



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



**ESTUDIO ECOLÓGICO DE LAS POBLACIONES DE
Echinocactus platyacanthus (Link et Otto) EN EL
ESTADO DE QUERÉTARO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO
PRESENTA:**

ULISES LÓPEZ MONTIEL

DIRECTORA DE TESIS: DRA. PATRICIA DOLORES DÁVILA ARANDA



LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO, 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Patricia D. Dávila Aranda

A mi asesora de tesis por todo su apoyo a lo largo de la elaboración de este escrito, por el tiempo brindado, las facilidades económicas para la realización del trabajo en campo y las reuniones en donde sus correcciones y observaciones ayudaron a concretar esta idea.

Dra. Norma Isela Rodríguez Arévalo

Le agradezco el apoyo ofrecido en el Banco de Semillas FESI-UNAM, desde el servicio social hasta el término de este escrito, en las complicaciones intermedias que se presentaron en el momento de la elaboración, en las salidas de campo y en su función como sinodal de tesis.

Sinodales de Tesis

Dr. Rafael Lira Saade, Dr. Oswaldo Telléz Valdés y Mtra. Mayra Mónica Hernández Moreno por sus aportaciones y sus comentarios críticos al escrito.

Banco de Semillas FESI-UNAM

Dra. Patricia D. Dávila Aranda y Dra. Norma Isela Rodríguez Arévalo por permitirme ser partícipe de este proyecto. A los colectores Biól. Héctor H. Cervantes Maya y Biól. Armando Ponce Vargas por su ayuda en el trabajo de campo. A la Biól. J. Lilia García Rojas por todo el apoyo, la ayuda, el ánimo y sus comentarios al escrito. A los técnicos, becarios y estudiantes que participaron en el proyecto mientras estuve presente, por el trabajo realizado y la convivencia diaria.

UNAM

Mi amada casa de estudios por darme la preparatoria, por darme una facultad donde estudiar y una carrera tan hermosa como la Biología para ejercer.

DEDICATORIAS

A mi familia.

A mi madre Ma. Del Rocío y a mi padre Alejandro, porque entre desacuerdos y alegrías me ayudaron y apoyaron para terminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos Diego y Ursula Gala por ser mi inspiración y por poder servirles de inspiración.

A mis tíos Leticia y Enrique, a mi primo Daniel y su esposa Karen por el tiempo que me permitieron vivir con ellos.

Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution.

Theodosius Dobzhansky

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	i
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1 Distribución en México	4
2.2 Estatus de conservación de <i>E. platyacanthus</i>	4
2.3 Estudios previos de <i>E. platyacanthus</i>	5
3. HIPÓTESIS	6
4. OBJETIVOS.....	7
4.1 Objetivo general.....	7
4.2 Objetivos particulares	7
5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	7
5.1 Localización	7
5.2 Clima	8
5.3 Vegetación.....	11
5.4 Suelo	11
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
6.1 Estudio de <i>E. platyacanthus</i>	11
6.2 Características de la especie.....	11
6.3 Elaboración de la tabla de estructuras de tamaño	12
6.4 Análisis ambientales.....	12
7. RESULTADOS	13
7.1 Características de la especie.....	13
7.2 Tabla de estructuras de tamaño	13
7.3 Análisis ambientales.....	14
8. DISCUSIÓN.....	14
9. CONCLUSIONES.....	17
10. BIBLIOGRAFÍA	18

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama ombrotérmico de la Estación Meteorológica Colón	8
Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la Estación Meteorológica Peñamiller	8
Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la Estación Meteorológica Higuerrillas	9
Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la Estación Meteorológica Villa de Bernal	10
Figura 5. Estructuras de tamaño	13

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tabla de tamaño estimado e intervalos de altura de <i>E. platyacanthus</i> tomada de Jiménez <i>et al.</i> (2006)	11
Cuadro 2. Tabla de estructuras de tamaño de <i>E. platyacanthus</i> modificada	12

1. INTRODUCCIÓN

En los desiertos se presentan comunidades biológicas cuyos organismos están adaptados a la aridez, caracterizada por presentar sequías periódicas y por poseer zonas en donde estas condiciones son necesarias para mantener la estructura de dichas comunidades. En el transcurso del proceso evolutivo, las plantas y los animales de estas regiones, han desarrollado diversas adaptaciones que les permiten sobrevivir en este inhóspito y seco ambiente, caracterizado principalmente por la falta de agua (Hernández, 2006).

Las regiones desérticas se despliegan sobre grandes extensiones de la superficie terrestre en la franja de los 30° de latitud norte y sur, distribuyéndose en los continentes de África, Asia, Australia y América, para ocupar más o menos el 12% de la superficie continental. En Norteamérica existen cuatro grandes regiones desérticas: los desiertos de la Gran Cuenca, Mojave, Sonorense y Chihuahuense. Desde un punto de vista geográfico, estas regiones, se ubican desde el sureste de Oregón, E.U.A., hasta los estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo, en México (Hernández, 2006).

Según el esquema de clasificación de la UNESCO, cerca del 55% del territorio de los desiertos de Norteamérica son semiáridos, 40% áridos, y 5% hiperáridos. México forma parte de este porcentaje con zonas desérticas áridas y semiáridas, que de acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), se distribuyen en una superficie calculada en 52% del territorio nacional (González, 2012; Rzedowski, 1978). Se estima que la flora que las constituye está representada por unas seis mil especies, de las cuales 50% se restringe a nuestro país (González, 2012), es decir, son endémicas.

Los tipos de vegetación de las regiones áridas de México son diversas en formas de vida y en especies. Dominan los arbustos de diferente tipo, asociados a pastizales, sobre todo en áreas de transición de ambientes semiáridos a templados (González, 2012). Las plantas que viven en el desierto poseen una serie de rasgos diseñados para aprovechar el agua de manera muy eficiente. Las características relevantes son el desarrollo de la succulencia, una gruesa cutícula cerosa impermeable que recubre la mayor parte de las estructuras aéreas de la planta, la reducción del número de estomas por unidad de área, la microfilia o supresión de las hojas, el desarrollo de sistemas de redes complejas de raíces

superficiales para aumentar el poder de absorción de agua y el desarrollo de mecanismos fotosintéticos alternos que minimizan la pérdida de agua por la transpiración como lo es la fisiología CAM (Hernández, 2006).

En las regiones áridas y semiáridas de México existen varias familias de plantas que han desarrollado hábitos suculentos, siendo las más frecuentes *Cactaceae*, *Agavaceae*, *Nolinaceae* y *Crassulaceae* (Hernández, 2006).

Particularmente, existen reportes del uso y aprovechamiento de la familia *Cactaceae* desde la época prehispánica; diversas especies se han manejado con fines medicinales, alimenticios, rituales religiosos y ornamentales (Mandujano *et al.*, 2002). En las últimas décadas, muchas de las poblaciones naturales de cactáceas han sufrido una severa reducción debido a la pérdida o modificación de sus hábitats naturales, a la presión indirecta por actividades antropogénicas, sobre todo por la colecta ilegal de ejemplares para el comercio nacional e internacional. Por lo anterior y aunado a la escasa capacidad de los cactus para recuperar el tamaño de sus poblaciones después de una perturbación, es urgente implementar un programa de manejo y conservación de esta familia (Jiménez y Torres, 2003; Mandujano *et al.*, 2002).

Por ello, este trabajo se enfocó en la familia *Cactaceae*, originaria de América, la cual se divide en cuatro subfamilias de plantas perennes: *Cactoideae*, *Maihuenioideae*, *Opuntioideae* y *Pereskioideae* (Anderson, 2001). Esta familia comprende entre 100 y 110 géneros y entre 1500 y 2000 especies, ocupando el quinto lugar de diversidad entre las Angiospermas. México es el centro de diversificación de cactáceas más importante con alrededor de 55 géneros y 850 especies. De éstas, son endémicas el 35% a nivel genérico y el 84% a nivel específico (Ramírez, 2008). Se distribuyen principalmente, dentro de las regiones áridas y semiáridas del territorio nacional, en matorrales xerófilos que representan el 70% de la vegetación de nuestro país (Rzedowski, 1978).

2. ANTECEDENTES

Dentro de la familia *Cactaceae*, algunos géneros son muy importantes por razones diversas, tal es el caso de *Echinocactus* que pertenece a la subfamilia *Cactoideae*, tribu *Cacteeae*, subtribu *Echinocactinae*, género *Echinocactus* y subgénero *Echinocactus* (Bravo-Hollis, 1978).

Dentro de este género, se encuentra *Echinocactus platyacanthus* la cual es una especie que posee gran importancia ecológica y económica, ya que el indumento apical de la planta es usado como relleno de cojines y en la elaboración de tejidos. Sin lugar a dudas, su mayor importancia ha sido el uso de sus tallos en la preparación del “acitrón”, un dulce tradicional mexicano (Del Castillo y Trujillo, 1991). Las causas de la mortalidad de sus individuos están relacionadas con el tamaño. Así, los que miden menos de 5 cm pueden ser dañados mecánicamente (pisoteo) y aquellos mayores de 40 cm de altura son dañados intencionalmente con machete, dejando el tejido interior de la planta accesible para ser consumido, parcial o totalmente, por el ganado caprino y asnar cuando el follaje de los arbustos es escaso. Los chivos son los principales consumidores de frutos y dispersores de semillas de la planta en su estado silvestre, y las semillas son consumidas por los pobladores regionales (Eguiarte *et al.*, 2000).

La especie *E. platyacanthus* es una cactácea toneliforme, que se conoce como biznaga dulce o biznaga tonel grande, tiene aréolas monomorfas, sus espinas son tanto radiales como centrales, amarillentas con tintes rojizos (en ejemplares jóvenes) y de color castaño hasta grisáceas o negruzcas (en ejemplares viejos). Los ejemplares con dimensiones de 50 cm a 2 m de altura y de 40 a 80 cm de diámetro se consideran adultos y son de color verde oscuro o algo glauco, y los ejemplares jóvenes presentan bandas horizontales de color rojizo purpúreo (Bravo-Hollis, 1978).

Las flores son diurnas y amarillas, con una vida media de dos días y una máxima de tres. Tanto su morfología como su comportamiento son típicos de una especie melitófila (que sus polinizadores son himenópteros). Los individuos inician su actividad reproductiva al alcanzar los 21 cm de altura. La floración tiene lugar durante todo el año, pero presenta un máximo entre mayo y agosto. El fruto es seco, amarillo, muy escamoso y lanoso y la cantidad de frutos producida por un individuo depende de su tamaño y del número de ramas que posee. Los frutos pueden contener desde 1 hasta 600 semillas (Eguiarte *et al.*, 2000).

Estas plantas crecen lentamente y se requiere de “cerca de un siglo” para adquirir su forma columnar o de tonel, pudiendo llegar a alcanzar hasta 3 m de altura y a pesar varias toneladas (Bravo-Hollis, 1978).

2.1 Distribución en México

De acuerdo con la revisión bibliográfica de la especie, la distribución geográfica de *E. platyacanthus* está comprendida entre los paralelos 18° y 25° de latitud Norte y los meridianos 97° y 102° de longitud Oeste, siguiendo una distribución SSE-NNW (Trujillo, 1984).

Bravo-Hollis (1978) reportó la distribución de la especie en los estados de Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Puebla. Posteriormente Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991), reportaron solamente su distribución en los valles intermontanos y barrancas profundas de los estados de Hidalgo y Querétaro. Sin embargo, Arias *et al.* (1997) ampliaron su distribución a los estados de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas.

En un trabajo previo realizado sobre la especie, se llevó a cabo una revisión en las bases de datos de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) de la CONABIO, y el Herbario Nacional de México (MEXU) del Instituto de Biología de la UNAM, y se encontró que su distribución incluye los estados de Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas.

En Querétaro, se han reportado ejemplares en las siguientes localidades: en la barranca del Río Moctezuma, en la cuenca del Río Extórax, en Cerro Prieto y cerca de Cadereyta, en la zona de Vizarrón, en Maconí. Crecen en las laderas de los cerros formando parte de la vegetación integrada por matorrales desérticos rosetófilos y micrófilos (Bravo-Hollis, 1978). Sin embargo, es importante recalcar que no se tienen datos específicos de la estructura de sus poblaciones y su abundancia.

2.2 Estatus de conservación de *E. platyacanthus*

La familia completa de las cactáceas ha sido incluida en los Apéndices de la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 1990). En la actualidad se enlistan 197 especies de cactáceas en peligro de extinción, número que representa el 35% de todas las especies de cactáceas conocidas para el país (Hernández y Godínez, 1994).

En general, es difícil asignar objetivamente categorías de conservación a las plantas y el problema es especialmente complicado en cactáceas, debido sobre todo a la escasez de datos demográficos y genéticos de sus poblaciones naturales (Eguiarte *et al.*, 2000).

Hernández y Godínez (1994), basándose en el listado nomenclatural de Hunt (1992), propusieron considerar a *E. platyacanthus* como una especie amenazada, asignándole la categoría 4, misma que corresponde a especies que tienen áreas de distribución relativamente extendidas, ya que se establece en varios estados de la República, pero cuyos individuos frecuentemente se presentan en densidades evidentemente bajas. En esta categoría se encuentran especies cuyos individuos son conspicuos, relativamente fáciles de detectar, y cuyas densidades se han reducido debido a factores antropogénicos.

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y utilizando el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Plantas en México (MER-Plantas), se cataloga a la especie *E. platyacanthus* como “Sujeta a Protección Especial (Pr)”. Esto significa que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad. Por tanto, surge la imperante necesidad de promover la recuperación y conservación de las poblaciones de esta especie en condiciones naturales (SEMARNAT, 2010).

Adicionalmente, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN), ha clasificado a esta especie como “Casi Amenazada” debido a que no se han documentado disminuciones de más del 30% en 100 años. Sin embargo, esta especie de crecimiento lento se utiliza actualmente en niveles insostenibles, y hay pocos individuos jóvenes en sus poblaciones.

2.3 Estudios previos de *E. platyacanthus*

Trujillo (1982) y Del Castillo y Trujillo (1991), reportaron a las poblaciones de *E. platyacanthus* del estado de San Luis Potosí, como calcícolas, cuya distribución muestra una preferencia por los siguientes factores ambientales: 1) altitudes entre los 1,180 a 2,350 msnm; 2) pendientes superiores a 20°; 3) climas secos; y 4) suelos poco profundos y alcalinos (litosoles). Las 20 poblaciones reportadas por ellos, se encontraban en diversos tipos de vegetación xerófila: matorral desértico rosetófilo, submontano y micrófilo. Los autores señalaron que las características edafológicas son determinantes en los patrones

de distribución observados en esta especie, tanto a escala geográfica (macrodistribución) como ecológica (microdistribución).

Del Castillo (1996) y Del Castillo y Trujillo (1997), a partir de pruebas de germinación en el laboratorio, comprobaron que *E. platyacanthus* manifiesta una preferencia por sustratos calcáreos.

Eguiarte y Jiménez (2000) reportaron que el estado de Hidalgo presenta las poblaciones mejor conservadas, donde las densidades alcanzan 1,111 ind/ha, con una altura media de los individuos de 137 cm y tan sólo el 2% de los individuos se encuentran dañados por forrajeo. En Puebla la densidad es de 598 ind/ha, la altura promedio es de 66 cm y el daño por forrajeo es del 13.9%. Por su parte en Querétaro, las poblaciones presentan densidades de 435 ind/ha, la altura media es de 62 cm y un 18% de los individuos están dañados por el forrajeo.

Jiménez *et al.* (2006) propusieron la Tabla de tamaño estimado e intervalos de altura de *E. platyacanthus*, a partir de los trabajos de Nobel (1978, 1988) y de Gibson y Nobel (1986), en el cual clasifican a la especie en 6 categorías: plántula, juvenil, adulto 1, adulto 2, adulto 3 y adulto 4.

Jiménez y Torres (2003) reportaron en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, que los adultos fueron la clase más abundante con un 73.5%, siendo la categoría adulto 4 el más dominante. Por su parte, Jiménez *et al.* (2006) reportaron en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, un 80% de abundancia de la clase adulta, siendo la categoría adulto 2 la más dominante.

3. HIPÓTESIS

En este estudio se espera encontrar en el estado de Querétaro las poblaciones de *E. platyacanthus* en sustratos calcícolas, en altitudes que oscilan los 1,180 a 2,350 msnm, que por la misma explotación que ha sufrido la especie para la elaboración del acitrón, solamente se encontrarán representantes de la tercera o cuarta categoría de tamaño (adulto 1 y 2), con una densidad baja y un tamaño menor a los 62 cm.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Estudiar los parámetros poblacionales básicos de la especie *Echinocactus platyacanthus*, y de las condiciones edáficas en las que crece en Querétaro.

4.2 Objetivos particulares

- Conocer las estructuras de tamaño que presenta la especie en Querétaro.
- Analizar la densidad y la abundancia de la especie.
- Analizar el tipo de suelo donde crece la especie.

5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Querétaro

5.1 Localización

Después de realizar recorridos previos en el estado de Querétaro se seleccionaron 4 localidades:

- Colón: se encuentra localizado en el Municipio de Colón entre los paralelos 20° 33' y 20° 57' de latitud norte y los meridianos 99° 55' y 100° 17' de longitud oeste, y con una altitud entre 1,700 y 3,400 msnm (INEGI, 2014^a).
- Peña Blanca: se encuentra localizado en el Municipio de Tolimán entre los paralelos 20° 45' y 21° 05' de latitud norte y los meridianos 99° 47' y 100° 06' de longitud oeste, y con una altitud entre 1,300 y 2,800 msnm (INEGI, 2014^b).
- Rancho Quemado: se encuentra localizado en el Municipio de Cadereyta de Montes entre los paralelos 20° 34' y 21° 01' de latitud norte y los meridianos 99° 23' y 99° 52' de longitud oeste, y con una altitud entre 800 y 3,200 msnm (INEGI, 2014^c).
- Villa de Bernal: se encuentra localizado en el Municipio de Ezequiel Montes entre los paralelos 20° 46' y 20° 32' de latitud norte y los meridianos 99° 44' y 100° 00' de longitud oeste, y con una altitud entre 1,600 y 2,600 msnm (INEGI, 2014^d).

5.2 Clima

- Colón: cuenta con un intervalo de temperatura de 10 a 20°C, con una precipitación de 400 a 800 mm, y un clima semiseco templado (88.3%), templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (1.7%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (1%) y seco semicálido (0.1%) (INEGI, 2014^a).

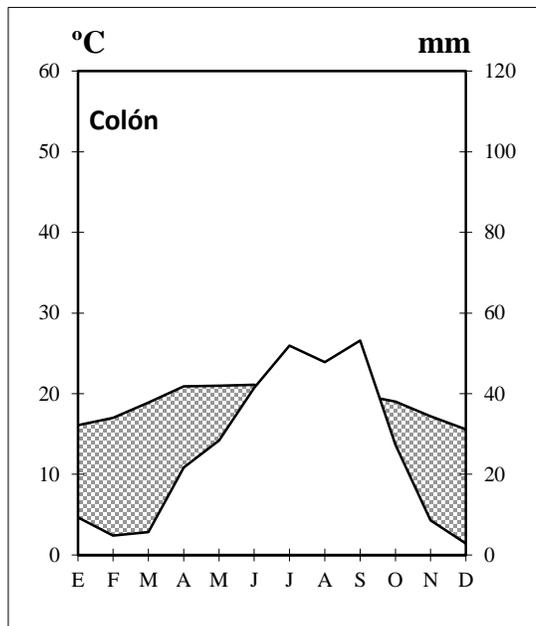


Figura 1 Diagrama Ombrotérmico de la Estación Meteorológica Colón (SMN, 2014^a).

- Peña Blanca: cuenta con un intervalo de temperatura de 14 a 22°C, con una precipitación de 400 a 700 mm, y un clima seco semicálido (44.9%), semiseco templado (38.6%), semiseco semicálido (13.2%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (3.3%) (INEGI, 2014^b).

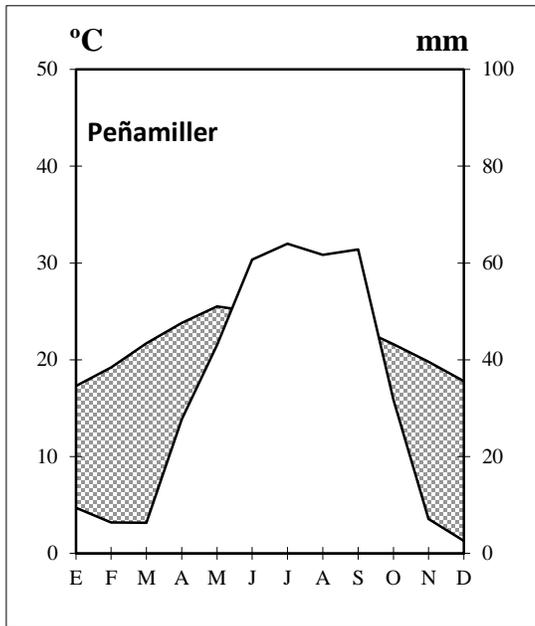


Figura 2 Diagrama Ombrotérmico de la Estación Meteorológica Peñamiller (SMN, 2014^b).

- Rancho Quemado: cuenta con un intervalo de temperatura de 12 a 22°C, con una precipitación de 400 a 1,100 mm, y un clima semiseco templado (60.2%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (16.8%), semiseco semicálido (9.7%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (7.5%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (2.7%), seco semicálido (2%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (1.1%) (INEGI, 2014^c).

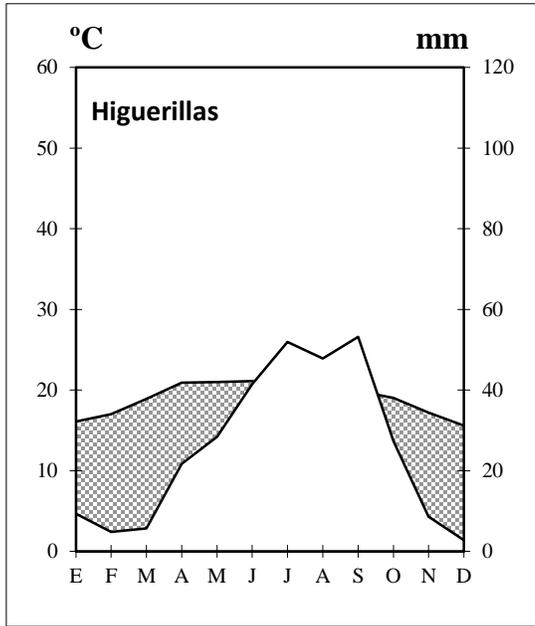


Figura 3 Diagrama Ombrotérmico de la Estación Meteorológica Higuierillas (SMN, 2014^c).

- Villa de Bernal: cuenta con un intervalo de temperatura de 16 a 20°C, con una precipitación de 400 a 600 mm, y un clima semiseco templado (82.9%) y semiseco semicálido (0.1%) (INEGI, 2014^d).

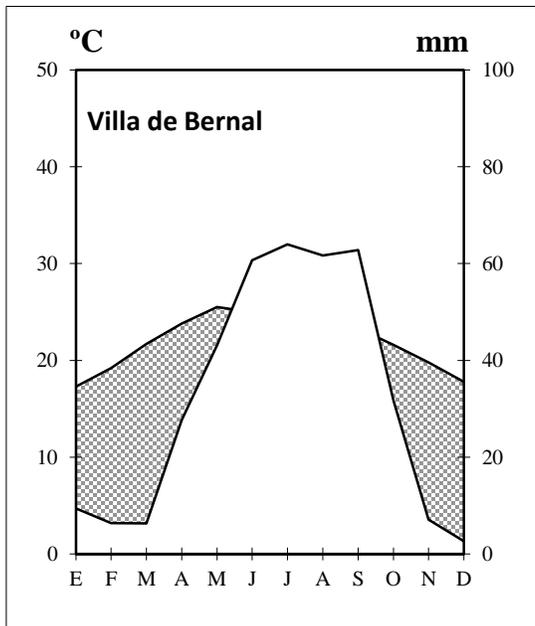


Figura 4 Diagrama ombrotérmico de la Estación Meteorológica Villa de Bernal (SMN, 2014^d).

5.3 Vegetación

La vegetación dominante en la zona de estudio es el matorral (comunidad vegetal dominada por arbustos espinosos de altura inferior a 4 m) abarcando un 42.6% del territorio, el bosque (comunidad vegetal dominada por árboles altos mayormente pinos y encinos) comprende un 13.45%, el pastizal (comunidades vegetales donde predominan los pastos con pocos árboles y arbustos, pueden ser naturales o provocados por el desmonte de terrenos boscosos) abarca un 10%, la selva baja caducifolia (comunidades vegetales formada por árboles de menos de 15 m en el que más del 75% de las especies pierden sus hojas) cuenta con un 8.2% y el mezquital (comunidad vegetal dominada por árboles espinosos, principalmente mezquites, que se mantienen verdes durante la temporada seca, ya que emplean las aguas subterráneas mediante sus largas raíces) apenas aparece con un 0.3% (INEGI, 2014).

5.4 Suelo

El suelo dominante en la zona de estudio es Phaeozem (gran acumulación de materia orgánica) con 33.6%, seguido del Leptosol (material orgánico con menos del 10% de tierra fina) con 30.62%, después con un 19.2%, está el suelo de tipo Vertisol (suelo negro con gran contenido de arcilla expansiva), el suelo de tipo Calcisol (acumulación de cal) tiene un 7.6%, también existe el suelo Regosol (suelo de formación reciente) el cual se conforma del 3.62%, el suelo Umbrisol (suelo negro, ácido y rico en materia orgánica), que cuenta con un 3% y por último el suelo de tipo Luvisol (suelo desarrollado dentro de zonas con pendiente y arcilla) que cuenta con un 2.72% (INEGI, 2014) .

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Estudio de *E. platyacanthus*

Con base en la información bibliográfica y la realización de recorridos en el estado de Querétaro, se seleccionaron cuatro localidades para realizar el estudio, y de éstas salieron 6 sitios de muestreo: 1 sitio en Colón, 2 sitios en Rancho Quemado, 1 sitio en Peña Blanca y 2 sitios en Villa Bernal.

6.2 Características de la especie

El área de muestreo fue de 500 m² por sitio, determinándose los siguientes parámetros para cada individuo: altura y diámetro. Con estos datos se obtuvo la densidad (ind/ha).

6.3 Elaboración de la tabla de estructuras de tamaño

Para la elaboración de la tabla de estructuras de tamaño los organismos se clasificaron considerando la “tabla de tamaño estimado e intervalos de altura de *E. platyacanthus*” propuesta y modificada por Jiménez *et al.* (2006), a partir de los trabajos de Nobel (1978,1988) y Gibson y Nobel (1986) (Cuadro 1), en 6 categorías diferentes de acuerdo con su tamaño y altura esperados: 1) Plántula: serán individuos con un diámetro no mayor a 11.28 cm y con una altura máxima de 9 cm. 2) Juvenil: incluye a los individuos no reproductivos con un diámetro entre los 11.29 y 25.23 cm, y una altura entre 10 y 17 cm, presentan una lana de color amarillo en el meristemo apical y en algunas ocasiones una coloración roja sobre las costillas. 3) Adultos: individuos reproductivos con un diámetro mayor de 25.24 cm y una altura mínima de 18 cm. Esta categoría se dividió en 4 subcategorías en las cuales se incorporaron a los individuos de mayor diámetro y altura, y los que contaban con el mayor número de costillas y areolas potencialmente reproductivas (Jiménez *et al.*, 2006).

Categoría	Diámetro (cm)	Altura (cm)
Plántula	< 11.28	< 9
Juvenil	11.29 < x < 25.23	10 < x < 17
Adulto 1	25.24 < x < 35.68	18 < x < 30
Adulto 2	35.69 < x < 56.42	31 < x < 55
Adulto 3	56.43 < x < 79.29	56 < x < 70
Adulto 4	> 79.30	> 71

Cuadro 1 Tabla de tamaño estimado e intervalos de altura de *E. platyacanthus* tomada de Jiménez *et al.* (2006)

6.4 Análisis ambientales

a) Altitud: se registró la altitud en la cual estaban los individuos con ayuda del altímetro del GPS.

b) Suelo: se determinó el contenido de carbonatos de calcio del suelo en el campo, aplicando ácido clorhídrico al 10% en el suelo y ver si hacía reacción. Se tomaron muestras de suelo en distintos puntos de manera aleatoria en cada parcela. Posteriormente se mezclaron y tamizaron, obteniéndose una muestra para cada sitio. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Edafología de la UBIPRO, FESI, usando el manual “Edafología: Manual de Métodos de Análisis de Suelos” (2013). Se realizaron las siguientes pruebas:

- Método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico desarrollado por Walkley y Black (1947), para determinar el nivel de Materia Orgánica en las muestras de suelo.

- Método volumétrico del versenato desarrollado por Cheng y Bray (1951), para determinar el nivel de Calcio en las muestras de suelo.

7. RESULTADOS

7.1 Características de la especie

El área de muestreo total fue de 3000 m², es decir 500 m² por sitio. Se obtuvo una densidad de 457 ind/ha en Querétaro. La altura promedio de la especie es de 44.32 cm.

7.2 Tabla de estructuras de tamaño

La tabla de estructura de tamaños (Cuadro 1) propuesta por Jiménez *et al.* (2006), fue modificada (Cuadro 2) para este trabajo, ya que los individuos de Querétaro presentaron una altura ligeramente mayor, en comparación con los individuos del Valle de Tehuacán.

Categoría	Diámetro (cm)	Altura (cm)
Plántula	< 11	< 8
Juvenil	12 < x < 25	9 < x < 17
Adulto 1	26 < x < 35	18 < x < 32
Adulto 2	36 < x < 56	33 < x < 55
Adulto 3	57 < x < 79	56 < x < 90
Adulto 4	> 80	> 91

Cuadro 2 Tabla de estructuras de tamaño de *E. platyacanthus* modificada

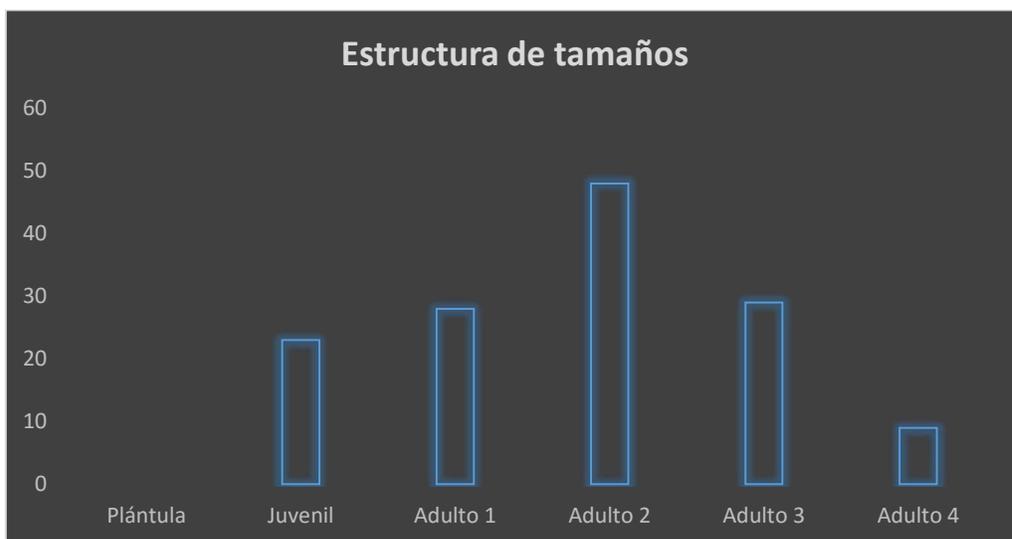


Figura 5 Estructuras de tamaño

Se registraron un total de 137 individuos, siendo la categoría adulto 2, la más dominante con un 35% de los individuos registrados. La categoría adulto 3 presentó el 21.1% de los

individuos registrados, y la categoría adulto 1 el 20.4%. Los juveniles representaron el 16.7% y, la categoría adulto 4 representó solamente el 6.8% de los individuos estudiados.

7.3 Análisis ambientales

a) Altitud: la población se desarrolla entre los 1,364 y los 2,131 msnm.

b) Suelo: la aplicación de ácido clorhídrico al 10% en campo, dio un precedente para saber que todas las parcelas estudiadas contenían carbonatos de calcio, ya que el ácido siempre reacciona.

El método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico (Walkley y Black, 1947) para determinar el nivel de materia orgánica en las muestras de suelo, dio como resultado un porcentaje de más de 10%, siendo un suelo extremadamente rico en materia orgánica.

El Método volumétrico del versenato (Cheng y Bray, 1951) para determinar el nivel de calcio en las muestras de suelo, dio como resultado un promedio de 16.8 cmol (+) Kg⁻¹, lo cual representa un suelo con alta concentración de calcio.

8. DISCUSIÓN

En relación a la estructura de tamaños y presumiblemente de edades, el patrón observado indica que en los últimos años la población ha experimentado una reducción en sus tasas de reclutamiento, ya que no se encontraron plántulas. La baja tasa de reclutamiento podría deberse a cambios en las condiciones microambientales que dificultan la germinación de las semillas o la sobrevivencia de las plántulas, pero también a la transformación en el uso de suelo o por acciones antropocéntricas.

Es bien conocido que las cactáceas en las primeras etapas de su vida son especialmente susceptibles a las fuertes intensidades de luz y calor; por ello, cuando el deterioro ambiental afecta la cobertura vegetal que crea las condiciones microambientales favorables para el desarrollo de las plántulas, el reclutamiento disminuye. Sin embargo, también se sabe que en los ambientes desérticos y semidesérticos no son raros los ciclos de reclutamiento supra-anales, aparentemente determinados por variaciones climáticas que ocurren en la misma escala temporal (Jordan y Nobel, 1979 y 1981).

Trujillo (1984) señala que la distribución de *E. platyacanthus* está determinada principalmente por las características del sustrato, aunada a las características climáticas. Señala una coincidencia entre el desarrollo de poblaciones de esta especie (en las laderas

occidentales, calizas y semiáridas de la Sierra Madre Oriental como en porciones calizas adyacentes al Altiplano Mexicano), con la presencia de sustratos calcáreos (roca sedimentaria caliza, principalmente y sustrato aluvial calcáreo ocasionalmente). Del Castillo y Trujillo (1997), encontraron que en condiciones de laboratorio *E. platyacanthus* germina tanto en suelos silíceos como cálcicos, pero que el desarrollo de las plántulas es óptimo en este último. Debido a esto, la especie ha sido catalogada como calcícola.

Aunque la distribución de *E. platyacanthus* es amplia, Eguiarte y Jiménez (2000) describen la influencia de múltiples factores que la afectan incluyendo los aspectos de tipo litológico, geomorfológico, histórico, ecológico (dispersión de semillas, competencia o depredación), microclimático y antropológico, los cuales se encuentran interactuando y es difícil separarlos. La alteración del suelo es mayor, cuanto más cerca de los asentamientos humanos, en algunas zonas se reportan evidencias de pérdida de suelo por erosión; evidenciadas por la presencia de cárcavas y deslaves de suelo que producen la muerte de individuos de *E. platyacanthus*, cuyas raíces han sido despojadas del suelo que las sostenía. El número de estratos verticales de la comunidad se reduce en los lugares con fuerte pastoreo, la pérdida gradual y continua de cubierta vegetal, ocasiona que los suelos queden desnudos y cambien sus condiciones microclimáticas (más secos y más cálidos), además de que el tránsito del ganado altera también sus características físicas (erosión del suelo por la creación de andadores por donde pasa el ganado, o en la zona de pastoreo que deriva en una degradación de la vegetación). Estos factores a su vez influyen sobre las probabilidades de establecimiento de nuevos individuos tanto de *E. platyacanthus*, y de otras especies.

Debido al impacto que tiene la mortalidad sobre la tasa de crecimiento poblacional en los cactus, es muy importante determinar sus causas actuales. La vulnerabilidad de las plántulas podría deberse, como anteriormente se había mencionado, al tamaño, ya que al medir menos de 5 cm pueden ser dañadas mecánicamente (pisoteo). Los ejemplares mayores de 40 cm de altura son dañados intencionalmente con machete para servir de follaje para el ganado caprino y asnar, para la cual se aprovecha principalmente la pulpa del tallo, sobre todo en la época de sequía. Las flores y los frutos son muy apetecidos por los chivos, y parecen constituir una parte importante de su dieta, igualmente, en época de sequía. Las semillas, así como el tejido interno del fruto también son extraídas y consumidas directamente en el campo por los pastores (Eguiarte *et al.*, 2000).

Otro de los usos principales del *E. platyacanthus* es la extracción de su pulpa para la elaboración del acitrón. Para esto se seleccionan individuos de 40 a 60 cm de altura (categoría adulto 2), y después de extraer la pulpa se pone a cocer durante dos días con piloncillo (Eguiarte *et al.*, 2000). Debido al crecimiento tan lento de la especie, y a su inclusión a diferentes listas nacionales e internacionales de conservación por estar en peligro de extinción, se está dejando de usar este cactus para la elaboración del acitrón, y está siendo reemplazado por el *Ferocactus histrix* De Candolle, que suele crecer más rápido y alcanza la altura de 50 cm en menor tiempo que el *E. platyacanthus*. También cuenta con una amplia distribución en el país, abarcando los estados de Puebla, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas (Bravo-Hollis *et al.*, 1991). La especie *F. histrix* también suele desarrollarse en suelos calcáreos. Los efectos del hombre sobre las poblaciones de *F. histrix* se pueden agrupar en las actividades agropecuarias y en su utilización para la elaboración del acitrón. Lo cual también está empezando a afectar a las poblaciones, ya que se está pasando de extraer la pulpa para la elaboración del dulce a pequeña escala, donde se dejaban individuos jóvenes con capacidad reproductiva y así no afectar la continuidad de la especie, a extraer la pulpa en gran escala, sin discriminar ejemplares jóvenes de adultos (Del Castillo, 1983).

Por otro lado existe una cierta continuidad entre las otras categorías. El adulto 2 es el más abundante y el adulto 4 tiene muy poca presencia. En este sentido, la conservación de los individuos más grandes es especialmente importante para el mantenimiento de las poblaciones de *E. platyacanthus* en la zona. Estos individuos, sobre todo los adultos 2, son los que sostienen en mayor medida la fecundidad de la población, pues son los que producen más flores, más frutos y mayor número de semillas por fruto (Eguiarte *et al.*, 2000).

E. platyacanthus se encuentra distribuida en un intervalo de altitud entre los 1,364 a 2,131 msnm, en laderas con pendientes mayores de 20°. Se presenta en suelos de origen calcáreo, extremadamente rico en materia orgánica y con una alta concentración de calcio. No existen otros estudios específicos sobre las características edafológicas donde se desarrolla *E. platyacanthus* dentro de Querétaro, sin embargo, las características topográficas y edafológicas aquí encontradas concuerdan con lo reportado por Trujillo (1982) y Del Castillo y Trujillo (1991) para poblaciones de *E. platyacanthus* en el estado de San Luis Potosí. En este último estado, la especie se encuentra distribuida entre los 1,180 a 2,350 msnm, en sitios con pendientes mayores de 20°, sobre rocas sedimentarias calizas

o substrato aluvial calcáreo. También coincide con lo reportado por Eguiarte y Jiménez (2000) quienes estudiaron las poblaciones de *E. platyacanthus* dentro del valle de Zapotitlán, Puebla. Ellos indican que se distribuye entre los 1,500 a 1,900 msnm, en laderas de pendientes medianas a fuertes, presentándose en suelos de origen calcáreo con un alto contenido de calcio y potasio.

La densidad de 457 ind/ha en Querétaro y la altura promedio de 44.32 cm, no refleja diferencias significativas en comparación con el estudio realizado por Eguiarte y Jiménez (2000), en el cual indicaban una densidad de 435 ind/ha. Por otra parte la altura media en comparación es mucho menor, ya que en el año 2000 se reportaba una altura media de 62 cm y ahora solo es de 44.32 cm.

La situación actual de las poblaciones de *E. platyacanthus*, hace necesaria la creación de un plan de manejo que permita el aprovechamiento sustentable de esta especie en las zonas de explotación, incluido el Estado de Querétaro. Algunas medidas prácticas que podrían promover el uso racional y la preservación de éste recurso son: a) Instrumentar un programa de educación ambiental permanente, que permita a los pobladores de la zona (niños y adultos) valorar sus recursos naturales; b) Fomentar el cultivo comercial de cactáceas y suculentas típicas en invernaderos o parcelas familiares; c) Instalar zonas de exclusión al pastoreo en algunos sitios con baja perturbación y con alta densidad de *E. platyacanthus*, así como de otras cactáceas endémicas, que constituiría un banco de germoplasma de la vegetación típica (Eguiarte *et al.*, 2000).

9. CONCLUSIONES

Es necesario contar con más años de observación para determinar si hay un reclutamiento de plántulas y que los individuos jóvenes logren llegar a la categoría adulto 1, además de que los adultos permanezcan, lo que garantizaría la persistencia de la especie en la comunidad. Aunque se requieren estudios más detallados, también es preciso tomar medidas inmediatas ya que si aumenta la tasa de mortalidad, las poblaciones sufrirían cambios importantes no sólo en sus densidades, sino también en su crecimiento.

En el estado de Querétaro, *E. platyacanthus* habita en laderas con pendientes mayores a 20° y una altura entre los 1364 a 2131 msnm. Se presenta en suelos de origen calcáreo, con una alta concentración de calcio y un suelo extremadamente rico en materia orgánica.

No hay evidencia de reclutamiento, y la altura de los individuos en comparación con el trabajo de Eguiarte y Jiménez (2000) ha disminuido en promedio 17.68 cm, lo que implica que están extrayendo ejemplares de *E. platyacanthus* o que están muriendo.

No podemos suplantar las poblaciones de *Echinocactus platyacanthus* por las poblaciones de *Ferocactus histrix*, ya que sin un plan manejo apropiado, ya sea para cuestiones de ganadería, o para la elaboración del acitrón, seguirán las poblaciones de ambas especies siendo mermadas y quizá llevadas a su extinción.

10. BIBLIOGRAFÍA

Anderson, E.F. 2001. The Cactus Family. Timber Press, Portland.

Arias, M.S., Gama, L.S. y Guzmán, C.L.U. 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Fascículo 14 Cactaceae. Instituto de Biología, UNAM, Departamento de Botánica. 15-18 pp.

Bravo-Hollis, H. 1978. Las Cactáceas de México Volumen I. 2da ed. UNAM. México. 571 p.

Bravo-Hollis, H. y Sanchez-Mejorada, H. 1991 Las Cactáceas de México Volumen II. 2da ed. UNAM. México. 571 p.

Cheng, J.L. y Bray, R.N. 1951. Determination of calcium and magnesium in soil and plant materials. Soil Sci 5 (72): 449-459.

CITES. 1990. Apéndice I, II y III to The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. U.S. Fish and Wildlife Service. U.S. Department of the Interior. Washington, D.C. 25 p.

Del Castillo, R.F. 1983. *Ferocactus histrix*: distribución geográfica y hábitat. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Soc. Cáct. Méx. 28 (1): 3-12.

Del Castillo, R.F. 1996. Ensayo sobre el fenómeno calcícola-calcífuga en cactáceas mexicanas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Soc. Cáct. Méx. 41 (1): 3-11.

Del Castillo, R.F. y Trujillo, S. 1991. Ethnobotany of *Ferocactus histrix* and *Echinocactus platyacanthus*. Economic Botany 45 (4): 495-502.

- Del Castillo, R.F. y Trujillo, S. 1997. Sobre la naturaleza calcifuga y calcicola en cactáceas II: Comparaciones de germinación y establecimiento en *Echinocactus platyacanthus* y *Ferocactus histrix*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. Soc. Cáct. Méx. 2 (3): 51-55.
- Eguiarte, F.L.E. y Jiménez, S.C. 2000. Análisis de la distribución y estructura de las poblaciones de *Echinocactus platyacanthus* en el Valle de Zapotitlán, Puebla. UNAM-Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. L009, México D.F.
- Eguiarte, F.L.E. y Jiménez, S.C. 2000. *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto (CACTACEAE): un recurso tradicional de México sujeto a la extracción y el pastoreo no controlados. UAM-UNAM. SNIB-CONABIO, proyecto No. L009, México D.F.
- González, M.F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. INE-SEMARNAT. México. 194 p.
- Hernández, H.N. y Godínez, A.H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
- Hernández, H.M. 2006. La vida en los desiertos mexicanos. 1ra ed. FCE, SEP, CONACYT, CAB. México. 192 p.
- Hunt, D. 1992. CITES: Cactaceae checklist. Royal Botanic Gardens, Kew. 190 p.
- INEGI, 2014. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Cadereyta de Montes, Querétaro.
- INEGI, 2014. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Colón, Querétaro.
- INEGI, 2014. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ezequiel de Montes, Querétaro.
- INEGI, 2014. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tolimán, Querétaro.
- IUCN. 2014. Listado de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales.

- Jiménez, S.C.L. y Torres, O.R. 2003. Estado actual de las poblaciones de la biznaga dulce *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en el SE de Puebla. *ContactoS* 47: 28-34.
- Jiménez, S.C.L., Mandujano, M.C. y Eguiarte, L.E. 2006. 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 (2007): 278-292.
- Jordan P. y Nobel P.S. 1979. Infrequent establishment of seedlings of *Agave deserti* (Agavaceae) in the northwest sonoran Desert. *American Journal of Botany* 66: 1079-1084.
- Jordan P. y Nobel P.S. 1981. Seedling establishment of *Ferocactus acanthodes* in relation to drought. *Ecology* 62 (4): 901-906.
- Mandujano, M.C., Golubov, J. y Reyes, J. 2002. Lo que usted siempre quiso saber sobre las cactáceas y nunca se atrevió a preguntar. *Biodiversitas* 6 (40): 4-7.
- Muñoz, I.D.J., Soler, A.A., López, G.F. y Hernández, M.M.M. 2013. Edafología: Manual de Métodos de Análisis de Suelos. 1ra ed. FES Iztacala UNAM. ISBN: 968-36-8860-8. México. 82 pp.
- Ramírez, R.G. 2008. Efecto del estrés hídrico en la fisiología de plantas juveniles de *Echinocactus platyacanthus* Link y Otto (Cactaceae). Facultad de Ciencias. Tesis de Licenciatura. UNAM.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 423 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-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 riesgo. Diario Oficial de la Federación. Jueves 30 de diciembre de 2010. Segunda Sección. 1-77 pp.
- SMN. 2014. Estaciones Normales Climatológicas en Querétaro. Estaciones 22026, 22056, 22057 y 22034.

- Trujillo, A.S. 1982. Estudios sobre algunos aspectos ecológicos de *Echinocactus platyacanthus* (S.L.P.). Tesis de Licenciatura. ENEP-I. UNAM. México.
- Trujillo, A.S. 1984. Distribución geográfica y ecológica de *Echinocactus platyacanthus* un ejemplo de distribución disyunta. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Soc. Cáct. Méx. 4: 75-81.
- Walkley, A. y Black, A. 1947. A critical Examination of a Rapid Method for Determination of Organic Carbon in Soils – Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents. Soil Sci. 63: 251-257.