



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

**Facultad de Estudios Superiores  
Iztacala**

**“Evaluación preliminar del estado de  
Conservación de Mammillaria napina  
(Cactaceae)”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**B I O L O G A**

**P R E S E N T A**

**AMANDA VIOLETA GONZÁLEZ ROMERO**

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Oswaldo Téllez Valdés

**NOVIEMBRE 2010**



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.

*"...Porque mi vida  
siempre estará en un  
vórtice de entropía..."*

Gracias por tener fe en mi y defenderme en todo momento, sé que tarde bastante, pero por finiii... te quiero Nana, decir más sería redundar, ¿cómo le agradeces a alguien que te ha dado tanto?...A ti canijo...que te quiero tanto, gracias Paquitoiii

tío David y tía Luzma, hñjoleiiii mis primos Aron Y Karel son de otro planeta, me enseñaron que el genuino interés lo demuestra la verdadera familia... y yo tengo mucha:

Oswaldoooooooooo que bien, la verdad explicas muy rápido, pero siempre me hechaste la mano con todo, y sabes que te quiero.

Mayra y Rupert, soy tan afortunada de ser su amiga, porque aparte de apoyarme con todas las dudas que pude yo tener académicamente, me escuchan, me aconsejan y eso denota interés, los quiero.

Alina, eres diferente sabes?... me has dado mucho en poco tiempo, justo cuando creí que no se podían hacer buenas amistades, justo cuando creí que yo, ya había conocido a mis cuates para siempre, apareciste túiii soy suertuda de nuevo no?...

Y en un apartado especial...te quiero agradecer a ti...y a quien te puso en mi camino...solo puedo decir que no te quiero...sabes que no...Gracias por todo Jarrito de Tlaquepaque, te adoro...tuve suerte de nuevoii

Richi, que siempre me hechaste la mano compaiiii Mayeli, Irvis, Manuel, Mari, Nemo, Chucho, Karla y José Luis, Verito y Glori, con dedicatoria especial y a todos los que conocí en el laboratorio graciasi

Con respeto y siempre consciente de lo que significas para mi, sé que sin ti yo no estaría aquí, gracias papá.

Soy afortunada.

Viole.

## AGRADECIMIENTOS

A las autoridades Municipales y de Bienes Comunales de las diversas zonas de la reserva de la biósfera Tehuacán- Cuicatlán, por las facilidades brindadas para el desarrollo y conclusión de esta tesis por permitirnos tomar fotografías de sus plantas y paisajes. También agradecemos la información que proporcionaron sobre los nombres comunes, usos de diferentes plantas e incluso acerca de las recetas de uso de las mismas.

A los proyectos PAPIIT 212407; PAPIIT IN 224505; PAPCA Fes Iztacala 2007-2008; CONAC yT (52479-Q) y a la compaa Volkswagen con el proyecto "Por amor al planeta", gracias a los cuales realice mi trabajo de campo y tuve la oportunidad de participar en diversos proyectos, además de realizar expediciones botánicas.

A los miembros del sínodo por sus comentarios y valiosas observaciones.

Dr. Rafael Lira Saade

Dra. Patricia Dávila

Dr. Oswaldo Téllez Valdés

M. en C. Leonor Ana María Abundiz Bonilla

M. en C. María Edith López Villafranco

## INDICE

Resumen.....	1
INTRODUCCIÒN.....	2
Àrea de estudio .....	6
Antecedentes .....	8
OBJETIVO.....	10
Objetivos particulares.....	10
Materiales y métodos.....	11
RESULTADOS.....	18
A.- Amplitud de la distribución del taxón.....	18
B.- Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón.....	20
C.- Vulnerabilidad biológica intrínseca al taxón.....	23
D.- Impacto de la actividad humana sobre el taxón .....	24
CALIFICACIÒN TOTAL MER.....	27
PROPUESTA DE FICHA TÈCNICA PARA <i>Mammillaria napina</i> .....	28
Discusión.....	29
Conclusiones.....	34
Literatura.....	35

## Resumen

México es el más importante centro de concentración de cactáceas, con un alto índice de endemismo a nivel genérico (73%) y específico (78%), por lo que para lograr el éxito en la conservación de la familia se requiere en gran medida de lograr un conocimiento razonable acerca de las especies. Por tanto uno de los desafíos en este sentido, es el de producir y organizar un acervo de información básica que permita llevar a cabo acciones para su conservación. La representación cartográfica de la distribución de las cactáceas incluyendo aspectos ecológicos, reproductivos y fenológicos, así como el análisis de las variables climáticas que podrían determinar su distribución, contribuyen en gran medida a disponer de esta información. En el presente trabajo se brinda un panorama general del estado de conservación de *Mammillaria napina*, para la que se ha estructurado una base de datos, y a partir de la aplicación de los criterios establecidos tanto en el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies silvestres en México (MER), de la NOM-059-SEMARNAT-2001, como en la UICN, y con apoyo de herramientas de cómputo como los SIG, se determinó la extensión potencial de área de la distribución de la especie, el área de ocupación posible de la especie, los posibles límites de sus poblaciones y/o subpoblaciones, la extensión y la calidad del hábitat en relación con las actividades humanas, así como algunos aspectos relacionados con su capacidad reproductiva. Los resultados obtenidos demuestran la fragilidad de la especie debido a presiones antropogénicas, su alta especificidad de hábitat y una distribución restringida. Algunos de los factores de riesgo más importantes para las poblaciones son las actividades humanas, como la degradación del hábitat y la ganadería. Este último factor es el componente del disturbio al cual la especie es más susceptible debido al pastoreo.

## INTRODUCCIÓN

México, posee el 10% de las especies de plantas superiores del planeta con alrededor de 25000 especies (Dirzo y Gómez, 1996), y más del 50% de ellas son especies exclusivas al territorio nacional (Villaseñor, 2003). Muchos grupos de plantas y animales se han diversificado en nuestro territorio, de ahí que existan ecosistemas con numerosos endemismos; un elemento adicional que da cuenta de su importancia desde el punto de vista de su biodiversidad (Becerra, 1997). Sin embargo, la mayor porción de las especies y de los ecosistemas que conforman nuestra diversidad biológica se distribuyen en espacios territoriales que no son objeto de protección alguna (Conabio, 2000).

Es también uno de los centros más importantes de diversificación de numerosas familias, entre las que destaca la familia Cactaceae, con un alto índice de endemismo a nivel genérico (73%) y específico (78%) y posiblemente uno de los grupos de mayor interés, desde un punto de vista biológico y social (Hernández y Godínez, 1994; García – Mendoza et al., 2004).

Las cactáceas se distribuyen principalmente en las regiones áridas y semiáridas, en estas zonas algunas de las especies constituyen los elementos dominantes fisonómicamente de la vegetación (Hernández y Godínez, 1994). Se calcula que la familia incluye alrededor de 110 géneros y cerca de 1500 especies en el mundo (Becerra 2000). En México, existen alrededor de 52 géneros y 850 especies, y 18 géneros (35%) y 715 especies (84%) endémicos (Álvarez *et al*, 2004), por lo que nuestro país se considera su principal centro de diversidad; en donde han conquistado los extensos territorios áridos del norte y centro del país, llegando a ser probablemente, las plantas más características del paisaje mexicano (Becerra, 1997).

Algunas regiones de alta diversidad de este grupo en México lo conforman, el Altiplano Potosino y el sur de Nuevo León, los Valles intermontanos de Hidalgo y Querétaro y los bosques deciduos y espinosos del Istmo de Tehuantepec, y la Reserva de la Biósfera de Tehuacán Cuicatlán, la cual cuenta con 24 géneros y 82 especies, en los estado de Puebla y Oaxaca,

(Álvarez *et al.*, 2004). Las especies de este grupo representan a menudo elementos dominantes de algunas comunidades de plantas de la Reserva, y presentan además patrones de distribución muy definidos. Ellas juegan también un importante papel social ya que son utilizadas como fuente de alimento, material para la construcción y combustible (Casas *et al.*, 2000; Téllez- Valdès y Dávila Aranda, 2003).

La mayoría de las especies de esta familia poseen una combinación de características biológicas y ecológicas inherentes que las hacen más vulnerables, aún a los efectos de la perturbación (Hernández y Godínez, 1994M; Álvarez *et al.*, 2004). Esto es especialmente importante ya que las cactáceas generalmente tienen tasas de crecimiento muy bajas y sus ciclos de vida son frecuentemente muy largos (Gibson y Nobel, 1986).

Muchas de las cactáceas en nuestro país están sujetas a presiones de colecta, comercio ilegal y a la destrucción de su hábitat (Hernández y Godínez, 1994). Además, por lo general este grupo vegetal tiene una habilidad limitada para restablecerse demográficamente después de un evento de perturbación (Álvarez, 2004). En consecuencia, un número significativo de cactáceas mexicanas ha sido incluido en listados de plantas amenazadas (Hernández y Godínez, 1994).

Aunque en México la colecta de estas plantas está restringida, el comercio ilegal es muy fuerte y la sobrecolecta ha llevado a las cactáceas a ser uno de los grupos en mayor peligro de extinción, ya que el 17% de las especies mexicanas se encuentran amenazadas y el 89% de estas son endémicas (Mandujano *et al.*, 2002). Otro factor que afecta la conservación de las cactáceas en nuestro país es la destrucción del hábitat a manos del hombre, debido a los cambios en el uso de suelo para la agricultura y ganadería (Becerra, 1997).

Uno de los grandes obstáculos para evaluar la distribución geográfica de las cactáceas es la carencia de inventarios florísticos completos, así como la inestabilidad taxonómica del grupo, en lo que se refiere a los límites genéricos y específicos, por ejemplo, el complejo *Mammillaria supertexta* en el que se agrupan varias especies que podrían ser una sola o por el contrario varias (Novoa, 2008). Además el conocimiento en lo que se refiere a la especificidad del hábitat, incluyendo los factores físicos en los cuales se desarrollan muchas



especies es limitado (Mandujano *et al.*, 2002). Sin embargo, el conocimiento geográfico donde se desarrollan las especies es un indicador confiable de su rareza y por lo tanto de su estado real o potencial de conservación (Hernández y Godínez, 1994).

La problemática de la conservación y protección de las cactáceas es muy compleja, ya que la mayoría de las especies que se encuentran amenazadas, tienen poblaciones pequeñas con distribución restringida o de difícil acceso, lo que impide tener un registro preciso de su distribución geográfica, como ocurre en otros grupos (Villaseñor y Tellez-Valdés, 2004).

Un grave problema que se enfrenta, es que se conoce poco del estado real de las poblaciones y en otros casos la determinación taxonómica y los intervalos de distribución son inciertos (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004). De estos últimos solo se han discutido aspectos generales de la distribución de conjuntos de taxa, a nivel de tipos de vegetación o de sus afinidades geográficas, igualmente se han registrado patrones de riqueza local o regional a partir de estudios florísticos, pero poco se ha hecho para conocer el área total que una especie ocupa (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004). Por otro lado se sabe que el clima es un factor importante que afecta o determina la distribución de los organismos; los análisis de las variables climáticas ayudan a entender porque una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindenmayer *et al.*, 1996).

Por tanto, con el propósito de conocer con más precisión la distribución geográfica de las especies, se han propuesto diversos modelos predictivos que ayudan a estimar su distribución potencial. La mayoría de los modelos correlacionan los sitios ya conocidos donde la especie prospera, con un conjunto de factores ambientales, especialmente climáticos (Chapman y Busby, 1994). Tomando en consideración que el clima es un factor importante que determina la presencia de una especie en un sitio y no en otro, se considera que llevar a cabo el análisis de las variables climáticas resulta ser una herramienta importante, para conocer la especificidad del hábitat que ocupa cualquier especie, ya que para la mayoría de las especies no hay una base de datos generada a partir de la clasificación de perfiles bioclimáticos de sus localidades (Lindenmayer *et al.*, 1996).

Las categorías y criterios para enlistar a las especies amenazadas (MER, UICN, NOM-059-SEMARNAT-2001), tienen la intención de ser un sistema relativamente fácil de entender, mediante el cual se pueda clasificar a las especies según su riesgo de extinción de manera expedita. Sin embargo, mientras que La lista Roja puede enfocar la atención sobre aquellos taxones con mayor riesgo, no es el único medio para establecer prioridades para su conservación (UICN, 2001). La NOM-059-SEMARNAT-2001 incluye el listado oficial de especies en riesgo para el país; y describe las categorías de riesgo y establece las especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo a las especies silvestres, así como el método y el tipo de información que debe ser usado para la evaluación del riesgo de extinción de las especies. El Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER) unifica los criterios de decisión sobre las categorías de riesgo y permite usar información específica que fundamente esa decisión (UICN, 2001).

El mapeo de la biodiversidad facilita el reconocimiento de las regiones donde es prioritario establecer un programa de conservación, y el apoyo de investigaciones para el aprovechamiento de los recursos naturales y los estudios sobre aquellas regiones donde la información biológica es escasa (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004). Este mapeo desempeña un papel importante en la creación y evaluación del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y de las áreas prioritarias para la conservación, pues facilita el análisis de estas zonas, desde un punto de vista multitemático (Becerra, 1997). Al presentar un mapa con el patrón de distribución de diferentes grupos taxonómicos, es evidente que existen regiones prácticamente inexploradas en lo que a información biológica se refiere (Lindenmayer *et al.*, 1996). Esta información es muy importante, ya que los estudios de este tipo permiten presentar argumentos que ayuden, en primera instancia, al análisis y posterior toma de decisiones sobre el aprovechamiento de los recursos naturales por parte de los sectores gubernamental y privado. En este sentido; el marco jurídico ambiental requiere de la información necesaria, para dotar en materia de gestión ambiental, los instrumentos necesarios para hacer cumplir la garantía de un medio ambiente sano y la protección de los recursos naturales (P.N.D, 2007).

Por otro lado, los estudios enfocados a la distribución geográfica de las especies, apoyados en el uso de los Sistemas de Información Geográfica, han

descrito cuantitativamente un número de condiciones físicas de las localidades conocidas de la distribución de las especies, tales como el clima, la altitud y el tipo de suelo (Kearney y Warren, 2004). Estas combinaciones de condiciones son variadas y hacen referencia al ambiente, la fisiología, y el nicho fundamental de los organismos (Kearney y Warren, 2004). Dicha información puede ser usada para derivar modelos estadísticos o estimaciones empíricas, de la probabilidad de ocurrencia de las especies, que puede ser interpolada a otras partes de la Tierra (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Con este escenario, se propone la evaluación del estado de Conservación de *Mammillaria napina*, una especie endémica de Valle de Tehuacán-Cuicatlán, una zona semiárida del centro de México. La selección de la especie se basó en los siguientes criterios: 1) la distribución de la especie está restringida a la zona semiárida poblana, 2) está sometida a factores de riesgo que afectan posiblemente el tamaño de sus poblaciones y su área de distribución, 3) está expuesta al saqueo y comercio ilegal, y principalmente 4) su hábitat está siendo alterado o modificado. Estudios previos han documentado pocos eventos de reclutamiento en sus poblaciones (Peters y Martorell, 2000), por lo que se encuentra incluida en la Lista Roja de la UICN (1994) como una especie amenazada (A) y dentro de la NOM-059-ECOL-2001 también se le considera una especie amenazada (A), y en el contexto de las CITES está incluida en el apéndice II, el cual incluye a las especies que en la actualidad no se encuentran en peligro de extinción, pero que podría llegar a esa situación si su comercio a nivel internacional no es regulado.

### **Área de estudio**

El valle semiárido de Tehuacán Puebla, forma parte de la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán, y se localiza en la zona sureste del estado de Puebla y noroeste de Oaxaca, entre los 17°39' y 18°53' de latitud norte y los 96°55' este de longitud oeste. Esta provincia tiene una superficie aproximada de 10,000 km<sup>2</sup>, abarcando varios valles intermontanos, separados con numerosas serranías pequeñas (Arriaga *et al.*, 2000).

Su clima es semiárido con una precipitación media anual de 400 mm y una canícula bien definida. Las condiciones áridas del valle se deben

principalmente al efecto de sombra orográfica que produce la Sierra Madre Oriental y a la desecación paulatina de los mantos freáticos. Su riqueza de formas de vida de especies silvestres en donde sobresale la alta concentración de especies endémicas de flora. Predomina la selva baja caducifolia en el valle y los bosques de encino en las partes altas. Al norte se presenta una gran diversidad de vegetación, predominando la de matorral desértico rosetófilo rodeado de fragmentos de agricultura de riego y de temporal y algunas porciones de matorral crasicaule (Arriaga *et al.*, 2000). Haciendo referencia a los aspectos bióticos del Valle, se presenta una diversidad alta de matorrales xerófilos y zonas de transición (ecotonos) con los bosques de coníferas y encinos. La presencia de selvas bajas caducifolias es un elemento que acentúa la diversidad ecosistémica de la región, tiene también una función como corredor biológico ya que es la zona de contacto entre la sierra norte de Oaxaca y la sierra Mixe también es una de las áreas consideradas relicto de especies silvestres ya que en su territorio se concentra el mayor número de cactáceas columnares del mundo. La importancia de esta reserva, radica también en la presencia de endemismos y de su riqueza específica sobre todo de especies de plantas vasculares, tales como compuestas, cactáceas, leguminosas, bromeliáceas y crasuláceas (Arriaga *et al.*, 2000).

La riqueza de especies se considera alta, sobre todo tomando en cuenta la relación entre zonas áridas y las plantas vasculares. Numerosas cactáceas columnares, algunas endémicas, como *Polaskia chende*, *Mammillaria zephyranthoides*, *Oaxacania malvaefolia*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Cardonales*, *Lemaireocereus hollianus.*, *Beaucarnea gracilis*, *Euphorbia antisiphilitica*, *Castela erecta*, *Echinocactus platyacanthus*, *Cephalocereus columna-trajani*, *Myrtillocactus geometrizans* (Arriaga *et al.*, 2000).

Cabe señalar que la presencia de zonas agrícolas y pecuarias ha afectado los procesos ecosistémicos de ciertas áreas, de manera particular la extracción de agua de pozos para cultivos y la presencia de ganado caprino ha afectado los mantos freáticos y han acelerado los procesos erosivos. Por otro lado la comercialización ilícita de especies de cactáceas y de fauna, el saqueo de zonas arqueológicas y paleontológicas, y el avance de la ganadería extensiva (principalmente caprinos), así como problemas en la tenencia de la tierra con respecto a que la gran mayoría de los terrenos ejidales comunales y urbanos

son irregulares, lo que puede afectar en mayor o menor grado a las especies que se encuentran dentro de los límites de la Reserva (Arriaga et al., 2000).

### ***Antecedentes***

Numerosas especies del género *Mammillaria* son consideradas como plantas “raras”, debido a que poseen intervalos de distribución restringidos, y poblaciones poco numerosas. Sin embargo, el conocimiento que se tiene de ellas no es aún preciso, y muchos son los esfuerzos por tratar de completar la información. Son pocos los trabajos que se han realizado respecto a la conservación de las cactáceas, específicamente en el Valle de Tehuacán - Cuicatlán.

González (2009), realiza una evaluación preliminar de conservación en dos localidades ubicadas dentro de la RBTC, para *Stenocactus crispatus*, utilizando la metodología del MER para realizarlo, obteniendo datos para estructura de tamaños, germinación, vegetación asociada, concluyendo que la especie estudiada es vulnerable, incluso con posibilidades de sufrir eventos de extinción locales en algunas de sus poblaciones a lo largo de su distribución dentro de la Reserva.

Gutiérrez (2007), evalúa el estatus de conservación de *Ferocactus haematacanthus*, con base en los criterios establecidos en el Método de Evaluación de Riesgo de Especies Silvestres en México (MER) de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la UICN. Así la autora determina, a través, de un Sistema de Información Geográfica, la distribución potencial de la especie, el área de ocupación real de la especie y los posibles límites de las subpoblaciones. También evaluó algunos aspectos ecológicos como, la calidad del hábitat en relación a las actividades humanas y estimó la eficiencia reproductiva, así como, la especificidad de hábitat. La conclusión es que *F. haematacanthus* es una especie que está en peligro de extinción.

Téllez-Valdés y Dávila-Aranda (2003), examinan los efectos del cambio climático sobre los futuros patrones de distribución de 21 especies de Cactácea de la RBTC. Encuentran que la distribución de *F. haematacanthus*, actualmente excede los límites del valle de Tehuacán. Sin embargo, en un

escenario futuro en el cual la temperatura se incrementa 2° C y la precipitación disminuye en un 10% con respecto a las actuales condiciones climáticas (aproximadamente el año 2060), su área de distribución se contrae 50%, por lo cual sus límites de distribución quedarían prácticamente restringidos al valle.

Zavala-Hurtado (2003) y Zavala (1997), evalúan el estado ecológico y la restricción de hábitat de *Mammillaria pectinífera* en el Valle de Tehuacán, Puebla. Así mismo en 1997, Zavala evalúa el estado ecológico de conservación de *Pachycereus fulviceps* en el Valle de Zapotitlán, Puebla.

Peters y Martorell (2000), logran avances en el conocimiento sobre la distribución, ecología, grado de amenaza y conservación de algunas mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán, teniendo en cuenta que los datos obtenidos, proporcionan información valiosa para establecer planes de conservación de las plantas y evaluar su grado de deterioro.

## OBJETIVO

Evaluar, de forma preliminar, el estado de conservación de *Mammillaria napina* (Cactaceae) a partir del estudio de algunas de sus poblaciones.

### Objetivos particulares

Con base en los criterios establecidos en el Método de Evaluación de Riesgo de extinción de Especies Silvestres en México (MER) de la NOM-059-SEMARNAT-2001, y UICN, llevar a cabo lo siguiente:

1. Calcular la extensión del área potencial donde se encuentra *Mammillaria napina*.
2. Determinar los posibles límites de sus poblaciones.
3. Calcular el área de ocupación real de la especie.
4. Calcular y determinarla extensión y la calidad del hábitat de la especie en relación con las actividades humanas.
5. Estimar la densidad de las poblaciones estudiadas.
6. Calcular el porcentaje de germinación de las semillas en las poblaciones seleccionadas.

## *Materiales y Métodos*

El Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de las Especies silvestres en México (MER), es una herramienta que permite formalizar y documentar de manera sistemática, sencilla, y expedita los factores que afectan a un taxón en el país. Se puede ordenar jerárquicamente atendiendo a la posibilidad de que desaparezca en el medio silvestre en México.

Este método utiliza cuatro criterios independientes entre sí (A, B, C y D) con una escala que considera entre 3 y 4 valores que indican grados ascendentes del riesgo, de manera que la suma progresiva de sus puntajes los cuales guardan relación directa con el grado acumulativo de riesgo de extinción y no se repitan en consideraciones parciales.

Cuando la información fue obtenida, los criterios (A, B, C, y D) fueron resueltos sucesivamente, a continuación se detallan los criterios y la información que se utilizó para resolverlos.

### A.- Amplitud de la distribución del taxón en México

Es el tamaño relativo del ámbito de distribución natural actual en México; considera cuatro clases:

I. muy restringida = Se aplica tanto para especies microendémicas como para especies principalmente extraliminales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional). Con valor 4.

II. restringida = Incluye especies principalmente extraliminales y algunas endémicas (entre el 5% y el 15% del territorio nacional). Con valor 3.



III. medianamente restringida o amplia = Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor que el 15%, pero menor que el 40% del territorio nacional. Con valor 2.

IV. ampliamente distribuidas o muy amplias = Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor que el 40% del territorio nacional. Con valor de 1.

Se tomaron los datos de Martorell para referenciar las localidades de *Mammillaria napina* ya que son los registros más recientes que se tienen para la especie (distribución conocida). El análisis geográfico hecho con ArcView 3.2 Gis permitió resolver este criterio. Así mismo se localizaron y georeferenciaron algunas poblaciones nuevas para complementar los datos.

B.- Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón.

Es el conjunto actual estimado de efectos del hábitat particular, con respecto a los requerimientos conocidos para el desarrollo natural del taxón que se analiza, en términos de las condiciones físicas, biológicas y antrópicas. No determina la calidad de un hábitat en general. Cuando una especie es de distribución muy amplia, se hará una estimación integral del efecto de la calidad del hábitat para todo su ámbito. Se consideran tres valores:

I. hostil o muy limitante = 3

II. intermedio o limitante = 2

III. propicio o poco limitante = 1

Se hizo un listado de las especies asociadas a *M. napina* en las localidades donde se encuentra, para conocer la estructura florística en ellas, ya que esto forma parte del criterio de Asociación, que tiene relación con las especificaciones que tiene SEMARNAT para la inclusión, cambio o exclusión de especies, subespecies y poblaciones en las categorías de riesgo. Este apartado considera el posible papel de una especie clave y las principales asociaciones de dicha especie o población con otras y con los demás elementos de su hábitat.

### Especificidad de hábitat y Distribución potencial de *Mammillaria napina*

Con el fin de identificar más elementos sobre la especificidad del hábitat y la distribución geográfica de *Mammillaria napina*, se generaron los perfiles bioclimáticos de las localidades y grupos de estas, usando el programa Bioclim. Así por medio de los perfiles bioclimáticos se estableció una comparación, que permitió definir si todas las localidades se encuentran distribuidas, en condiciones semejantes, estrechas o a través de un amplio intervalo de ellas.

#### C.- Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón.

Es el conjunto de factores relacionados con la historia o forma de vida propio del taxón, que lo hacen vulnerable. Dependiendo de la disponibilidad de información específica, algunos ejemplos de tales factores pueden ser: estrategia reproductiva, parámetros demográficos más relevantes, historia de vida, fenología, intervalos de tolerancia, parámetros fisicoquímicos, aspectos alimentarios, variabilidad genética, grado de especialización, tasa de reclutamiento, efecto nodriza, entre otros. El MER considera tres gradaciones numéricas de vulnerabilidad:

I. vulnerabilidad alta = 3

II. vulnerabilidad media = 2

III. vulnerabilidad baja = 1

En las poblaciones en las cuales el número de individuos lo permitió, se evaluaron algunos aspectos ecológicos como la estructura de tamaños, y la ocupación del hábitat. En cada localidad, se hicieron 2 transectos de 25 x 10 m. En cada transecto se contaron todos los individuos y se midió el diámetro de cada uno con un vernier electrónico. Posteriormente en el laboratorio, los datos fueron clasificados en distintas categorías de tamaño, las cuales fueron definidas considerando el intervalo y el número total de individuos por unidad de área. Las categorías utilizadas fueron: 0-5.0 mm, 5.1-10 mm, 10.1-15 mm, 15.1-20 mm, 20.1-25 mm, 25.1-30 mm, 30.1-35 mm, 35.1-40 mm, 40.1-45 mm, 45.1-50, >50 mm. La distribución de las categorías de tamaño fue comparada entre poblaciones mediante una prueba  $X^2$  y el conjunto de estos datos ayudaran a evaluar el criterio C del MER.

Los datos referentes a la fenología fueron recabados de las Bases de datos existentes, de la literatura y del trabajo de campo, ya que estos tiene relación con la historia o forma de vida propio del taxón. Se recolectaron semillas para las pruebas de germinación, esto con el propósito de complementar la información de la especie bajo estudio, los resultados de estas pruebas harán referencia a la vulnerabilidad ecológica intrínseca al taxón, posteriormente las semillas restantes serán depositadas en el Banco de Germoplasma de la UBIPRO. Para evaluar la tasa de germinación se realizó una prueba en laboratorio. Las semillas fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio (5%) durante 15 minutos; posteriormente fueron lavadas con agua destilada y secadas a temperatura ambiente, posteriormente se colocaron 10 semillas en cajas Petri con papel filtro en imbibición, con 5 repeticiones por localidad y se colocaron en una cámara de germinación con temperatura controlada de 23-25 °C y con fotoperiodos de 12 hrs luz X 12 hrs oscuridad, en donde se consideró a una semilla germinada al observar la presencia de la radícula. El experimento termino después de 40 días aproximadamente al no incrementarse en número de semillas germinadas.

D.- Impacto de la actividad humana sobre el taxón.

Es una estimación cualitativa de la magnitud del impacto y la tendencia que genera la influencia humana sobre el taxón que se analiza. Considera aspectos como la presión por asentamientos humanos, fragmentación del hábitat, contaminación, uso, comercio, tráfico, cambio del uso de suelo, introducción de especies exóticas, realización de obras de infraestructura, entre otros. Se asignan tres posibilidades:

I. alto impacto = 4

I. impacto medio = 3

II. bajo impacto = 2

Para resolver este criterio se utilizó toda la información que pudo ser recabada. Se tomaron en cuenta algunos factores tales como el pastoreo, cercanía a asentamientos humanos, vías de comunicación (terracería, alambrado eléctrico, carreteras, etc...), zonas de cultivo (agricultura). Tratando de cubrir los aspectos generales que puedan ayudar a contribuir a cuantificar los factores que pudieran estar afectando el estado del hábitat de *Mammillaria napina*. Se establecieron de manera arbitraria una serie de categorías independientes entre sí, a las cuáles se les asignó un valor lo cual permitió obtener una sumatoria y así, de esta manera cuantificar el impacto sobre las poblaciones y el hábitat donde se encuentra la especie. Cada valor asignado a la categoría, corresponde a uno de la calidad de hábitat determinada.

Para este contexto de hábitat y con respecto a las categorías propuestas, se determinó que las localidades que obtengan una puntuación de 1-7 se considera que el impacto es BAJO, las que obtengan una puntuación de 8-15 el impacto será considerado MEDIO, y por último para aquellas que obtengan una puntuación de 16-18, el impacto será considerado como ALTO.

## Categorías propuestas

1. Pastoreo
  - a) Pastoreo extensivo.....2 puntos
  - b) Pastoreo no extensivo.....1 punto
2. Agricultura
  - a) Agricultura extensiva.....3 puntos
  - b) Agricultura de temporal.....2 puntos
  - c) Agricultura de subsistencia.....1 punto
3. Vías de comunicación
  - a) Autopistas.....3 puntos
  - b) Terracerías.....2 puntos
  - c) Veredas.....1 puntos
4. Asentamientos Humanos
  - a) Ciudades.....3 puntos
  - b) Pueblos.....2 puntos
  - c) Colonias.....1 puntos
5. Evidencia de incendios
  - a) Reciente .....3 puntos
  - b) No reciente .....2 puntos
  - c) Ninguna.....1 punto
6. Presencia de líneas eléctricas
  - a) si.....2 puntos
  - b) no.....1 punto
7. Aprovechamiento de leña
  - a) si.....2 puntos
  - b) no.....1 puntos

## Calificación General

Para la calificación de cada uno de los criterios B, C y D del MER, se recomienda, cuando la suficiencia y la calidad de los datos lo permitan, definir las tendencias de los indicadores que se han considerado para evaluar cada taxón. Se establecen los siguientes intervalos de asignación de las categorías de riesgo:

Una especie o población cuya suma total de puntos se sitúe entre 12 y 14 puntos, será considerada como “En peligro de Extinción” (P).

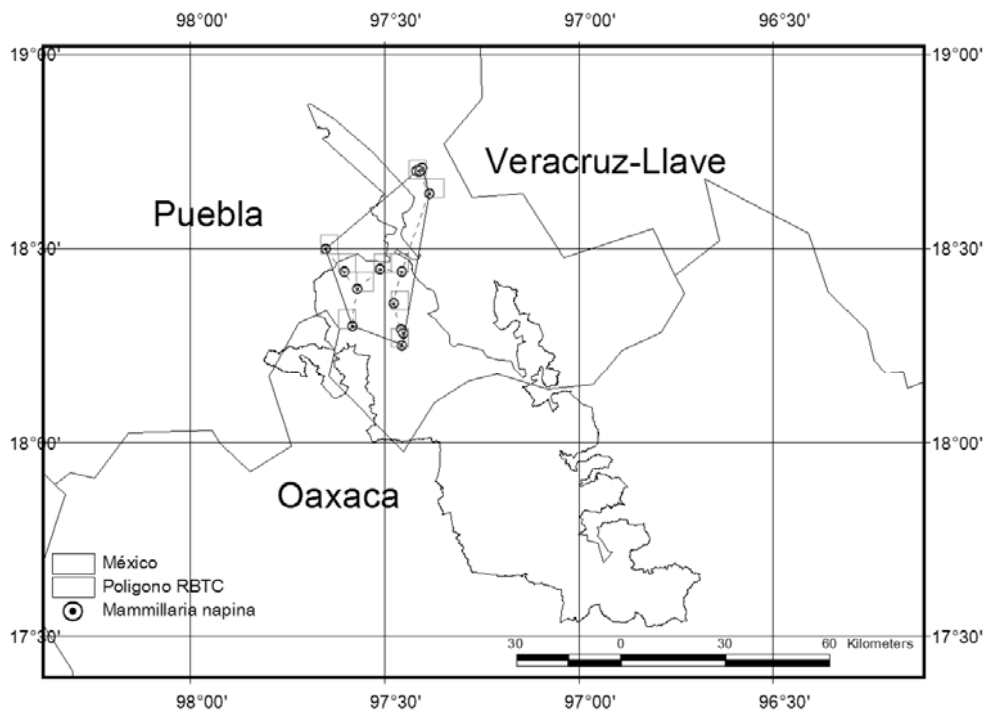
Aquella cuya suma total de puntos se sitúe entre 10 y 11 puntos, será considerada como “Amenazada” (A).

## Resultados

### CRITERIOS MER

#### A.- Amplitud de la distribución del taxón en México

El análisis geográfico realizado con ArcView 3.2 Gis permitió resolver el criterio de la amplitud de la distribución del taxón en México. Así mismo se localizaron y georeferenciaron algunas localidades para complementar los datos. Se reunieron 421 registros para la especie, correspondientes a 13 poblaciones conocidas y con numerosos individuos registrados en aquellas estudiadas.



**Figura 1. Amplitud de la distribución conocida de *Mammillaria napina* en México**

En la figura 1 se muestra la distribución de las localidades conocidas, donde se observa que la distribución de la especie bajo estudio tiene una distribución restringida al estado de Puebla, y que algunas localidades exceden los límites políticos de la Reserva.

Lo anterior permite, de acuerdo al criterio A del MER ubicar a *M. napina* como una especie de distribución restringida asignándole, un valor igual a 4 que la incluye a las especies microendémicas con escasa distribución en México (menor al 5% del territorio nacional). Esta información se hizo con base en los valores de la Extensión del área de presencia de la especie (Extent of occurrence - EOO) y la Área real de ocupación de la especie (Area of occupancy - AOO) realizados con el programa Arc View 3.2 Gis.

#### Localidades

Se seleccionaron 3 localidades para realizar el análisis preliminar: 1) Cañada Morelos se ubica del lado derecho de la carretera federal 185 rumbo a Azumbilla y se encuentra a 2400 msnm y cuenta con 362 individuos; 2) Cañada Morelos 1, localizada al lado izquierdo de la carretera federal a Azumbilla, esta población se encuentra ubicada a 2457 msnm, y cuenta con 42 individuos, ambas localidades situadas en el Municipio de Cañada Morelos; 3) Los reyes Metzontla, en la cima del Cerro del Conocua donde se contaron 17 individuos. Las 2 primeras localidades pertenecen al Municipio de Cañada Morelos y la última al Municipio de Zapotitlán.

De acuerdo con los valores que se muestran en el cuadro (1), con base en los criterios de UICN, queda ubicada dentro de la categoría “PELIGRO CRÍTICO”. (CR).

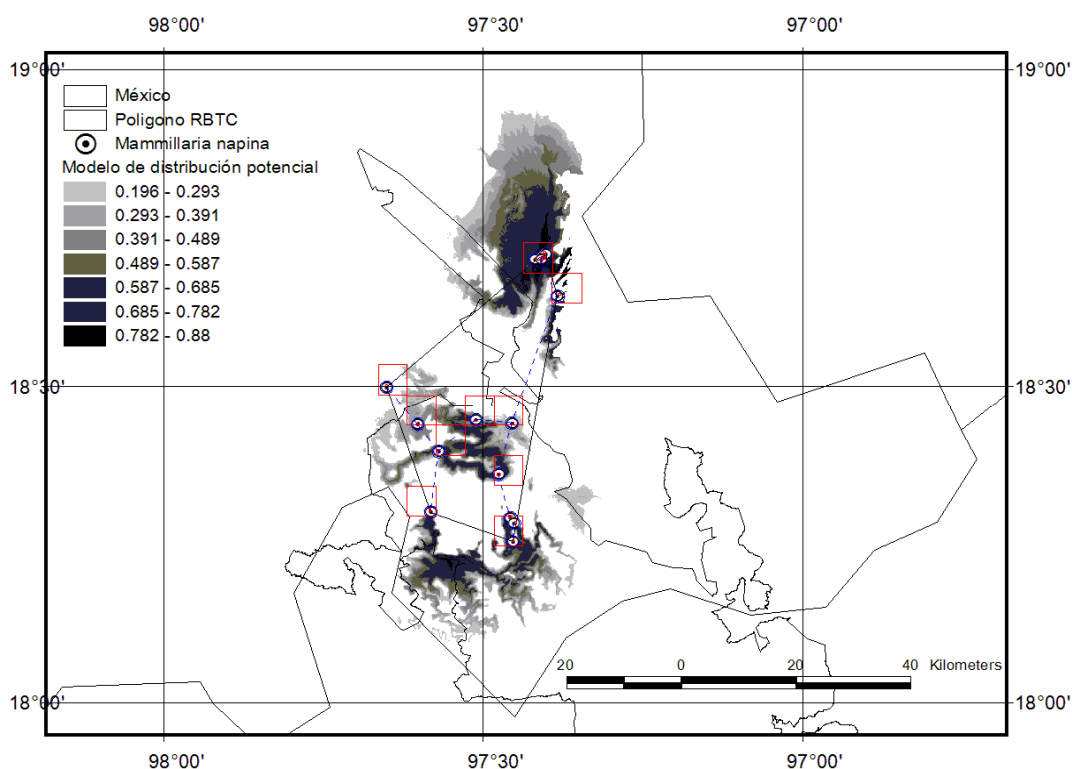


<b>Cálculo</b>	<b>Valor</b>
Extensión del área de la presencia de la especie (EEO)	17.9604 km <sup>2</sup> (diámetro máximo 48.0532 km)
Área real de ocupación de la especie (AOO)	0.75 km <sup>2</sup>
Subpoblaciones (Análisis de Rapoport)	3

**Cuadro 1. Resultados obtenidos a partir del análisis con Arc View 3.2 Gis**

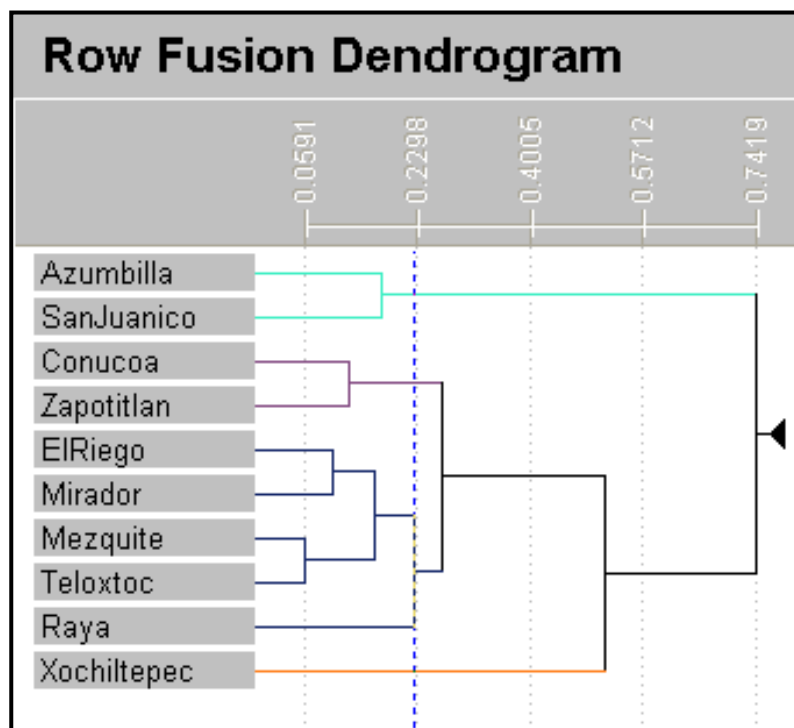
*B.- Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón.*

A partir del modelo de distribución potencial, construido para las localidades, se puede observar que las áreas, en donde probablemente se encuentre la especie, son pequeñas, ya que todas están ubicadas dentro de la distribución conocida de la especie. Esto la ubica para el criterio B, con la calificación 3, hostil o muy limitante.



**Fig. 2 Distribución conocida y potencial de *M. napina***

A partir, de la clasificación basada en la semejanza climática de los perfiles bioclimáticos de todas las localidades, se obtuvo un dendrograma. Este muestra la formación de, al menos, tres grupos evidentes: 1) Conformados por las poblaciones de Azumbilla y San Juanico; 2) dos grupos de poblaciones con ambientes semejantes, por una lado cerro Conocua y Zapotitlan, y por otro, El Riego, Mirador Mezquite, Teloxtoc y Raya; 3) una sola localidad, San Francisco Xochiltepec.



**Fig. 3 Dendrograma obtenido a partir de la clasificación bioclimática de las localidades de *M. napina*.**

Especies asociadas a *Mammillaria napina*

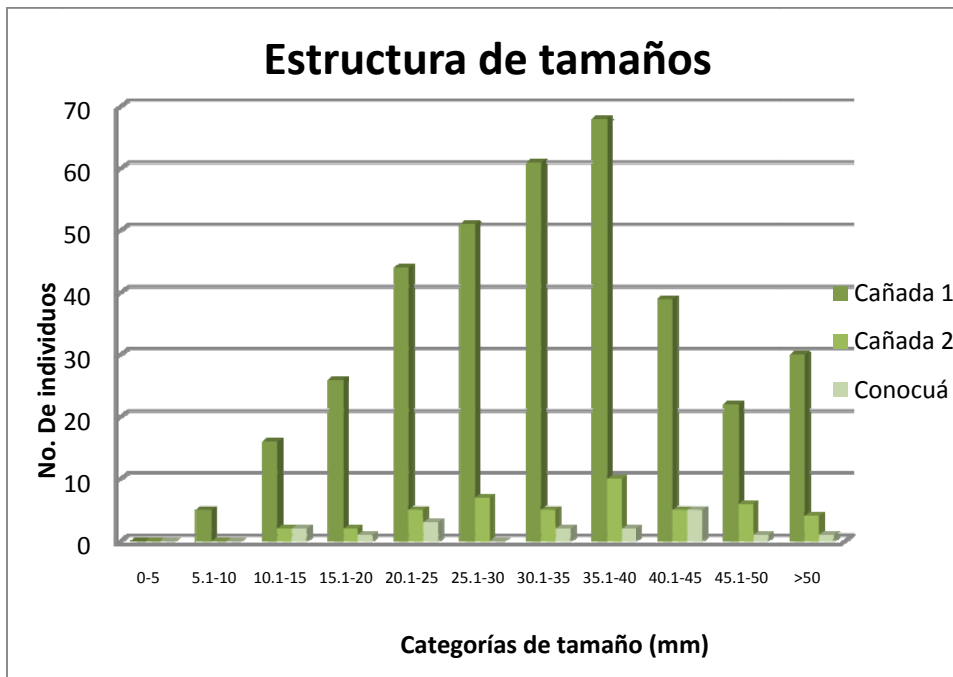
Para cada una de las localidades de *Mammillaria napina* se registraron las especies asociadas, con la finalidad de reconocer el componente florístico. En el cuadro siguiente se presentan las especies asociadas para cada una de las localidades visitadas y también aquellas endémicas a México. Se puede observar que Cañada Morelos es la localidad que presenta el mayor número de especies asociadas.

CAÑADA MORELOS	CONOCUÀ
<i>Aeschynomene compacta</i>	<i>Agave stricta</i>
<i>Aralia humilis</i>	<i>Ageratum tehucanum</i>
<i>Castilleja lithospermoides</i>	<i>Agave potatorum</i>
<i>Croton ciliatoglanduliferus</i>	<i>Agave kerchovei</i>
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Brahea nítida</i>
<i>Donnellsmithia cordata</i>	<i>Boerhaavia sp.</i>
<i>Ferocactus haemathacantus</i>	<i>Bouvardia longiflora</i>
<i>Fraxinus purpusii</i>	<i>Citharexylum oleinum</i>
<i>Gibasis consobrina</i>	<i>Coryphanta pycnacantha</i>
<i>Gibasoides laxiflora</i>	<i>Dasylirion acrotriche</i>
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	<i>Dasylirion serratifolium</i>
<i>Heliotropium confertifolium</i>	<i>Phyllanthus subcuneatus</i>
<i>Heliotropium canescens</i>	<i>Ferocactus robustus</i>
<i>Hintonia latiflora</i>	<i>Ferocactus flavovirens</i>
<i>Hoffmannseggia humilis</i>	<i>Ferocactus haemathacantus</i>
<i>Jefea pringlei</i>	<i>Jefea pringlei</i>
<i>Krameria cytisoides</i>	<i>Mammillaria sphacelata</i>
<i>Lesquerella pueblensis</i>	<i>Nolina parvifolia</i>
<i>Leucophyllum pringlei</i>	<i>Oxalis fruticosa</i>
<i>Neopringlea viscosa</i>	<i>Quercus sebifera</i>
<i>Polygala obscura</i>	<i>Rusvirens</i>
<i>Ptelea trifoliata</i>	<i>Verbesina sp.</i>
<i>Quercus sebifera</i>	<i>Yucca filifera</i>
<i>Russelia obtusata</i>	<i>Yucca mixtecana</i>
<i>Salvia thymoides</i>	
<i>Sanvitalia fruticosa</i>	
<i>Sutherlandia frutescens</i>	
<i>Tradescantia crassifolia</i>	
<i>Vauquelinia australis</i>	

**Especies asociadas a *Mammillaria napina* para las localidades estudiadas**

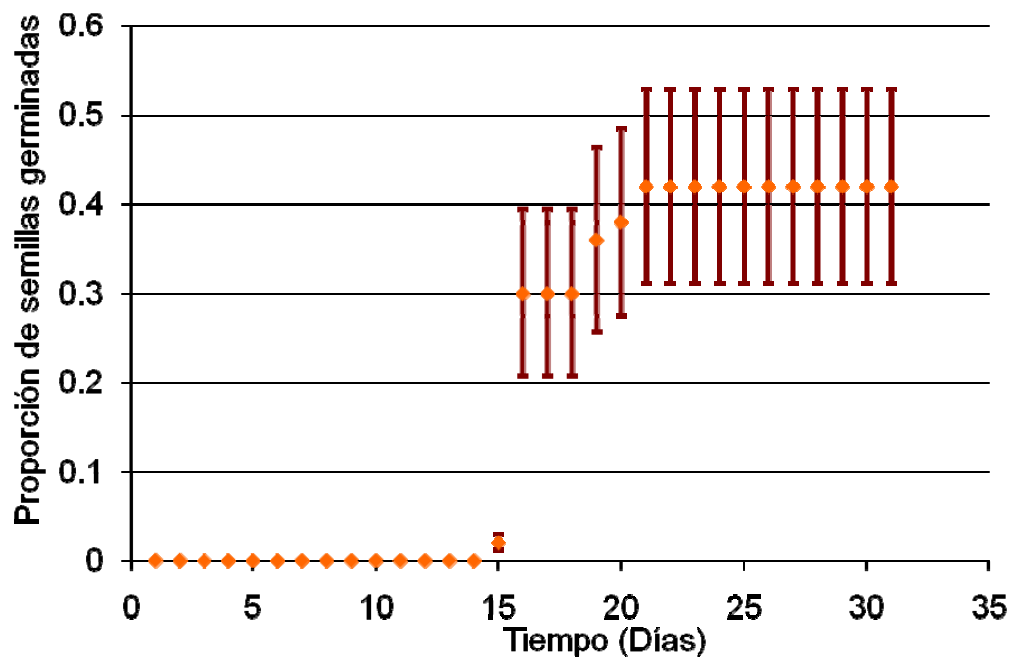
C.- Vulnerabilidad biológica intrínseca al taxón

La estructura de tamaños de *M. napina* muestra para Cañada 1, la mayor proporción de individuos pertenecen a las categorías de 5-50 mm; En esta población se encontró el mayor número de individuos, mientras que en Cañada 2 y Conocua se obtuvo un número escaso de individuos totales Cañada 2 (42 ind.) y Conocua (17 ind.). En ninguna de las 3 localidades se encontraron plántulas (ind. <5mm), siendo escasos también los individuos cuyos tamaños comprenden entre 5-10 mm.



## Germinación

La tasa de germinación de las semillas de la especie fue evaluada durante 34 días con temperatura, luz y humedad controlados. Así mismo, los resultados obtenidos a partir del experimento sugieren que las semillas germinaron rápidamente a partir del día 15 y terminaron el día 34. Se obtuvo un porcentaje de germinación del 40%.



s) en la  
posible

### *D.- Impacto de la actividad humana sobre el taxón.*

De acuerdo a las categorías ya referidas, se elaboró un cuadro detallando las actividades, los tipos de actividades, el valor asignada a cada una de ellas y

para cada una de las poblaciones estudiadas, con el fin de otorgarle un valor numérico y por lo tanto una calificación dentro del MER al criterio D. Se pudo dar un valor numérico al grado de impacto que tienen las poblaciones debido al disturbio humano.

Actividades	Tipos	Valor	Poblaciones		
			Cañada Morelos	Cañada Morelos 2	San Francisco Xochiltepec
Pastoreo	a) extensivo	2			
	b) no extensivo	1	1	1	2
Agricultura	a) extensiva	3			
	b) temporal	2	2	2	2
	c) subsistencia	1			
Vías de comunicación	a) autopistas	3			
	b) terracería	2	3	3	2
	c) vereda	1			
Asentamientos humanos	a) ciudades	3			
	b) pueblos	2	2	2	2
	d) colonias	1			
Evidencia de incendios	a) reciente	3			
	b) no reciente	2	1	1	1
	c) ninguno	1			
Líneas eléctricas	a) si	2			
	b) no	1	2	2	2
Aprovechamiento de leña	a) si	2			
	b) no	1	2	2	2
<b>TOTAL</b>			<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
			<b>IMPACTO ALTO</b>	<b>IMPACTO ALTO</b>	<b>IMPACTO ALTO</b>

**Cuadro 2. Actividades humanas que impactan a *M. napina* y categorías propuestas para la resolución del criterio D del MER**



**Fig. 4** Localidad de Cañada Morelos y su cercanía a tierras de cultivo

El conjuntar los cuatro criterios del MER y se obtuvo una suma total igual a 13 puntos (Cuadro 5). Este valor permite considerar a *Mammillaria napina* dentro de la categoría de PELIGRO DE EXTINCIÓN (P), bajo la NOM-059.

<b>Información recabada para resolver los criterios del MER</b>	<b>Criterio del MER</b>	<b>Valor obtenido</b>
Análisis preliminar geográfico	<b>A</b>	<b>4</b>
Calidad del hábitat (especificidad del hábitat)	<b>B</b>	<b>3</b>
Información específica del taxón (Tabla)	<b>C</b>	<b>3</b>
Calidad del hábitat con respecto a las actividades humanas.	<b>D</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	

**Cuadro 1 Suma total del Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México para *M. napina*.**



## PROPUESTA DE FICHA TÉCNICA PARA *M. napina*

CATEGORÍA	INFORMACIÓN
<b>Distribución</b>	Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Las poblaciones de esta especie se encuentran en áreas reducidas del estado de Puebla, 48.05 km <sup>2</sup>
<b>Ambiente</b>	Las poblaciones de la especie se localizan en altitudes de 2085 msnm, pendientes de 6 grados y azimuth de 138 grados. Estos valores representan los valores promedio de sus poblaciones (Peters y Martorell 2000). El clima de su población de "Azumbilla" corresponde al tipo seco, templado con verano cálido y con lluvias en verano, BS1kw(w) (INEGI 1988).
<b>Hàbitat</b>	Prefieren los sitios planos a las zonas de pendiente. No dependen de plantas nodrizas para su establecimiento y desarrollo.
<b>Refugios</b>	Las poblaciones de esta especie no persisten en hàbitats que puedan considerarse como refugios (ver Peters y Martorell 2000).
<b>Tipo de vegetación</b>	Matorral submontano. Esta es la vegetación típica en al menos tres o más localidades de la especie. Los autores no citan el esquema de referencia.
<b>Fenología</b>	La floración puede comenzar en abril y concluir en junio
<b>No. Semillas por fruto</b>	Semillas promedio/fruto: Población "Azumbilla" = 33.4 (Rodríguez-Ortega y Franco, 2001, personal)
<b>Tamaño poblacional</b>	Azumbilla (5800 ind.), Coapan (1740 ind.), El Riego (7608 ind.), Frontera (4191 ind.), Nopala (5530 ind.), Tecamachalco (21262 ind.), Teontepec (7730 ind), Teleletitlán (2037 ind.), Texcala (168465 ind.) y Zapotitlán (8281 ind). El censo de las poblaciones se realizó por conteo directo de los individuos en cuadrantes de 50 X 1 o 2 m. Los autores no mencionan el número de cuadrantes establecidos (Peters y Martorell 2000).

<b>CATEGORIA</b>	<b>INFORMACIÓN</b>
<b>Uso</b>	Es una especie apreciada por los coleccionistas como planta de ornato. Se encontraron al menos 254 sitios en Google donde se comercia ya sea con semillas o individuos adultos.
<b>Historia de vida</b>	Producen sus primeras flores a los 2.5 cm de diámetro. No producen más de dos frutos por época reproductiva. Los frutos pueden permanecer dentro del tallo de las plantas por largo tiempo (Rodríguez-Ortega y Franco 2001, personal).
<b>Historia Natural</b>	Antecedentes del estado de la especie o de las poblaciones principales; Bravo (1991) cita tan sólo dos poblaciones de la planta, de las cuales la del Cañón de Tomellín parece equivocada. Glass (1998) cita "pocas" localidades al oriente del estado de Puebla, sin aportar más datos de su estado. El estudio más completo y preciso corresponde a Peters y Martorell (2000).
<b>Relevancia de la especie</b>	Endémica al Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
<b>Factores de riesgo</b>	Algunos de los factores de riesgo más importantes para las poblaciones son las actividades humanas, la degradación del hábitat, la ganadería y el cambio en el uso del suelo. Estos últimos factores son el componente del disturbio al cual la especie es más susceptible.
<b>UICN</b>	Según UICN (1994) su categoría es Amenazada (A).
<b>CITES</b>	La especie se encuentra dentro del Apéndice II
<b>NOM-059-ECOL-2001</b>	Amenazada. En este estudio está en peligro de extinción.
<b>Conservación</b>	Todas las poblaciones de la especie se encuentran dentro de la Reserva del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. No existe en la actualidad algún programa de manejo de la especie.

## **DISCUSIÓN**

El deterioro ambiental que se presenta en México hace necesario adoptar medidas para proteger su biota. En este sentido se propuso la NOM-059-ECOL-2001 que incluye la lista oficial de especies en alguna categoría de riesgo. Numerosas especies nativas enfrentan problemas de conservación y es necesaria la correcta determinación del nivel de riesgo en que se encuentran, para poder diseñar estrategias de conservación y priorizar la asignación de recursos y protección a los taxa en mayor riesgo o con mayor relevancia (Gutiérrez 2007, González 2009, Peters y Martorell 2000).

Es bien sabido que los listados generales de plantas amenazadas y la información vertida en la Lista Roja de la UICN son meras aproximaciones al problema de la protección y conservación de este tipo de especies a corto y mediano plazo. En la actualidad, la necesidad de evaluar adecuadamente el estado de conservación de las especies y sus poblaciones, incluso dentro de las ANPs, se ha vuelto una tarea impostergable.

Los cambios en el uso del suelo, el comercio ilegal en grupos particulares (Cactaceae, Crassulaceae y Orchidaceae), e incluso el cambio climático (Téllez y Dávila, 2003) afectan alarmantemente a la diversidad biológica en general. Dentro de la reserva de Tehuacán-Cuicatlán, uno de los grupos biológicos más expuesto a este tipo de eventos es la familia Cactaceae. Este grupo requiere especial atención, ya que varias de sus especies poseen, poblaciones pequeñas, con tasas de crecimiento lento y con ciclos de vida muy largos; sin contar, que son de distribución restringida, están expuestas al comercio ilegal y a los cambios en el uso del suelo ya referido.

Los métodos empleados para evaluar el estado de conservación de estas especies, incorporando información geográfica, ecológica e incluso aquella relacionada con las actividades humanas que las impactan, permiten obtener un panorama global de los eventos, tanto naturales como artificiales, que afectan a las especies y su posible capacidad de respuesta a estos. Estos métodos que siguen los criterios del MER que, a su vez siguen la propuesta de la IUCN, han permitido valorar de forma cuantitativa y cualitativa, pero sobre todo de forma expedita, cada uno de los parámetros considerados para establecer el status de conservación de forma objetiva razonablemente rápida.

En el caso de *Mammillaria napina* que es una especie con distribución muy restringida a la zona semiárida poblana, y de la que algunas de sus poblaciones no se encuentran protegidas por las ANPs o no están consideradas en el sistema de RTPs (CONABIO, 2000), el desconocimiento de numerosos aspectos que hasta hace poco no permitían evaluarla adecuadamente han sido dilucidados. Por tanto ahora es factible decir algo sobre su estado de conservación aunque la noticia no es halagadora (Peters y Martorell 2000).

La identificación de las características del hábitat donde esta especie se establece, ha permitido definir que esta se encuentra en condiciones de alta especificidad, en sitios expuestos al viento y húmedos (precipitación mayor), con temperaturas menores como ocurre con pocas especies, como *Ferocactus haematacanthus* (Gutiérrez, 2007). Pero por el contrario que la mayoría de las especies de Cactaceae en la reserva que se distribuyen en condiciones de mayor insolación, menor precipitación y temperaturas más altas, como sucede con *Strombocactus disciformis* y *Turbincarpus pseudomacrochele* (Álvarez-Espino, 2003).

La información sobre los aspectos ecológicos relacionados con la fenología reproductiva de esta especie, ha sido de gran relevancia. La evaluación de estas características, han permitido evaluar de forma objetiva como uno de los criterios del MER, el potencial de *M. napina*.

La densidad como una de las características de la población es otro parámetro crítico para definir el estado en que se encuentran las poblaciones de las especies. En el caso de *M. napina*, comparada con otras especies globosas, como *Stenocactus crispatus* (González, 2009), *Neolloydia pseudopectinata* (Martínez-Ávalos et al., 1993) y *Ariocarpus trigonus* (Martínez-Ávalos et al., 1993) los valores de densidad son similares. De igual forma, la estructura de tamaños registrada indica que, al menos, en una de las tres poblaciones estudiadas *M. napina* presenta una alta proporción de individuos jóvenes. En otras palabras, tiene una estructura estable en la mayoría de las clases de tamaño representadas adecuadamente, sin embargo, la cantidad de individuos en las otras dos localidades es mucho menor en proporción con Cañada 1, lo

que nos indica que los eventos de reclutamiento en esas localidades son escasos.

Las pruebas de germinación en condiciones controladas indicaron que las semillas de *M. napina* no requieren de ningún tipo de escarificación, lo que concuerda con lo registrado para otras cactáceas globosas (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998). La germinación ocurrió rápidamente (en 15 días), sin necesidad de ningún tratamiento y sólo requiriendo de suficiente humedad y temperatura; Los porcentajes de germinación fueron considerados relativamente bajos (40%), lo que nos indica que en condiciones naturales la germinación puede ser un evento aún más difícil para la especie. Peters et al. (2000) reportan que la germinación y el establecimiento en esta especie se presenta ocurre con mayor frecuencia a la sombra de plantas nodriza o de rocas. Este sustrato con cierto grado de pedregosidad le brinda a las plántulas protección, ayudando al establecimiento de cactáceas especialmente globosas, atenuando los efectos de la herbivoría (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Huerta y Escobar, 1998; Peters et al., 2008). Esta situación resulta relevante si se considera que se trata de una especie que está en riesgo por sus características intrínsecas limitantes que afectan la persistencia de sus poblaciones.

Aunque la calidad del hábitat en las dos poblaciones estudiadas en donde habita *M. napina* se considera poco impactada; la corta distancia a la línea ferroviaria, a la carretera federal, y a la apertura de las tierras para cultivo de maíz a menos de 500 m, no auguran un futuro promisorio para estas poblaciones, como también lo refiere Gutiérrez (2007), en su estudio de *F. haematacanthus* en la misma localidad. No obstante, haber estudiado sólo 3 poblaciones, los resultados podrían ser aplicados a las 10 localidades conocidas en donde se distribuye esta especie, algunas de las cuales están mal referidas (San Juan Raya), otras afortunadamente son inaccesibles y otras más ya no existen debido a los cambios en el uso del suelo (El Riego, Tehuacan). La mayoría de las localidades conocidas se encuentran sufriendo presiones similares a las que sufren las poblaciones visitadas. Es así, que se asume, que en caso de suceder de esta manera podría considerarse a la especie en la misma categoría de conservación aquí definida, y de no ser así podríamos solo considerar que las poblaciones en le RBTC pueden estar sujetas a eventos de extinción local en un futuro cercano.

Los resultados muestran que desafortunadamente en el caso de *Mammillaria napina*, su especificidad de hábitat relativamente alta, su tasa relativamente baja de germinación, el comercio ilegal, los fuertes cambios en el uso del suelo, la presencia de algunas poblaciones fuera de los límites de las reservas y, por si fuera poco, los posibles efectos del cambio climático, son importantes factores que impactan su patrón natural de distribución. Por tanto se concluye que *Mammillaria napina* debe ser calificada como una especie vulnerable o incluso, con posibilidades de sufrir eventos de extinción local en algunas de sus poblaciones a través de todo su intervalo de distribución.

En este sentido es importante intensificar los esfuerzos para profundizar en el entendimiento de la dinámica de la población de este tipo de especies, conocer sus interacciones bióticas, tales como la polinización y dispersión de semillas, la depredación de semillas, los distintos eventos de herbivoría, y de competencia, con el fin de desarrollar estrategias para preservar la diversidad de esta familia, como también lo sugieren otros autores (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 2002).

Finalmente, este tipo de estudios en los que se conjugan diversos juegos de datos, así como de distintos elementos de análisis permiten definir rápidamente de forma robusta y confiable el status de conservación en el que se pudiera encontrar cualquier especie. Este y otros estudios (Gutiérrez, 2007; González, 2009), han demostrado que son herramientas expeditas que ayudan en la valoración del estado de conservación de una especie, brindado la posibilidad de proponer medidas para su posible inclusión en las normas oficiales y su consiguiente protección.

## **Conclusiones**

*Mammillaria napina* es una especie que pudiera estar en riesgo de ser vulnerable por criterios de la UICN a críticamente en peligro según el MER, debido a que se reconocen condiciones que están afectando y pudieran continuar afectando las poblaciones estudiadas. Debido a los diversos criterios esta especie debe ser calificada como una especie vulnerable en las tres localidades estudiadas, con posibilidades de sufrir eventos de extinción locales en algunas de sus poblaciones a través de toda su distribución en Puebla, pero principalmente en aquellas poblaciones que no se encuentran dentro de los límites de las áreas naturales protegidas.

Los SIG y la metodología usada permiten una evaluación rápida del estado de conservación de las especies. Particulares. Su uso nos permitió conocer aspectos importantes sobre la distribución geográfica de la especie, elementos de su hábitat, su reproducción, y los factores que pudieran afectarla. Aunado a esto se recomienda realizar estudios más detallados sobre biología reproductiva de la especie, ecología y genética de poblaciones, con el fin de conocer el estado de conservación de *Mammillaria napina* de manera definitiva.

## Literatura

Álvarez, R., H. Godínez-Álvarez, U. Guzmán y P. Dávila. 2004. Aspectos Ecológicos de dos Cactáceas Mexicanas Amenazadas: Implicaciones para su Conservación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 7-16.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Becerra, 1997. Estudio de caso: Las Cactáceas en: *La diversidad biológica de México: Estudio de país*, 1998. Conabio, 1998. México.

Casas, A., A. Valiente B, J.L. Viveros, J. Caballero, L. Cortés, P. Dávila A., R. Lira. and I. Rodríguez. 2000. Plant resources of the Tehuacàn-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany*. 55(1): 129-166.

Chapman, A.D. and Busby, J.R. (1994). Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate and environmental monitoring 177-195 in Miller, R.I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. London: Chapman and Hall.

CITES. 2005. Appendix I. <http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml>.

Conabio, 2000. *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.



Dirzo, R., Gómez. G 1996. Ritmos temporales de la investigación taxonómica de plantas vasculares en México y una estimación del número de especies conocidas. *Annual Missouri Botanical Garden*. 83: 396-403.

ESRI. [2000] *Arc View Explorer*. New York: ESRI. Disponible en: <http://www.esri.com/software/arcview/index.html>.

Godínez-Álvarez, H., Valiente-Banuet, A. y Rojas-Martínez, A. (2002). The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. *Ecology* 83: 2617-2629.

González-Vargas F. 2009. Evaluación de conservación de *Stenocactus crispatus* (Cactaceae) en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UNAM FES-Iztacala.

Gutiérrez García K. 2007. Evaluaciones de conservación: estudio de caso de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo (Cactaceae). Tesis de Licenciatura. UNAM FES-Iztacala.

Hernández, H. H. y H. Godínez-Álvarez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.

Huerta-Martínez, F. M. y V. E. Escobar-Santos. 1998. Notas sobre la ecología de *Stenocactus dichroacanthus* (Martius ex Pfeiffer) Berger et Knuth var. *violaciflorus* (Quehl) Bravo en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 43(2): 40-43.

Kearney, M y W. P. Porter 2004. Mapping the fundamental niche: physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. *Ecology* : 85(11) 3119-3131.

Lindenmayer, D.B., Mackey, B.G., and Nix, H.A. (1996). The bioclimatic domains of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. *Australian Forestry* 59, pp. 74–89.

Mandujano, M. C., A. Flores-Martínez, J. Golubov y E. Ezcurra. 2002. Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. *The Southwestern Naturalist* 47(2):162-168.

Norma Oficial Mexicana, 2002 Norma Oficial Mexicana, 2002. (NOM-059-ECOL-2001-2002). 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*. Segunda Sección (6 de marzo de 2002), México, pp. 1–81.

Novoa-Lara C. P., 2008. Contribución al estudio taxonómico de *Mammillaria supertexta* y *M. dixanthocentron* de la serie *Supertextae* (Cactaceae). *Tesis de Maestría*. UNAM, 2008.

Peters, E.M., C. Martorell y E. Ezcurra. 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments* 72: 593-601.

Peters, E. y C. Martorell. 2000. Conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán–Cuicatlán. *Reporte final del proyecto R166–CONABIO*. México, D.F. 38 p.

Plan Nacional de Desarrollo

[http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND\\_2007-2012.pdf](http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND_2007-2012.pdf)

Soberòn, M. J. 2004. Acerca de la Guía de CITES. CONABIO.

[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/cites/doctos/acerca\\_cites.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/cites/doctos/acerca_cites.html)

Téllez-Valdés, O. y P. Dávila-Aranda. 2003. Protected Areas and Climate Change: A Case Study of the Cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* 17(3): 846-853.

UICN. 2001. Categorías y criterios de la Lista roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland Suiza y Cambridge, reino Unido. Ii + 33 pp.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de Magnoliophyta de México. *Interciencia*. 28(3): 160-167.

Villaseñor, J. y O. Téllez-Valdés. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología UNAM, Ser. Bot.* 75(2): 205-220.

Zavala-Hurtado J.A. 1997. Estatus ecológicos de *Mammillaria pectinifera* Weber y *Pachycereus fulviceps* Weberii en el Valle de Zapotitlán, Puebla. PROYECTO CONABIO G022.

Zavala-Hurtado and Valverde, 2003 J.A. Zavala-Hurtado and P.L. Valverde, Habitat restriction in *Mammillaria pectinifera*, a threatened endemic Mexican cactus, *Journal of Vegetation Science* 14 (2003), pp. 891–898

Zavala-Hurtado, J.A. . Mor fología funcional de *Cephalocereus columna-trajani* (Cactaceae) en una comunidad semiárida del trópico mexicano. Tesis Doctorado, UNAM. México, 1997 .