase sólo un 50% de individuos crecieron y el resto redujeron sus diámetros.

En la Figura 6.6d, se presenta el porcentaje de individuos que incorporaron o perdieron ramas por categoría/año. El mayor porcentaje de individuos que pierden ramas se presenta en los individuos más grandes (A3). No sabemos si las ramas desprendidas de los adultos, pueden generar un nuevo individuo, pero parece poco probable que esto ocurra, ya que al parecer éstas se secan antes de desprenderse.

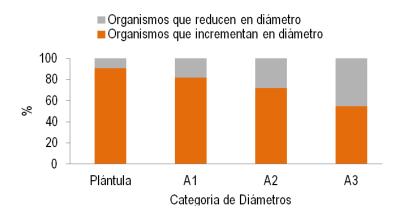


Figura 6.6c. Cambios en el diámetro de los individuos por intervalo al año (N=162 observaciones)

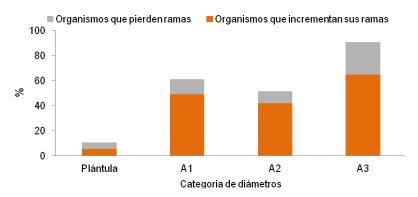


Figura 6.6d. Estrategia de producción o pérdida de ramas por individuo e intervalo de diámetro al año (n=162 observaciones).

c) Dinámica poblacional

Con la información recabada en los tres censos (2007, 2008 y 2009) y las observaciones fenológicas de 2008, se construyeron las matrices de transición poblacional de Lefkovitch (Caswell, 2000; 2001), correspondientes a 2007-2008 y 2008-2009 (Tabla 6.6).

Tabla 6.6. Matrices de transición de Lefkovitch para *T. pseudomacrochele* de "El Cardonal" (Hidalgo). Estadios considerados: Semilla (S), Plántula (P) y Adulto (A1, A2 y A3). La diagonal principal indica las probabilidades de permanencia de los individuos en cierta clase (P). Los valores por encima de la diagonal corresponden a regresiones o pérdida de biomasa (R). Los valores por debajo de la diagonal indican el crecimiento o tránsito a otra clase de mayor tamaño (C). El primer renglón indica la aportación anual de semillas por categoría/año. Se presentan los valores de las lambdas (λ,± intervalo de confianza (2DE), los valores de la estructura estable de tamaños esperados (w) y observados, así como los valores reproductivos por categoría (v).

Estructura de edades

Diferencia

Valor

Lambda 1-0 0/10+0 121/

a) Cardonal: 2007-2008

a) Cardo	onai: 2007-20	08	Lambda A	=0.9419±0.	1214		Estructura	ue edades		Diferencia	vaior
N=85	S	Р	A1	A2	A3		(W)	Observada	X^2	Significativa	Reproductivo (V)
S	1.00E-08	0	136	153	127.5	-					0.00001
Р	6.0E-05	0.3846	0	0.0303	0		0.04003	0.152941	0.318488		0.23426
A1	0	0.4615	0.5200	0	0		0.043794	0.294118	1.430846		0.28284
A2	0	0	0.4000	0.7576	0.1429		0.453611	0.388235	0.009422		0.24582
A3	0	0	0.0800	0.1515	0.7857		0.462565	0.164706	0.1918		0.23707
b) Cardo	onal: 2008-20	09	Lambda λ	=0.9885±0.	1404		Estructura	de edades	_	Diferencia	Valor
b) Cardo	onal: 2008-20 S	09 P	Lambda λ:	=0.9885±0. A2	1404 A3			de edades Observada	X ²	Diferencia Significativa	Valor Reproductivo (v)
									X ²		
N=85	S	Р	A1	A2	А3				X ²		Reproductivo (v)
N=85 S	S 1E-09	P 0	A1 51	A2 204	A3 161.5		(W)	Observada			Reproductivo (v) 2E-05
N=85 S P	S 1E-09 6E-05	P 0 0.6364	A1 51 0.0526	A2 204 0.0270	A3 161.5 0		(w) 0.122683	Observada 0.119497	0.00008		Reproductivo (<i>v</i>) 2E-05 0.2886
N=85 S P A1	S 1E-09 6E-05 0	0 0.6364 0.3636	A1 51 0.0526 0.8947	A2 204 0.0270 0.0541	A3 161.5 0 0.0556		(w) 0.122683 0.623006	Observada 0.119497 0.232704	0.00008 0.24452		Reproductivo (v) 2E-05 0.2886 0.2795

Para el primer año no se observan diferencias significativas entre la estructura estable de tamaños (w) y la observada. Sin embargo para el segundo año cuando se incrementó la mortalidad de A2, si se observaron diferencias al comparar estos parámetros (Tabla 6.6). Los valores reproductivos por categoría se encuentran repartidos casi equitativamente entre las diversas categorías de tamaño (exceptuando a la categoría de semillas). Aunque los valores de las lambdas para ambos años son inferiores a la unidad, no difieren estadísticamente de la unidad (Tabla 6.6 y 6.7)

Tabla 6.7 Valores de lambda (λ) de la poblaciones de *T. pseudomacrochele* de "El Cardonal", Hidalgo durante los censo realizados.

		Intervalos de confianza
Año	Lambda (λ)	(±2DE)
2007-2008	0.9419	±0.1214
2008-2009	0.9885	±0.1404
Promedio	0.9652	

La tasa de mortalidad por categoría y año se presenta en la Figura 6.7. Los bajos valores de lambda en el primer año, se deben principalmente, a la alta mortalidad de plántulas, seguida de la mortalidad de los adultos A2 y A3. En el segundo año, sólo se observó mortalidad en los adultos A2.

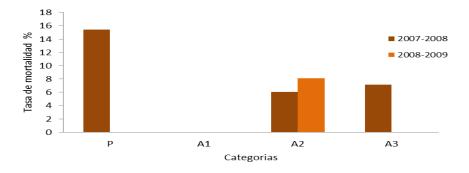


Figura 6.7 Tasas de mortalidad "q", por intervalo de tamaño y año, en la población de *T. pseudomacrochele* de "El Cardonal".

En la Tabla 6.8 se presentan las matrices de elasticidad para ambos años. Donde puede verse que para los dos años los procesos de permanencia fueron los más importantes, seguidos por el crecimiento, las regresiones y finalmente la fecundidad. Las permanencias de los A1, A2 y A3, son de especial importancia en esta población.

Tabla 6.8. Matrices de elasticidad anuales e importancia relativa de los procesos demográficos en la población de *T. pseudomacrochele*

a) Matriz de	a) Matriz de elasticidad 2007-2008						
Categorías	S	Р	A1	A2	A3		
S	9.23E-11	0	0.0004	0.0045	0.0038		
Р	0.0087	0.0156	0	0.0140	0		
A1	0	0.0226	0.0279	0	0		
A2	0	0	0.0187	0.3660	0.0704		
A3	0	0	0.0036	0.0706	0.3733		

Importancia relativa de los procesos demográficos				
Permanencia	0.7828			
crecimiento	0.1206			
Regresion	0.0843			
Fecundidad	0.0087			
Total	0.9964			

a) Matriz de elasticidad 2008-2009								
Categorías	S	Р	A1	A2	A3			
S	5.57E-12	0	0.0021	0.0028	0.0006			
Р	0.0055	0.0869	0.0365	0.0061	0			
A1	0	0.0481	0.6007	0.0118	0.0031			
A2	0	0	0.0243	0.1178	0.0064			
A3	0	0	0.0000	0.0101	0.0373			

Importancia de los procesos demográficos						
Permanencia	0.8426					
crecimiento	0.0880					
Regresion	0.0639					
Fecundidad	0.0055					
Total 1.0000						

d) Simulaciones

En las Figuras 6.8.1 y 6.8.2, se presentan las proyecciones del crecimiento poblacional a 50 años. Las proyecciones se hicieron: a) tomando en cuenta los valores originales de las matrices de cada año; b) reduciendo a la mitad la sobrevivencia de los A3; c) reduciendo a la mitad la sobrevivencia de los A2; d) extrayendo la mitad de las semillas y e) incrementando al doble la instalación de plántulas (Figura 6.8.2e) Los resultados muestran que la población no podrá mantenerse viable por mucho tiempo. La extracción de Adultos acelera la tendencia a la desaparición de la especie. La extracción de semillas no cambia esta dinámica. Sin embargo, si se logrará duplicar el ingreso de plántulas, se aseguraría la supervivencia de la población en un lapso de tiempo mayor.

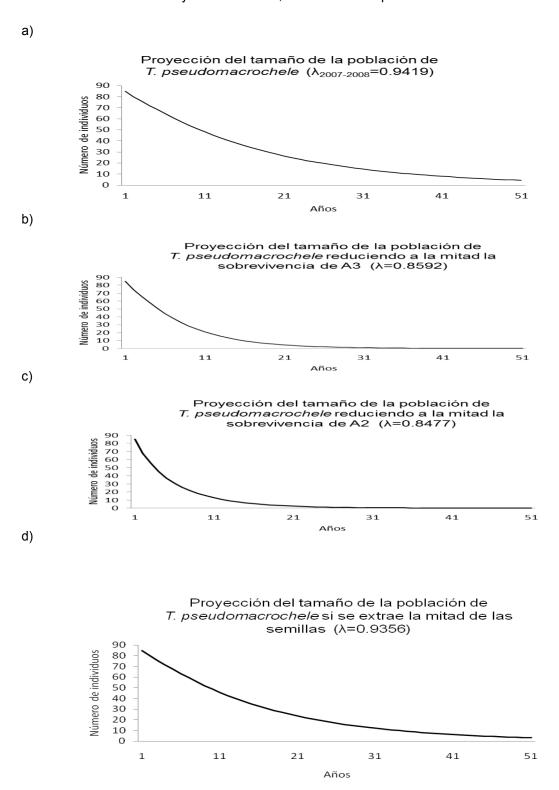


Figura 6.8.1 Proyecciones del tamaño poblacional de *T. pseudomacrochele* a 50 años, tomando como base la matriz original 2007-2008.

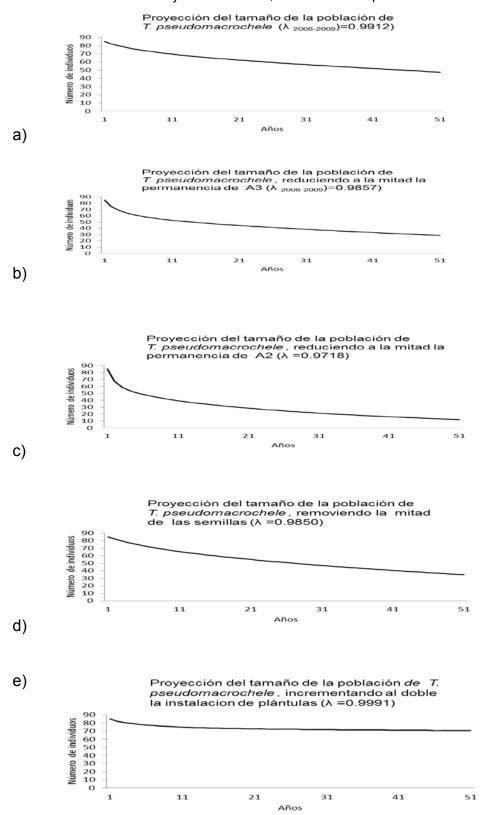


Figura 6.8.2. Proyecciones del tamaño poblacional a 50 años tomando como base los datos de 2008-2009.

6.7.- Reproducción sexual

a) Fenología reproductiva

Se realizaron censos fenológicos de 2005 a 2009, en 93 individuos. La floración ocurre de manera sincrónica, presentándose el pico entre abril y junio (dependiendo del año). La mayor cantidad de primordios florales se observó en junio y de frutos en enero (2005) y agosto (2008) (Figura 6.9).

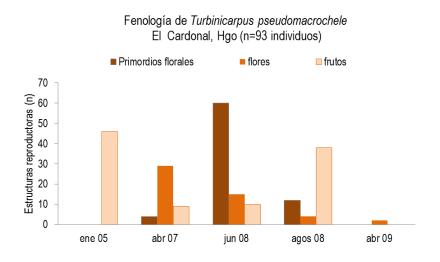


Figura 6.9. Fenología de *T. pseudomacrochele* en la población El Cardonal (Hgo.) durante tres años consecutivos.

b) Florimetría

Las flores son de color verde pálido con tintes rojizos. En abril de 2007 se colectaron 11 flores de *T. pseudomacrochele* de distintos individuos y se determinaron 13 variables morfométricas (Figura 6.10). Los datos de morfometria se encuentran en la Tabla 6.9.

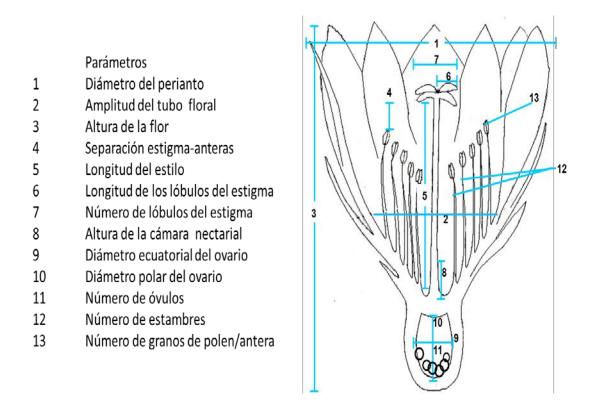


Figura 6.10. Diagrama de la flor de *Turbinicarpus pseudomacrochele* y parámetros morfométricos considerados (Modificado de Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991)

Tabla 6.9. Morfométricas de las flores de T. pseudomacrochele

_	Diámetro	Amplitud	Altura	Separación	Longitud	Longitud lobulos	Núm. Lobulos	Núm. Lóbulos	Altura	Diámetro	Núm. de	Núm. de	polen/antera	Granos polen	Proporción
Flor	perianto	tubo floral	de la flor	estigma-anteras	estilo	estigma	estigma	estigma	c. néctarial	ec uatorial ovario	óvulos	estambres		por flor	polen/ovulo
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					
1	7	3	12	1	8	0.5	3	0.5	0.5	1	29	26	220	5720	197
2	6.17	2.09	13.18	1.39	5.49	1.16	4	0.52	0.86	1.26	9	18	299	5382	598
3	5.32	1.97	12.62	1.43	5.94	0.77	3	0.65	0.97	1.51	10	24	177	4248	425
4	5.94	1.41	13.51	1.87	5.94	1.51	3	0.4	0.85	1.09	9	22	138	3036	337
5	3.3	1.09	10.39	0.99	4.78	1.06	4	0.71	0.67	1.29	9	21	117	2457	273
6	6.62	1.58	11.89	1.37	3.1	1.47	4	0.49	1.42	1.9	23	31	268	8308	361
7	5.35	2.82	11.29	1.53	4.95	0.87	4	0.33	1	1.16	18	33	303	9999	556
8	4.92	1.44	11.4	1.73	4.65	1.54	4	0.47	0.78	1.59	27	40	344	13760	510
9	4.2	1.37	8.13	1.41	4.51	1.12	4	0.82	1.13	1.16	18	23	382	8786	488
10	3.63	0.94	9.15	1.46	5.98	1.55	4	0.7	0.74	1.07	15	15	45	675	45
11	3.35	1.35	9.73	1.13	3.84	0.63	4	0.52	0.71	0.64	10	29	285	8265	827
N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
mayor	7	3	13.51	1.87	8	1.55	4	0.82	1.42	1.9	29	40	382	13760	826.5
menor	3.3	0.94	8.13	0.99	3.1	0.5	3	0.33	0.5	0.64	9	15	45	675	45
promedio	5.07	1.73	11.21	1.39	5.2	1.16	3.73	0.56	0.88	1.24	16.09	25.64	234.36	6421.45	419.67
desvest	1.31	0.67	1.7	0.27	1.3	0.36	0.47	0.15	0.25	0.33	7.53	7.19	104.32	3817.04	212.16
ee	0.41	0.21	0.54	0.09	0.41	0.12	0.15	0.05	0.08	0.11	2.38	2.27	32.99	1207.06	67.09

c) Marcha floral

Se realizaron observaciones de flores de *T. pseudomacrochele* en antesis (N=19) cada 90 minutos. La antesis inicio a las 11:30 hrs. y concluyó alrededor de las 15:30 hrs. El 84.2% de las flores abrieron sólo un día (≈ 4hrs.). El resto abrieron dos días consecutivos y ninguna abrió tres días. La dehiscencia de las anteras ocurre simultáneamente a la receptividad de los estigmas. La máxima apertura del perianto se presentó alrededor de las 14:30 hrs (Figura 6.11). No se obtuvo néctar de ninguna de las flores. Se observaron solamente avispas solitarias (*Perdita* spp) visitando a las flores, las cuales no pudieron ser capturadas.

Cinco flores (29%) fueron depredadas, cuatro de ellas perdieron el estigma y una más perdió además parte de los estambres. No se observó a los depredadores, sin embargo, es muy probable que estos daños hayan sido causados por insectos del orden Ortóptera (Chapulines).

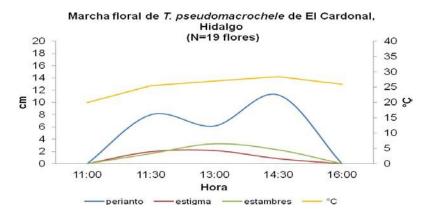


Figura 6.11. Marcha floral de *T. pseudomacrochele* en la población "El Cardonal" (Hgo.).

d) Sistema de cruza

Para determinar el sistema de cruza, se llevaron a cabo los siguientes experimentos de polinización: 1) Control: no se tocaron las flores (n=11); 2) Polinización cruzada manual (n=6); 3) Autopolinización manual (n=6); y 4) Autopolinización natural (n=6).

A los cinco meses se cosecharon los frutos y se cuantificaron sus semillas. Los resultados se presentan en la Tabla 6.10. El fruit set (proporción de flores que se convierten en frutos) más alto se obtuvo en el control (p=0.545), seguido por la autopolinización artificial (p=0.5) y por último por la polinización cruzada manual (p=0.333). No se obtuvieron frutos de la autopolinización natural. En lo que se refiere a seed set (probabilidad de paso de óvulo a semilla), el mayor valor se obtuvo en la polinización cruzada manual (p=0.621), seguida por la autopolinización artificial (p=0.477) y finalmente por el control (p=0.342). De acuerdo con estos resultados, el sistema de cruza es **mixto**, y probablemente una parte de las semillas obtenidas en cada fruto podrían ser producto de autopolinización, la cual debe requerir de la actividad de algún visitante floral. El hecho de que el seed set del control sea menor a los dos casos manipulados, indica que puede haber escases de polinizadores.

Tabla 6.10. Experimentos de polinización en El Cardonal (Hgo.).

	n	Frutos	Fruit set	Semillas/fruto	Seed set
Tratamiento		obtenidos		x (±EE)	
Control	11	6	0.55	5.5 (±2.47)	0.34
Polinizacion cruzada manual	6	2	0.33	10 (±3.27)	0.62
Autopolinizacion artificial	6	3	0.5	7.67 (±2.67)	0.48
Autopolinizacion natural	6	0	0	-	-

e) Sistema de apareamiento

El índice de entrecruza de Cruden (OCI) obtenido es de dos, lo cual corresponde a una especie con sistema de apareamiento **autógomo facultativo** (Tabla 6.11). Mientras que la proporción polen:óvulo = 419/1, es un valor intermedio entre los sistemas autógamo facultativo y el xenógamo facultativo, lo cual se ve confirmado por los experimentos de polinización.

Tabla 6.11. Índice de entrecruzamiento (OCI) de T. pseudomacrochele.

Parámetro	Evaluación	Valor asignado
Diámetro del perianto	5.07 (±0.41EE) mm	2
Hercogamia (separación espacial)	Ausente	0
Dicogamia (separación en el tiempo)	Ausente	0
OIC	Autógamo facultativo	2

f) Germinación de las semillas

Los experimentos de germinación de las semillas de *T. pseudomacrochele* no se realizaron debido al reducido número de semillas por fruto (≈8.5), que presenta la especie. En la bibliografía se reporta un porcentaje de germinación en condiciones de invernadero del 85% (Sánchez, 2006).

6.9. Bibliografía

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber press. Portland, Oregon.
 776 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 404 p.
- Britton N.L. & J.N. Rose. 1963. The cactaceae descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. III al IV. Dover publications, Inc. New York. 318 pp.
- Caswell, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses:
 Their roles in conservation biology. Ecology 81:619-627.
- Caswell, H., 2001. Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, Sinauer, Sunderland, MA, USA.
- CITES. 2013. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 12 de junio de 2013.
 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Maison internationale de l'environnement. Ginebra, Suiza. 47 pp.
 Disponible en: http://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2013/S-Appendices-2013-06-12.pdf
- Cruden, R.W., 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31: 32-46.
- Godinez-Alvarez H. O. 2002. Evaluación de dos cactáceas mexicanas incluidas en el apéndice 1 de CITES. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. V039. México D.F.
- Gómez-Hinostrosa, C., Sánchez, E. & Guadalupe Martínez, J. 2013.
 Turbinicarpus pseudomacrochele. In: The IUCN Red List of Threatened Species.
 Version 2014.2. Disponible en http://www.iucnredlist.org/details/40983/0> Consultada el 8 de agosto de 2014

- Guzmán, U., S. Arias M. y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 p.
- Hernández H. M. & Gómez-Hinostrosa C. 2011. Mapping the Cacti of Mexico. dh books. Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad. England. 128 pp.
- Jiménez-Sierra C, Ma. L. Matias-Palafox & E. Vázquez-Díaz. 2008.
 Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones naturales de Turbinicarpus pseudomacrochele (Backeb.) Buxb. & Backeb. (Cactaceae).
 Cactáceas y Suculentas Mexicanas 53: 4-19. México D.F.
- Ludwing, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley, Nueva York, 325pp.
- Rzedowski, J., 1978. Vegetación de México, Limusa, México
- Sánchez E. 2006. Ficha técnica de *Turbinicarpus pseudomacrochele*. Apuntes técnicos para el conocimiento de la situación de conservación de especies de la familia Cactaceae en el estado de Querétaro. Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro-(CONCyTEQ). Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. CK016. Mexico. 12 pp.
- Scheinvar, L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México. 392 p.
- SEMARNAT, 2002. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002.
- SEMARNAT, 2010. NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riego. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación Segunda Edición 30 de diciembre de 2010.

Referencias de los registros de la especie

- Anderson E. F. 2001. The cactus family. Timber press. USA. 776 pp.
- Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada H. 1991. Las cactáceas de México.
 Vol. II. México. 404 pp.
- Godínez-Álvarez H. O. 2002. Evaluación de dos cactáceas mexicanas incluidas en el apéndice 1 de CITES. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. V039. México D.F.
- Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas.
 Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el
 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 315 pp.
- Hernández H. M. & Gómez-Hinostrosa C. 2011. Mapping the Cacti of Mexico. dh books. Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad. England. 128 pp.
- Jiménez-Sierra C, Ma. L. Matias-Palafox & E. Vázquez-Díaz. 2008.
 Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones naturales de Turbinicarpus pseudomacrochele (Backeb.) Buxb. & Backeb. (Cactaceae).
 Cactáceas y Suculentas Mexicanas 53: 4-19. México D.F.
- Sánchez E. 2006. Ficha técnica de *Turbinicarpus pseudomacrochele*. Apuntes técnicos para el conocimiento de la situación de conservación de especies de la familia Cactaceae en el estado de Querétaro. Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro-(CONCyTEQ). Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. CK016. Mexico. 12 pp.
- Scheinvar, L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 392 pp.

6.10.- Créditos

Colaboradores en el estudio de Turbinicarpus pseudomacrochele

Autor Jiménez-Sierra, Cecilia Leonor

Autor abreviado Jiménez-Sierra, C. L.

Coautor Matias-Palafox, Ma. L.

Correo electrónico ceci@xanum.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad

Institución Iztapalapa

Responsable del proyecto Jiménez-Sierra, C. L.

Número de referencia HK026

Título Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas

Año de término 2014

Mapa Jiménez-Sierra, C. L.

Matias Palafox, Ma. L.

Fotografías Morón-Vázquez, M. A.

Vázquez-Díaz, E.

Otros colaboradores Barrios Gómez, M. K.(Demografía)

Brito Castrejón K. D. (Redacción)

Tovar Juárez, G. E. (Trabajo de campo)

Vázquez-Díaz, E. (Captura de datos)

